



INFORMACIÓN SATELITAL PARA EL MONITOREO DE LA SEQUÍA EN LA AGRICULTURA

2019



SISTEMA NACIONAL
DE GESTIÓN DE
RIESGOS
AGROCLIMÁTICOS



Gestión del riesgo climático, para una **MEJOR AGRICULTURA**

Este documento es una publicación de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA), Departamento de Gestión Institucional, del Ministerio de Agricultura de Chile, realizada en colaboración con la Comisión Nacional de Riego (CNR), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), y con el apoyo de la Agregaduría Agrícola de la Embajada de Chile en Estados Unidos y la Universidad de Maryland, Estados Unidos.

Este documento ha sido elaborado por:

- *Antonio Yaksic Soulé, Jefe de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) – MINAGRI.*
- *Liliana Villanueva Nilo, Profesional de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) – MINAGRI.*

Aportaron a la redacción de este documento los siguientes especialistas/expertos:

- *Dra. Alyssa Whitcraft, NASA Harvest Associate Director & Manager, University of Maryland, Department of Geographical Sciences.*
- *Sr. Antonio Sánchez, Geospatial Applications Developer, University of Maryland, Department of Geographical Sciences.*
- *Sr. Jaime Salvo del Pedregal, Investigador Fisiología Frutales y Agroclimatología Ing. Agr. Ph.D, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-La Cruz) – Ministerio de Agricultura de Chile.*
- *Sr. Cristóbal Campos Muñoz, Ingeniero Civil Agrícola, Sección AgroInformática, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Quilamapu) - Ministerio de Agricultura de Chile.*
- *Sr. Marcel Fuentes Bustamante, Ingeniero Civil Agrícola, MSc., Sección AgroInformática, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Quilamapu) - Ministerio de Agricultura de Chile.*

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
USO DE INFORMACIÓN SATELITAL PARA MONITOREO DE SEQUÍA.....	7
PROGRAMA DEL TALLER	7
ANTECEDENTES	7
FECHA Y LUGAR	8
PROGRAMA	8
RELADORES/EXPERTOS DEL ENCUENTRO.....	9
BIENVENIDA AL ENCUENTRO	12
AGRICULTURA Y LAS OBSERVACIONES DE LA TIERRA DE LA NASA	13
SISTEMA GLOBAL DE MONITOREO DE LA AGRICULTURA	18
TRANSICIÓN HACIA AMAZON WEB SERVICES (AWS)	19
MODELO DE NUBE O CLOUD MODEL	20
APLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN SATELITAL EN ARGENTINA	23
CASO DE KARAMOJA, UGANDA – 2017	23
CASO DE BUDUDA, UGANDA – 2019	24
RESUMEN	24
COLABORACIÓN NASA DEVELOP - 2017.....	25
¿CÓMO SE DESARROLLÓ EL TRABAJO CON EL EQUIPO NASA DEVELOP?	27
ETAPA I: NASA DEVELOP NATIONAL PROGRAM - 2017 SPRING PROJECT	27
ETAPA II: NASA DEVELOP NATIONAL PROGRAM - 2017 SUMMER PROJECT	28
CLASIFICADOR DE LA EXTENSIÓN DEL GLACIAR	29
SERIE DE TIEMPO NDSI	30
CORRELACIONES DE VARIABLES	31
TRABAJO COLABORATIVO – INSTITUCIONES PARTICIPANTES DEL PROYECTO	33
LÍNEAS DE TRABAJO PROPUESTAS	34
GEE – MARCO GENERAL Y CONCEPTUAL SOBRE LA PLATAFORMA Y SU INFORMACIÓN	34
COMPONENTES DE LA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE (GEE)	37
ACCESO A DATOS	38
GEE EXPLORER Y SOFTWARE HAE (HYDROLOGICAL ANOMALY ENGINE) DE NASA.....	39
ANTECEDENTES	39
GOOGLE EARTH TIMELAPSE.....	41
GOOGLE EARTH ENGINE EXPLORER	43
NASA DEVELOP CHILE WATER RESOURCES – RESULTADOS Y SOFTWARE HAE.....	45

INTRODUCCIÓN.....	45
RESULTADOS DE LA COOPERACIÓN CON NASA DEVELOP – ETAPA I.....	46
RESULTADOS DE LA COOPERACIÓN CON NASA DEVELOP – ETAPA II.....	50
PARTICIPANTES DEL TALLER	54
TUTORIALES GOOGLE EARTH ENGINE GEE	56
INTRODUCCIÓN Y CONFIGURACIÓN	56
TRASFONDO DE GOOGLE EARTH ENGINE.....	58
¿POR QUÉ USAR GEE?	58
COMPRENDIENDO EL CÓDIGO EN GEE	62
USANDO LAS HERRAMIENTAS DE GEE	64
CÓMO SUBIR DATOS A GEE	65
DESCARGANDO DATOS SATELITALES	67
CÓMO FUNCIONAN LAS HERRAMIENTAS DE GEE	68
PROGRAMA NASA HARVEST	74
¿QUÉ ES NASA HARVEST?	74
¿CÓMO TRABAJARÁ HARVEST PARA FORTALECER LA SEGURIDAD ALIMENTARIA?	74
¿QUÉ TIPO DE ACTIVIDADES REALIZA HARVEST Y DÓNDE?	75
GOOGLE EARTH ENGINE EXPLORER.....	76
CATÁLOGO DE DATOS.....	77
ARQUITECTURA DEL SISTEMA	78
MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE DATOS	80
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	81
PARTICIPANTES DE LA COOPERACIÓN NASA DEVELOP 2017	86

PRESENTACIÓN

En el marco del Programa Nacional NASA Develop de Estados Unidos, el año 2017 se propuso a la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA), del Ministerio de Agricultura de Chile, desarrollar un proyecto relacionado con el monitoreo y alerta temprana de sequías. La colaboración con NASA se desarrolló en dos etapas: "Integración de observaciones de la Tierra de NASA en la Plataforma Google Earth Engine (GEE) para mejorar el monitoreo de la sequía en Chile" (2017 Spring Project) y "Estimación del balance de masa del glaciar a partir de observaciones de la tierra de NASA y cuantificar su relación con la disponibilidad de agua para la producción agrícola en Chile Central" (2017 Summer Project). Se buscaba incorporar los datos de la NASA derivados de la humedad del suelo, de cobertura de nieve y el equivalente en agua de la nieve (SWE) en el proceso de toma de decisiones de la sequía de Chile usando la plataforma GEE, para que posteriormente el MINAGRI conociera la plataforma GEE y sus aplicaciones. Entre los productos desarrollados bajo este proyecto están 5 videos tutoriales que presentan cómo usar la plataforma GEE y sus aplicaciones.

Google Earth Engine es una plataforma Web que combina un catálogo de múltiples petabytes de imágenes satelitales y conjuntos de datos geoespaciales con capacidades de análisis a escala planetaria y lo pone a disposición de científicos, investigadores y desarrolladores para detectar cambios, mapear tendencias y cuantificar diferencias en la superficie de la Tierra. Además, entre sus herramientas cuenta con un software (que usa datos de la poderosa nube de GEE) para el monitoreo y análisis hidrológico denominado HAE o Hydrological Anomaly Engine.

Otra herramienta de utilidad para el monitoreo de una sequía es la información satelital. NASA Harvest es un nuevo programa multidisciplinario encargado por la NASA y liderado por la Universidad de Maryland para mejorar el uso de datos satelitales en la toma de decisiones relacionadas con la seguridad alimentaria y la agricultura a nivel nacional y mundial. Los profesionales de NASA Harvest y del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) han estado trabajando estrechamente en proyectos relacionados con productos usando información satelital.

Dado este marco, el 18 de diciembre de 2019 se realizó el Taller "Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile" cuyos objetivos fueron dar a conocer NASA Harvest como herramienta de decisión para enfrentar una sequía y, complementariamente, la Plataforma GEE y sus aplicaciones (específicamente el software Hydrological Anomaly Engine (HAE) para el desarrollo de indicadores de monitoreo y alerta temprana de sequías.

En este encuentro participaron los expertos Sr. Antonio Sánchez de la Universidad de Maryland, Sr. Cristóbal Campos y Sr. Marcel Fuentes de la Sección AgrolInformática del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Fue organizado por el Ministerio de Agricultura de Chile a través de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) y del INIA; con el financiamiento de la Comisión Nacional de Riego (CNR). Previamente, el 2017 el experto Sr. Cristóbal Campos, de INIA, había desarrollado una capacitación en GEE con el fin de que los participantes del proyecto comprendieran mejor los productos desarrollados para intercambiar opiniones con los expertos de NASA en estas materias y así continuar mejorando los productos de información.

En el presente documento se dan a conocer los resultados y productos de la cooperación desarrollada entre la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA), del Ministerio de Agricultura de Chile, y NASA bajo su Programa Develop, así como otras herramientas que contribuyen al monitoreo de la sequía.

Entre ellos destacan los tutoriales (videos) sobre las temáticas: antecedentes sobre el Proyecto y colaboración de NASA Develop; información general sobre Google Earth Engine (GEE); cómo usar las herramientas que el equipo de NASA Develop construyó; cómo cargar datos en GEE; y explicación del código detrás de las herramientas construidas; cuyos contenidos están incluidos en el presente documento.

Esta cooperación se llevó a cabo con el apoyo de la Agregaduría Agrícola de la Embajada de Chile en Estados Unidos y durante su desarrollo aportaron representantes de las siguientes instituciones: Dirección Meteorológica de Chile (DMC); Dirección General de Aguas (DGA); Centro para el Agua y la Agricultura (CAA) de la Universidad de Concepción; Water Center for Arid and Semi-Arid Zones in Latin America and the Caribbean (CAZALAC); Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN); Comisión Nacional de Riego (CNR); Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA); Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF); Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA); UNESCO; y SCIRO Chile.

El Proyecto realizado con NASA Develop y otras iniciativas de la Sección contribuyen a los 10 años del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos Agroclimáticos, parte del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario y como estrategia de acción climática en materia de información para la adaptación, especialmente frente a la sequía.

La cooperación con NASA ha contribuido a los 3 ámbitos de acción de este sistema: información agroclimática, fortalecimiento de las capacidades profesionales en materia de gestión de riesgos y desarrollo de proyectos específicos, mostrando las potencialidades de esta Plataforma y otras herramientas satelitales de NASA en apoyo al monitoreo de la sequía.

Antonio Yaksic Soulé

Jefe Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas

INTRODUCCIÓN

A continuación, se resumen los antecedentes que dieron origen a la colaboración con el Programa de NASA Develop y el interés del Ministerio de Agricultura en otras herramientas de NASA para el monitoreo de la situación climática, particularmente la sequía como principal amenaza para Chile y dada su persistencia en los últimos años.

Contexto - 10 años del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos Agroclimáticos



El año 2007 cuatro científicos chilenos que integraban el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC, sigla en inglés) fueron reconocidos con el Premio Nobel de la Paz. Se trataba de los científicos Jorge Carrasco, meteorólogo de la Dirección de Meteorología de Chile; Gino Cassasa, investigador del Centro de Estudios Científicos de Valdivia (CECS); Luis Cifuentes, ingeniero civil industrial de la Universidad Católica de Chile, y académico de esa misma Casa de Estudios, y el agrónomo Sergio González, que se desempeña en el Centro La Platina del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Ellos participaron en el "4º Reporte de Evaluación del Cambio Climático 2007", del IPCC. Este hito dio un impulso para que el Estado de Chile emprendieran diversas iniciativas y particularmente el Ministerio de Agricultura enfrentaran los eventos climáticos bajo un nuevo enfoque.

En 1996 la Unidad de Emergencias (Res. Ex.330) del Ministerio de Agricultura de Chile ponía énfasis en la "Gestión de la crisis" donde el foco estaba puesto en la responsabilidad y respuesta del Estado para apoyar a los agricultores afectados de eventos climáticos extremos. El primer cambio de enfoque se produce en 2008-2009, período de la sequía de mayor extensión vivida en el país, donde se pasa a un enfoque de "gestión de riesgos" en el cual el énfasis se pone en la acción permanente de gestionar los riesgos para reducir los efectos de los eventos climáticos y un manejo acotado, rápido y eficiente de las emergencias y se traslada el eje de la responsabilidad y de la capacidad de reacción a los agricultores. La UNEA y la Comisión Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático (Decreto 21,2008; Res.Ex.54,2009) constituían la institucionalidad del nuevo enfoque. El 2015 se amplía este enfoque de la gestión del riesgo, pasando a la llamada "Gestión Integral de Riesgos", incorporando componentes en lo social, ambiental y económico y adoptando un enfoque holístico que implica tener una visión sistémica de los riesgos comprendiendo sus relaciones e interdependencias.

El marco de acción responde a las directrices del Marco de Sendai para la Reducción de Riesgo de Desastres 2015-2030, por la Contribución Nacional Determinada (NDC) que Chile ha presentado en el contexto del Acuerdo de París y por el compromiso asumido por el MINAGRI de establecer un Sistema Nacional de Gestión de Riesgos Agroclimáticos como parte del Plan Nacional de Acción para el Cambio Climático (2008-2012) y refrendado por el Plan de Adaptación del Sector Silvoagropecuario lanzado por el MINAGRI en octubre del año 2013.

Este Sistema funciona y se construye bajo un enfoque de trabajo colaborativo con instituciones socias del ámbito público y privado lo que ha permitido que el Ministerio de Agricultura haya desarrollado 10 años de experiencia en Gestión de Riesgos Agroclimáticos en Chile. Los productos y servicios construidos son un sistema de información agroclimática disponible en distintas plataformas Web; un sistema de capacitación presencial y a distancia; y proyectos específicos innovadores de nivel internacional.

A los 10 años de instalación del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos Agroclimáticos en Chile es necesario analizar las brechas ante los nuevos escenarios de cambio climático. En su componente de información agroclimática y fortalecimiento de capacidades se enmarca la cooperación con NASA; se busca aplicar herramientas satelitales para el uso de observaciones de la tierra en el monitoreo de la sequía.

USO DE INFORMACIÓN SATELITAL PARA MONITOREO DE SEQUÍA

El 18 de diciembre de 2019 se desarrolló el Taller “Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile”, en INIA La Cruz en la región de Valparaíso. Este encuentro fue transmitido vía Streaming y participaron 33 personas en sala. A continuación, se presentan las ponencias durante el taller.

PROGRAMA DEL TALLER

Antecedentes

En el marco del **Programa Nacional NASA Develop**, el año 2017 se propuso a la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA), del Ministerio de Agricultura de Chile, desarrollar un proyecto de relacionado con el monitoreo y alerta temprana de sequías¹. La colaboración con NASA se desarrolló en dos etapas: “Integración de observaciones de la Tierra de NASA en la **Plataforma Google Earth Engine (GEE)** para mejorar el monitoreo de la sequía en Chile” (2017 Spring Project) y “Estimación del balance de masa del glaciar a partir de observaciones de la tierra de NASA y cuantificar su relación con la disponibilidad de agua para la producción agrícola en Chile Central” (2017 Summer Project). Se buscaba incorporar los datos derivados de la humedad del suelo de la NASA, de cobertura de nieve y el equivalente en agua de la nieve (SWE) en el proceso de toma de decisiones de la sequía de Chile usando la plataforma GEE. Posteriormente, que el Ministerio de Agricultura de Chile conociera la Plataforma GEE y sus aplicaciones. Entre los productos desarrollados bajo este proyecto están 5 videos tutoriales que presentan cómo usar la plataforma GEE y sus aplicaciones.

Durante el desarrollo del proyecto NASA Develop se contó con la estrecha colaboración del equipo de trabajo de la Agregaduría Agrícola de Chile en Estados Unidos.

Google Earth Engine es una plataforma Web que combina un catálogo de múltiples petabytes de imágenes satelitales y conjuntos de datos geoespaciales con capacidades de análisis a escala planetaria y lo pone a disposición de científicos, investigadores y desarrolladores para detectar cambios, mapear tendencias y cuantificar diferencias en la superficie de la Tierra. Además, entre sus herramientas cuenta con un software (que usa datos de la poderosa nube de GEE) para el monitoreo y análisis hidrológico denominado HAE o Hydrological Anomaly Engine.

Otra herramienta de utilidad para el monitoreo de una sequía es la información satelital. **NASA Harvest** es un nuevo programa multidisciplinario encargado por la NASA y liderado por la Universidad de Maryland para mejorar el uso de datos satelitales en la toma de decisiones relacionadas con la seguridad alimentaria y la agricultura a nivel nacional y mundial.

Dado este marco, se propone el Taller “Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile” cuyos objetivos buscan conocer NASA Harvest como herramienta de decisión para enfrentar una sequía y la Plataforma GEE y sus aplicaciones (específicamente el software

¹ El contacto con NASA Develop se logró con el apoyo de la Oficina Agrícola de la Embajada de Chile, en Estados Unidos.

Hydrological Anomaly Engine (HAE) para el desarrollo de indicadores de monitoreo y alerta temprana de sequías.

Este encuentro es organizado por el Ministerio de Agricultura de Chile a través de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA); con el financiamiento de la Comisión Nacional de Riego (CNR), y la colaboración de la Agregaduría Agrícola de Chile en Estados Unidos.

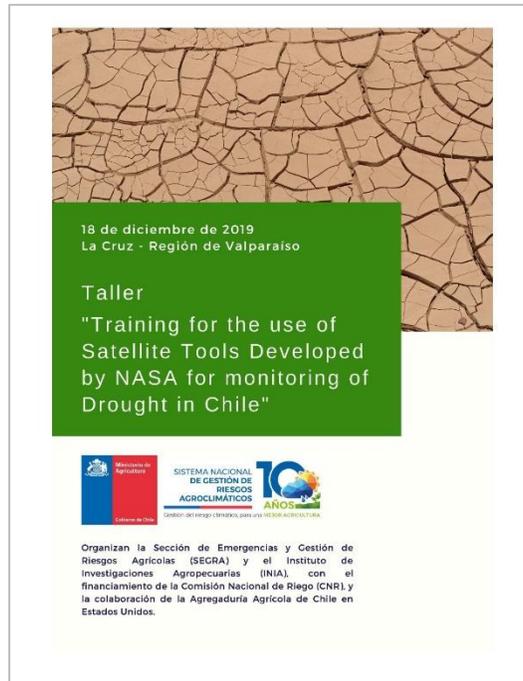
Fecha y Lugar

El taller se realizará el 18 de diciembre, de 10:00 a 14:00 horas; en dependencias de Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA – La Cruz (Chorrillos N° 86, La Cruz, Región de Valparaíso).

Enlace directo a Transmisión vía Streaming: <https://iframe.dacast.com/b/21322/c/480322>

Programa

10:00 – 10:10	Palabras de bienvenida <i>Sr. Patricio Fuenzalida, Director Regional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA La Cruz</i>
10:10 – 10:30	Agriculture Monitoring in the Americas (AMA) - GEOGLAM <i>Sr. Antonio Sánchez, Geospatial Applications Developer</i> <i>Dra. Alyssa Whitcraft, NASA Harvest Associate Director & Manager</i> <i>University of Maryland, Department of Geographical Sciences</i>
10:30 – 11:00	NASA Harvest Program <i>Sr. Antonio Sánchez, Geospatial Applications Developer</i> <i>Dra. Alyssa Whitcraft, NASA Harvest Associate Director & Manager</i> <i>University of Maryland, Department of Geographical Sciences</i>
11:00 – 11:15	Descripción del proyecto NASA Develop en Chile <i>Sra. Liliana Villanueva Nilo, Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) - MINAGRI</i>
11:15 – 11:30	Café
11:30 – 12:00	Google Earth Engine: marco general y conceptual sobre la Plataforma <i>Sr. Cristóbal Campos, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) - MINAGRI</i>
12:00 – 12:45	Google Earth Engine Explorer y Software HAE (Hydrological Anomaly Engine) de NASA <i>Sr. Marcel Fuentes, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) - MINAGRI</i>
12:45 – 13:30	Resultados del proyecto NASA Develop en Chile y Software HAE (Hydrological Anomaly Engine) <i>Sr. Cristóbal Campos, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) - MINAGRI</i>
13:30 – 14:00	Conclusiones y Cierre de la Actividad <i>Sr. Jaime Salvo, Investigador del Instituto de Investigaciones INIA – La Cruz, MINAGRI</i> <i>Sra. Beatriz Ormazábal, Profesional de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) - MINAGRI</i>



RELATORES/EXPERTOS DEL ENCUENTRO

Dra. Alyssa Whitcraft

Directora Adjunta y Gerente de Programas de NASA Harvest, un consorcio temático y geográficamente diverso de más de 50 instituciones enfocadas en promover el uso de las observaciones de la tierra (EO) por satélite para la toma de decisiones en materia de seguridad alimentaria y agrícola. Tiene una amplia cartera que abarca desde la gestión de grandes programas multinacionales hasta la investigación de aplicaciones en la teledetección de la agricultura y en los aspectos sociales, políticos, económicos y técnicos de la transformación de los sistemas de apoyo a la decisión a través de la integración de las EO. También, Profesora Asociada de investigación en el Departamento de Ciencias Geográficas de la Universidad de Maryland, Estados Unidos, y desde 2015, se desempeñó como Científica del Programa en el Grupo de Observaciones de la Tierra para el Monitoreo Agrícola Global (GEOGLAM, Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring) del G20. Ella ha co-desarrollado las bases del programa GEOGLAM, es la contraparte agrícola para las agencias espaciales del mundo (Comité de Satélites de Observación de la Tierra - CEOS) y fundadora y directora de la Iniciativa de Monitoreo Agrícola en las Américas. Es experta en cambio organizacional e institucional con respecto a las nuevas tecnologías satelitales. Regularmente proporciona información sobre el nuevo diseño de misión satelital, basado en las necesidades de soporte de decisiones del mundo real. En el proceso, ha desarrollado colaboraciones y modelos de asociación con el sector público y privado, haciendo hincapié en modelos de negocio sostenibles y valor para todos los actores. Cree firmemente en la interseccionalidad en todas las cosas, reconociendo el papel que cada uno de nosotros tiene en revolucionar el sistema alimentario ante los apremiantes desafíos globales.



Sr. Antonio Sánchez

Geospatial Applications Developer de la Universidad de Maryland, Estados Unidos. Especialista en programación y desarrollo de Sistemas de Información Geográfica (GIS) y análisis de datos de origen satelital. Responsable del diseño e implementación de las aplicaciones e interfases de monitoreo de cultivos de GEOGLAM (Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring) para los informes de Crop Monitor, tanto a nivel regional como a nivel global. Dentro de los sistemas Crop Monitor, se publica mensualmente el estado de los cultivos de los países en riesgo de seguridad alimentaria, así como el estado de los cultivos de los principales productores a nivel mundial.



Representante del programa NASA Harvest y la iniciativa Agricultura Monitoreada en las Américas (AMA o Agricultural Monitoring in the Americas) en Latinoamérica. Actividades orientadas a la cooperación internacional para el desarrollo y avance de técnicas y métodos apoyados en las observaciones de la tierra.

Dr. Jaime Salvo del Pedregal

Ingeniero Agrónomo, PhD. Biología Fisiología Vegetal, Investigador en Fisiología Frutales y Agroclimatología de. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-La Cruz), ha participado en proyectos orientados a prevenir y mitigar los efectos de condiciones climáticas extremas sobre frutales y hortalizas. Ha contribuido, en su región de trabajo, a una visión sobre el desarrollo sustentable de los sistemas frutícolas a través de proyectos financiados con fondos regionales. Su enfoque en investigación ha sido el análisis estructural de los huertos de paltos que determinan su comportamiento fisiológico y resultado productivo generando propuestas innovadoras de poda y monitoreo satelital de índices de vegetación tales como NDVI.



Sr. Cristóbal Campos Muñoz

Ingeniero Civil Agrícola de la Universidad de Concepción. Trabaja en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) desde 2013 y participa actualmente del equipo de Riesgo climático de INIA dentro de la sección de AgroInformática. Su línea de trabajo está enfocada a la modelación con el uso de herramientas tecnológicas y de matemática avanzada para el análisis de datos

En el contexto del "Proyecto Nacional de Gestión del Riesgo Agroclimático y de las Emergencias Agrícolas" su labor durante los últimos años ha sido trabajar con grandes cantidades de datos en forma intensiva, incluyendo el procesamiento series de tiempo de imágenes satelitales de todo Chile en forma quincenal y analizar mensualmente los datos meteorológicos horarios de todas las estaciones meteorológicas ubicadas de Visviri a Tierra del Fuego, para el boletín mensual de INIA.



Sr. Marcel Fuentes Bustamante

Ingeniero Civil Agrícola de la Universidad de Concepción, Magíster en Teledetección de la Universidad Mayor. Posee más de 10 años de experiencia en investigación y desarrollo (I&D) en el área de tecnología agrícola.

Ingresa al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en 2008, potenciando las áreas de Teledetección y SIG, Participando en numerosos proyectos de investigación nacional e internacional en esta área. Además, uno de los investigadores fundadores del "Proyecto Nacional de Gestión del Riesgo Agroclimático y de las Emergencias Agrícolas" del INIA.



Sra. Liliana Villanueva Nilo

Ingeniero Agrónomo, Magíster en Gestión y Planificación Ambiental de la Universidad de Chile, con estudios de especialización en Gestión Ambiental, en Japón (beca JICA 2002). Se ha desempeñado en diversos proyectos de las áreas de la educación agrícola; gestión ambiental y gestión de riesgos agroclimáticos. El año 2007 ingresa a la Subsecretaría de Agricultura, inicialmente en un Programa de Menciones de Calidad Agropecuaria, en Buenas Prácticas Agrícolas; y posteriormente integra, desde el 2010, el equipo de profesionales de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas, Departamento de Gestión Institucional del Ministerio de Agricultura de Chile, como Coordinadora de Productos y Proyectos, a cargo del plan de capacitación/difusión, el seguimiento de proyectos, participa en la Plataforma Nacional para la Reducción de Riesgos de Desastres PRRD e integra el Comité Técnico Intraministerial de Cambio Climático CTICC. Contraparte de la Subsecretaría de Agricultura para la COP25.



Sra. Beatriz Ormazábal Maturana

Ingeniero Comercial de la Universidad del Norte, Arica, Chile. Ha estado a cargo de jefaturas, tanto del sector privado como público en las áreas de gestión y manejo presupuestario; también jefatura de compras de la Subsecretaría de Agricultura. Asimismo, se ha desempeñado en preparación y evaluación de proyectos en la Fundación para la Innovación Agraria FIA y como encargada del Programa de Gestión Territorial de la Subsecretaría de Agricultura. Actualmente se desempeña como Secretaria Técnica del Sub Departamento de Información, Monitoreo y Prevención, del Ministerio de Agricultura de Chile, cargo en el cual participa como representante del Ministerio, en la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, realizada en Sendai (Japón), 14 a 18 de marzo de 2015. Además, participa en la Plataforma Nacional para la Reducción de Riesgos de Desastres PRRD.



El Sr. Patricio Fuenzalida, Director Regional de INIA La Cruz señaló la importancia de la información agroclimática y del agua como variables a tener presentes en la resiliencia frente al cambio climático. Destacó la labor del equipo de profesionales del Ministerio de Agricultura para la concesión de este taller. Indicó además que hoy son muchas las fuentes de información con las que se cuenta, incluida la información satelital, que son difícil de transferir a un agricultor sin algún tipo de proceso previo como modelamiento o algún algoritmo que facilite su uso. Finalmente, manifiesta que, dado el fin de este Centro de Investigación, orientado a la sustentabilidad de los cultivos, se espera que los contenidos del Taller contribuyan a una actualización de conocimientos sobre estas materias.

El Sr. Jaime Salvo Pedregal, junto con agradecer la participación de los asistentes en sala y conectados vía Streaming, explica (y también, en representación del Sr. Antonio Yaksic Soulé, Jefe de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas) los motivos del encuentro. Luego de las heladas del 2007 y de las sequías desde el 2008, el MINAGRI tomó la decisión de implementar un monitoreo de las condiciones meteorológicas y cómo estaban afectando los cultivos. Eso se tradujo en un esfuerzo a lo largo de todo Chile, de construir un Boletín Agroclimático que actualmente es ampliamente conocido y difundido. El trabajo inició escribiendo y haciendo observaciones de campo; hoy, ya después de 10 años, se ha evolucionado y este boletín está siendo sistematizado en una Plataforma digital y se cuenta con otras herramientas de trabajo para monitorear lo que está ocurriendo. Una de las más importantes son las imágenes satelitales. Inicialmente se trabajaba con imágenes gratuitas entregadas por el International Research for Climate and Society (IRI): imágenes MODIS con cobertura de 350x250m, es decir, cada pixel equivale a 7ha, no facilita mucho la observación detallada de los cultivos. Pero, hoy hay disponibilidad de otras imágenes satelitales, a 10m, gratuita, como es el caso del Satélite SENTINEL. En adelante, posiblemente tendremos otras oportunidades tecnológicas con el mismo fin.

Este encuentro, más que cerrar un ciclo de 10 años que se han completado, se puede ver como el inicio de un nuevo ciclo en el cual se puede hacer monitoreo de la nieve y la sequía con el apoyo de la NASA.

Este esfuerzo inicia el año 2017, se crea un software con el propósito de poder monitorear cuánta nieve había en la cordillera y cómo esto está afectando los caudales: el HAE o Hydrological Anomaly. Este encuentro ayudará a comprender y usar este producto, así también como la Plataforma Google Earth Engine (GEE).

Particularmente, este tipo de herramientas hoy es muy importante dada la sequía que nos está golpeando muy fuerte, con ciclos hidrológicos los últimos 30 años con cada vez menos agua. Este punto es especialmente sensible en la región de Valparaíso. En algunas regiones como Coquimbo está la disponibilidad de embalses como Recoleta y La Paloma que permiten mantener la agricultura bajo un buen estándar a pesar de la sequía. En el caso de la región de Valparaíso, el “embalse” de que se dispone es la Cordillera de Los Andes; y ya se está observando que el río Aconcagua en la zona de San Felipe tiene flujos intermitentes de agua gracias a que la primera sección está dejando pasar un poco de agua hacia abajo y por acuerdos público-privados. Se trata de una situación dramática ya que cada vez está afectando, no solo a los agricultores y sus actividades productivas, sino también a la disponibilidad de agua potable. Los embalses Peñuelas, El Yeso y Aromos están con niveles de agua muy bajo a lo normal, y entorno al 50% del año pasado.

Estamos en un punto de tomar acción y avanzar o dejar que la zona vaya transformándose en un nuevo desierto. Por lo tanto, para poner un granito de arena no en un desierto sino en un mar de oportunidades

estamos realizando hoy este Taller como una alternativa para que muchos de los profesionales presenten se “embarquen” y contribuyan en el monitoreo, es decir, hagan desarrollos y así permitir que autoridades y técnicos tomen mejores decisiones sobre lo que está ocurriendo.

Cierra sus palabras con la siguiente reflexión: “no basta con disponer de un bono para entregarle a un agricultor que perdió su cultivo, no basta con un agroseguro que permite recuperar algo de dinero para una plantación que falló; tenemos que ser capaces de entregar buena información, de forma equitativa a todos los agricultores (grandes, pequeños y medianos) de forma tal que ellos puedan tomar buenas decisiones de plantación, buenas decisiones sobre superficie de tomate en un invernadero, y decisiones sobre qué cultivos tomar en cada una de las zonas que corresponda...”. Esta filosofía ha sido la que ha liderado el Sr. Antonio Yaksic durante 10 años en este esfuerzo y que hoy parece que completamos un ciclo y damos paso a una nueva etapa en la cual vamos a estar haciendo uso de forma mucho más intensa de imágenes satelitales y de las nuevas tecnologías que el futuro nos traiga.

AGRICULTURA Y LAS OBSERVACIONES DE LA TIERRA DE LA NASA

Sr. Antonio Sánchez de la Universidad de Maryland de Estados Unidos, resumen de la presentación realizada en el Taller “Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile”, realizado el 18 de diciembre en INIA – La Cruz, región de Valparaíso, Chile.

El valor de la teledetección para el monitoreo agrícola se puede resumir en tres aspectos:

- Información continua, precisa y confiable.
- Cobertura Global con detalles locales.
- Amplio archivo de datos e imágenes.

Además, es información de bajo costo (datos libres y abiertos); y junto con los datos de campo contribuyen a un sistema integral de información.

En 1972 hubo una gran sequía en Rusia. Estados Unidos no lo sabía. Los precios internacionales alcanzaron su punto máximo. Fue entonces cuando la NASA y el USDA comenzaron a colaborar porque se dieron cuenta de que la única forma en que podían saber lo que sucedía en todo el mundo eran los satélites.

Hasta 1972, los precios de los alimentos se mantuvieron estables relativamente. Durante 1972 “Great Grain Robbery”, la falta de transparencia sobre la producción de cultivos marcó el comienzo de una nueva época de volatilidad de los precios de los alimentos. Como respuesta, los métodos de teledetección se expandieron y el USDA y la NASA comenzaron a colaborar. Eso marcó el inicio de las inversiones de la NASA en agricultura.

El uso de datos satelitales para el monitoreo de la agricultura se remonta a principios de la década de 1970, para supervisar la producción en los principales países productores. A pesar de más de 40 años, el enorme potencial de la teledetección aún no se ha realizado plenamente. Hoy, estamos en una nueva era de datos satelitales, revolucionando la capacidad de proporcionar información precisa y oportuna a través de los sistemas de cultivo a escala.

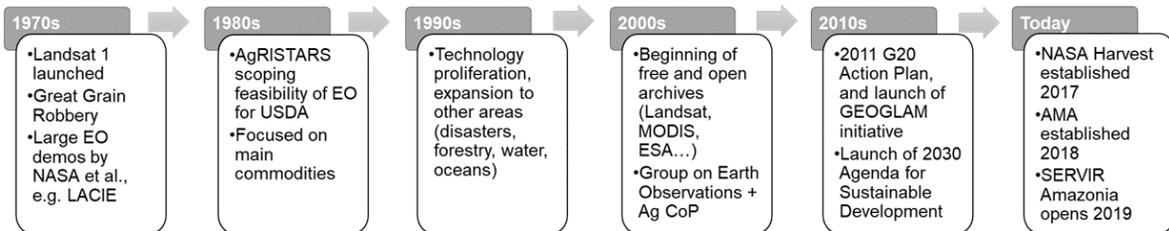
Los datos satelitales ofrecen información rentable, oportuna, transparente, sobre el tipo de cultivo, la salud de las plantas, el estrés, la productividad, etc. en el campo a escalas globales, a diario.

A pesar de los más de 40 años de investigación de Observaciones de la Tierra, todavía hay un gran potencial por aprovechar para aplicar Rastreo Satelital o RS a los problemas de bienestar humano, específicamente la seguridad alimentaria.

El objetivo es obtener los datos apropiados, en un formato comprensible, en manos de los tomadores de decisiones de manera oportuna.

Las misiones de la NASA utilizadas en los primeros experimentos agrícolas fueron las de los años 1970s-80s (LACIE, AgriSTARS). Muchos instrumentos de la NASA tienen aplicaciones agrícolas tales como vegetación, suelo, agua/riego e impacto de desastres. Así también, uso en investigación y por agencias operativas.

Este interés de la NASA desde hace casi 50 años en la agricultura se puede resumir en la siguiente línea de tiempo:



NASA Harvest es un programa nuevo de la NASA para promover el uso operacional de datos satelitales para guiar las decisiones que apoyan la seguridad alimentaria, mercados estables, progreso económico, y producción de cultivos sostenible y con poder de recuperación.

Este programa opera bajo ciertos mandatos políticos. Originalmente, en el 2011, los Ministros de Agricultura del G20 lanzaron GEOGLAM, como parte de su Plan de Acción sobre la Volatilidad de los Precios de los Alimentos, es decir, Observaciones de la Tierra para mejorar proyecciones de cultivos.

Los ministros de agricultura del G20 lanzaron GEOGLAM en julio de 2011 a través del Plan de acción de volatilidad de los precios de los alimentos. La misión de GEOGLAM era utilizar información basada en Observaciones de la Tierra o EO (sigla en inglés) sobre las condiciones de los cultivos para informar a los mercados de productos básicos. El plan de acción también lanzó el Sistema de Información del Mercado Agrícola (AMIS). Desde 2011 han surgido nuevos impulsores de políticas generales, GEOGLAM puede ayudar.

El mandato político actual que considera los años 2016 al 2019, después de realizada una revisión, incluye:

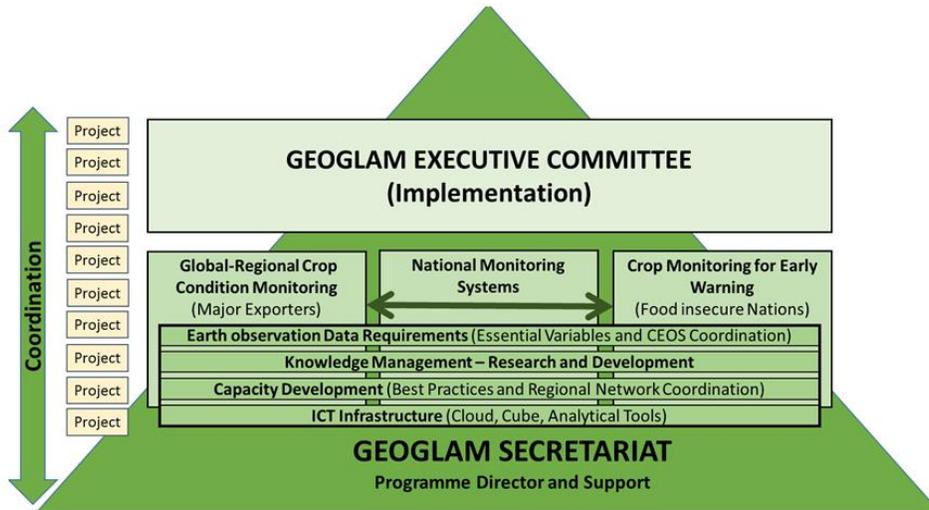
- Seguridad alimentaria
- Alerta temprana
- Coordinación con otras políticas:
 - Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU al 2030.
 - El Acuerdo de París sobre Cambio Climático.
 - Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres.

La Declaración de los ministros de agricultura del G20 de 2018 dice: "Nos comprometemos a continuar apoyando las actividades de GEOGLAM para mejorar el monitoreo agrícola nacional y global utilizando

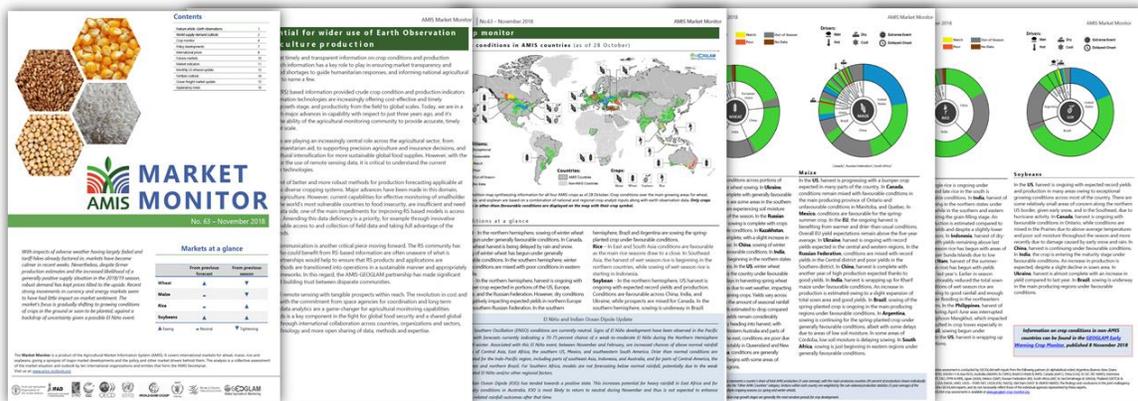
observaciones de la tierra. Reconocemos esto como uno de los mecanismos clave para promover mercados transparentes y seguridad alimentaria.”

El trabajo de GEOGLAM se ha realizado con contribuciones voluntarias de más de 100 organizaciones, desde 47 países u organizaciones multinacionales, que siguen aumentando. El énfasis ha estado en la coordinación y colaboración internacional, e intranacional orientado hacia la innovación y desarrollo.

La figura siguiente resume cómo se ha llevado a cabo esta coordinación.

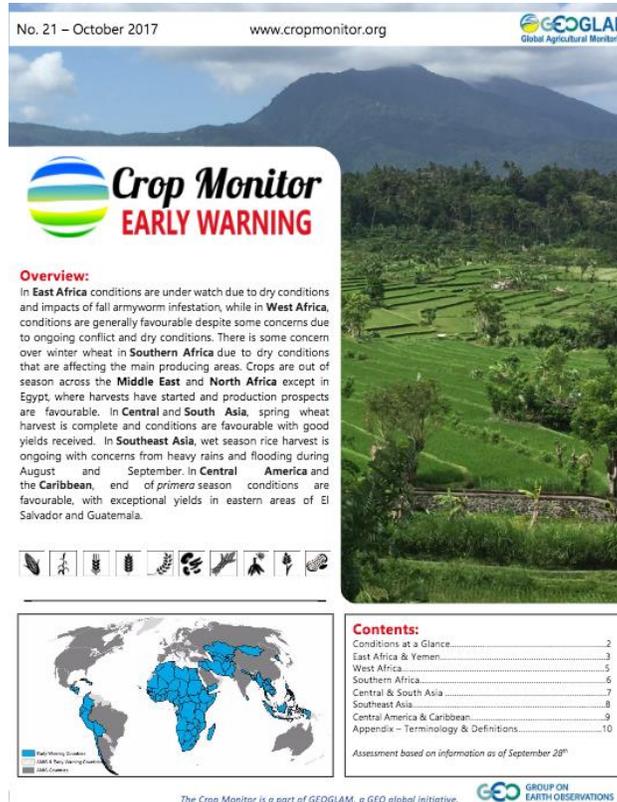


A partir del 28 de octubre de 2019 se publica el boletín Agricultural Market Information System (AMIS) o Sistema de Información del Mercado Agrícola (AMIS). Se ha producido 65 boletines a la fecha que están disponibles en <http://www.amis-outlook.org/> (ver imagen siguiente); así también el monitoreo de cultivos en <http://www.amis-outlook.org/>



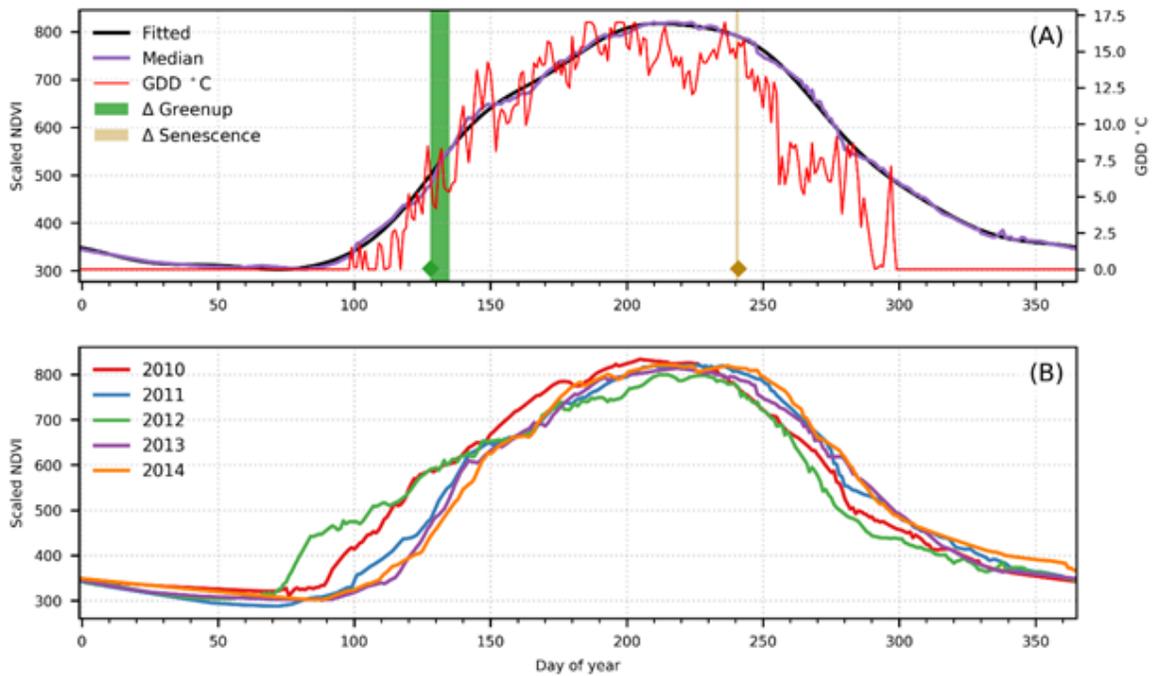
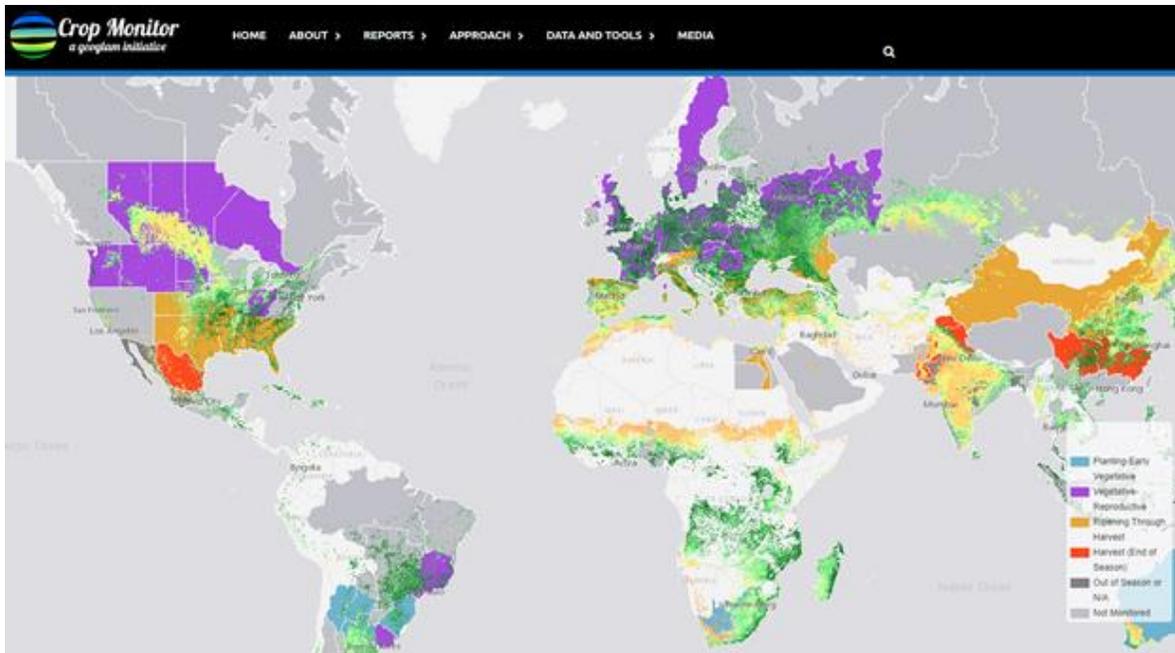
Este ha sido un gran éxito en términos de proporcionar consenso e información fácil de entender a la comunidad de usuarios. La comunidad de Alerta Temprana (o Crop Monitor for Early Warning) reconoció que había una necesidad aún mayor de información más y confiable sobre el estado de los cultivos en los países

más vulnerables a la seguridad alimentaria. La comunidad de Alerta Temprana se unió y decidió hacer algo similar, pero centrarse en los países con mayor riesgo de inseguridad alimentaria. El objetivo propuesto fue reducir la incertidumbre en apoyo de las decisiones de seguridad alimentaria.

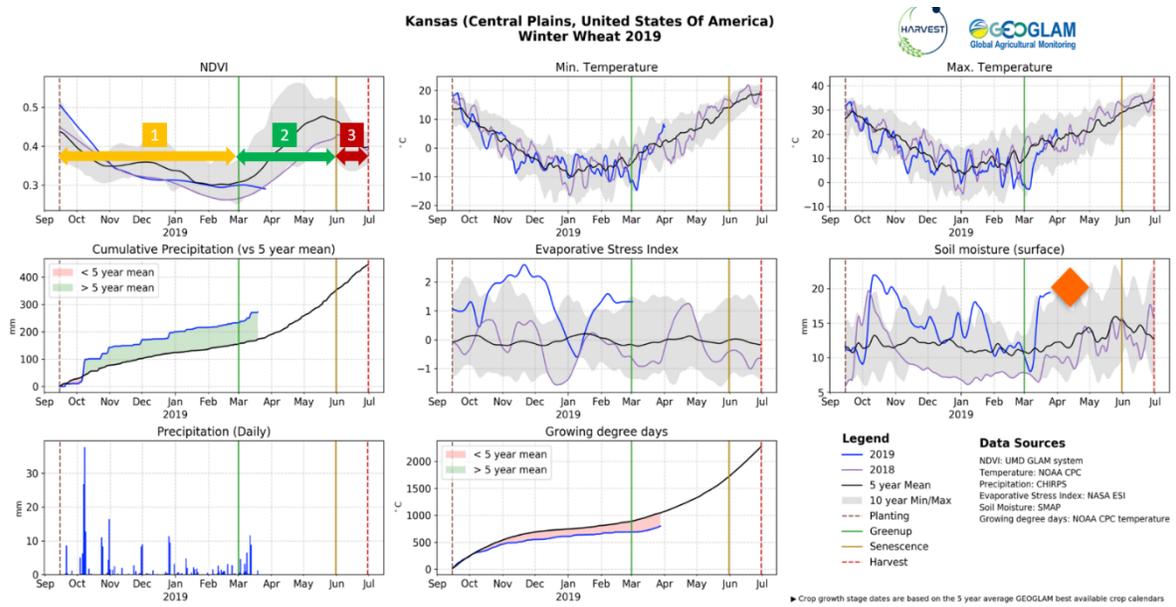


Respecto de la cobertura del Crop Monitor en las Américas actualmente, entre CM4AMIS y CM4EW, hay varios vacíos. FEWS NET reporta las condiciones en América Central. Se espera ayudar a llenar estos vacíos de información y que cada país pueda aportar sus propios reportes.

Los calendarios de cultivos de Crop Monitor se basan en una combinación de los mejores datos disponibles de diferentes agencias internacionales y ministerios nacionales, y también el conocimiento experto de los países socios de GEOGLAM Crop Monitor. Los calendarios de cultivos constan de tres etapas fenológicas diferentes que se aplican ampliamente a los cuatro cultivos de AMIS (trigo, arroz, maíz y soja): plantación a través de la vegetación temprana, vegetativa a la reproducción, maduración a través de la cosecha. Hay interés en evaluar qué tan bien podemos capturar estas fechas de transición fenológica usando NDVI.



Graficando series de tiempo, tenemos por ejemplo el caso de Kansas en la imagen siguiente, donde 1 corresponde a plantación – vegetativo temprano; 2 es vegetativo – reproductivo y 3 Madurando a través de la cosecha.



Sistema Global de Monitoreo de la Agricultura

Las metas propuestas para este sistema son:

- Mejorar las capacidades globales de monitoreo agrícola y estimación de la producción de cultivos, originalmente para el USDA-FAS, mediante el uso de datos satelitales de resolución moderada de la NASA (es decir, MODIS).
- Contar con un sistema útil para especialistas y no especialistas para el análisis de cultivos.
- Contar con instancias adaptadas a varios países del mundo.

El sistema GLAM es una herramienta heredada que ha evolucionado durante aproximadamente 15 años en respuesta a las necesidades de los usuarios y según los avances tecnológicos. La NASA tiene interés en mover archivos de datos a Amazon Web Services (AWS), es decir, el sistema GLAM utilizado como caso de prueba para las capacidades y costos.

Sobre los componentes de la base de datos GLAM NDVI, se esperaría:

- Proporcionar procesamiento casi en tiempo real de productos MODIS NDVI.
- Visualización de productos NDVI (NDVI sin procesar, anomalía NDVI, NDVI diferenciado).
- Herramientas de gráficos de análisis de series temporales.

Además, abordar problemas con:

- Largas series temporales con grandes volúmenes de datos.
- Nuevas entregas de datos, con periodicidad aproximada semanal.
- Formato de datos HDF-EOS

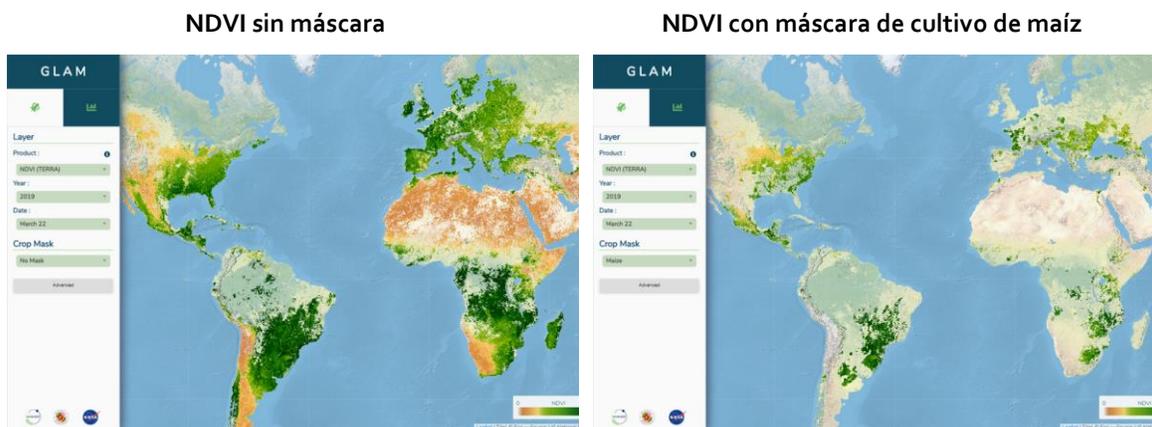
Transición hacia Amazon Web Services (AWS)

La implementación local actual tiene algunas limitaciones:

- Gran volumen de datos: actualmente ocupa ~ 300 TB de espacio en disco: debe almacenar en caché los mosaicos de visualización NDVI para todas las combinaciones de observaciones NDVI (actual frente a cada año anterior = ¡crecimiento exponencial!)
- El sistema está segmentado en ventanas regionales: necesidad de un sistema global.
- El hardware es caro:
 - ✓ Clúster HPC de tres nodos: Dell PowerEdge R720; 2 procesadores Intel® Xeon® E5-2690 (8 núcleos a 2,90 GHz con hiperprocesamiento); y 192 GB de memoria DDR3).
 - ✓ Capacidad total de almacenamiento de 760 TB
 - ✓ El costo es de aproximadamente \$ 105,000

Si trasladamos los datos a AWS, ¿cómo podemos aprovechar la infraestructura de la nube para reducir costos y / o (“con suerte”) mejorar el rendimiento y las capacidades? Son interrogantes que aún se están evaluando y que sirve de experiencia a otros países que enfrenten estas temáticas en un futuro no muy lejano.

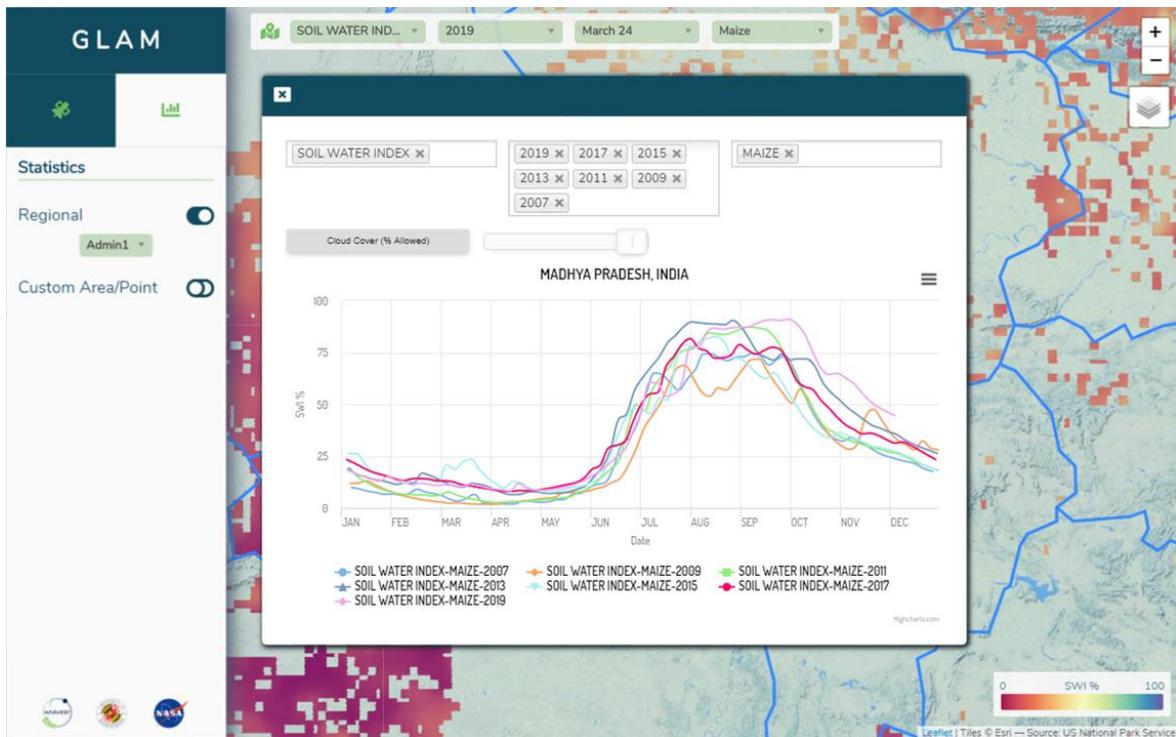
El uso de máscaras para mostrar la información de un cultivo específico ha contribuido a mejorar la información al usuario. La figura siguiente muestra el NDVI total y para zonas con maíz.



También, es posible conocer la distribución en el tiempo del NDVI para zonas con cultivo de maíz. Ver el caso del estado de Iowa en Estados Unidos:



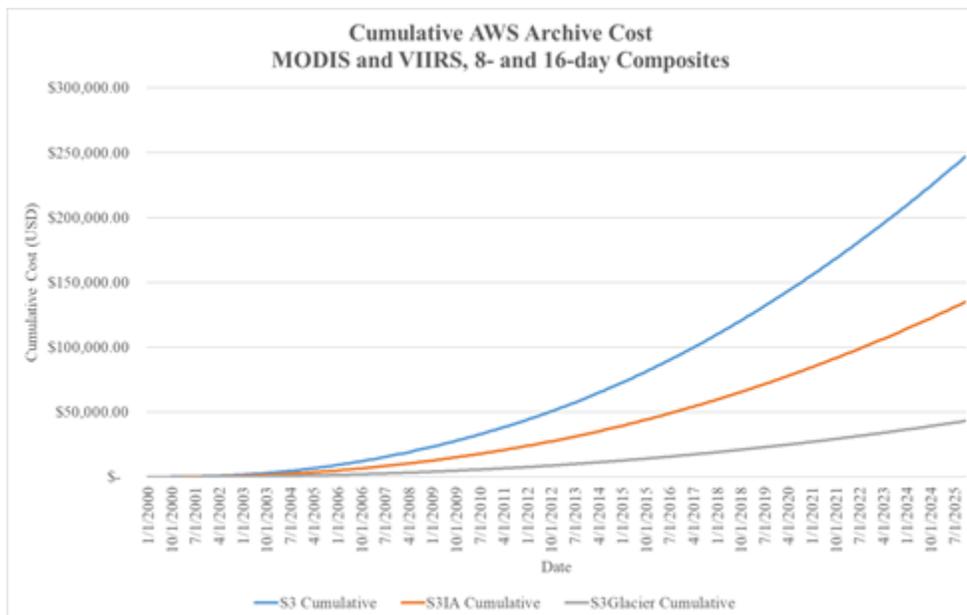
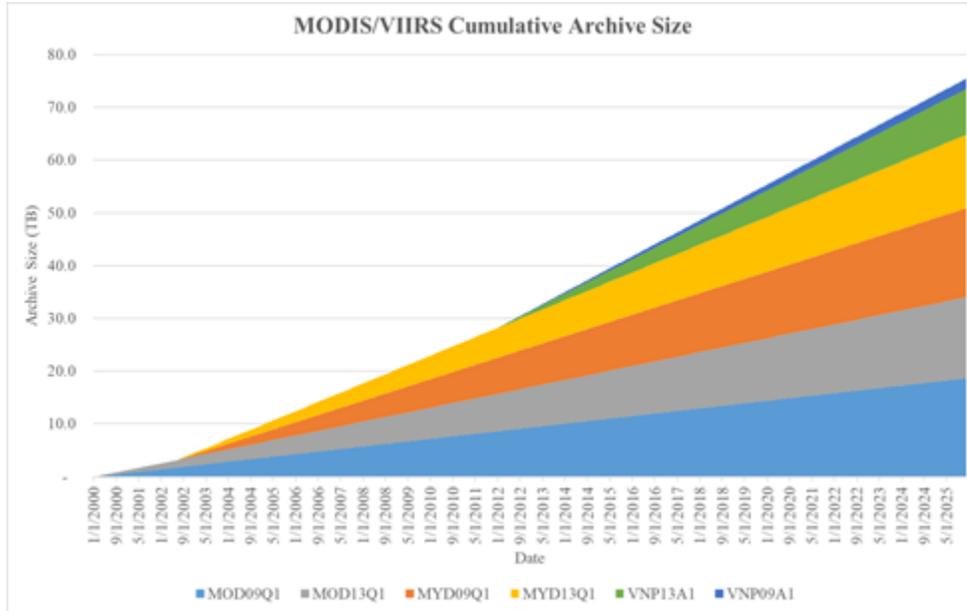
Otros indicadores como Soil Water Index o índice de agua en el suelo se pueden graficar. Ver caso de Madhya Pradesh en India:



Modelo de nube o Cloud Model

Sobre este modelo, en cuanto a los costos, podemos decir que:

- En general, es mejor "traer el código a los datos". Si los datos están en AWS, ejecute el código en AWS.
- Calcular es barato, el almacenamiento es costoso.
 - ✓ Costo total \approx cómputo + almacenamiento + red
 - ✓ Es más eficiente volver a calcular muchas veces que almacenar las respuestas una vez
 - ✓ El almacenamiento de datos intermedios puede valer la pena si es más pequeño que el original
- Al almacenar solo COG NDVI en lugar de todo el archivo HDF, podemos ahorrar aproximadamente \$ 18,000 por año en almacenamiento S3.



Ventajas	Desventajas
Red de alta velocidad entre servicios de AWS (25 Gbps)	Si se agota el financiamiento, la factura no se paga y el sistema deja de funcionar
La aplicación se puede implementar en múltiples regiones a nivel mundial	Puede tener costos ilimitados
No es necesario mantener nuestro propio hardware	A medida que aumenta la popularidad, también lo hace la factura
Escala automática	Inversión significativa en la capacitación de desarrolladores para usar servicios en la nube
	La arquitectura puede ser incompatible con el hardware local
	Explorar opciones de financiamiento para expandir este trabajo y hacer que más conjuntos de datos agrícolas estén disponibles públicamente y sean accesibles en AWS

Finalmente, se está haciendo un esfuerzo internacional para aumentar capacidad de usar datos satelitales para el monitoreo agrícola en las Américas. Para ello, está el Grupo regional de GEOGLAM

Transferencia S-S de tecnología; desarrollo de productos regionales; fortalecimiento de sistemas nacionales; fortalecimiento del diálogo intranacional (al interior de cada país) e internacional (nivel Regional y nivel Global); y contribuir a las agendas globales – G20, ODS-NU, ILAC.

Los principios fundamentales se centran en:



Y, ayudando en el descubrimiento de datos y informaciones agropecuarias.

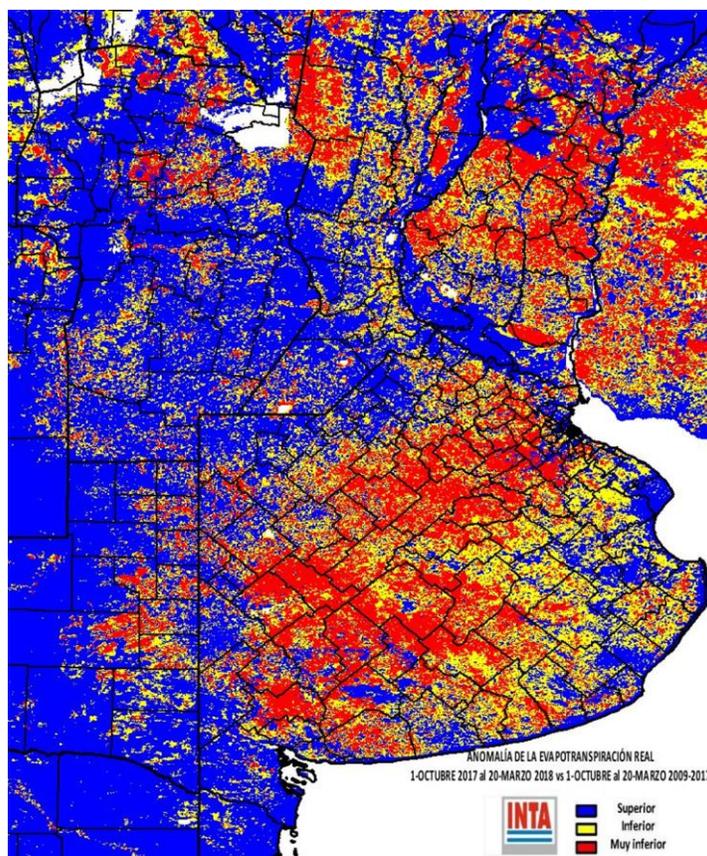
Aplicación de la información satelital en Argentina

Los datos satelitales fueron una fuente de información crítica para el gobierno argentino en la crisis de sequía de 2018. Esta sequía, ocurrida a principios de 2018, fue muy severa.

¿Quién fue impactado? El Ministerio de Agroindustria de Argentina y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) se basaron en el uso de observaciones satelitales de la Tierra para localizar con precisión las áreas afectadas.

Codiseño e Implementación: El INTA trasladó físicamente las oficinas al MinAgro. El diálogo directo resultó en un indicador basado en la percepción remota del estrés de los cultivos y las condiciones de sequía (anomalía ET).

Decisiones potenciadas: Los datos de la NASA, los métodos Harvest / GLAD y el análisis INTA permitieron a MinAgro declarar una "emergencia agrícola" con gran precisión espacial, desencadenando una de las redes de seguridad más importantes que tienen los productores argentinos.



Caso de Karamoja, Uganda – 2017

En la experiencia de Karamoja - Uganda, por lo general, los agricultores pobres siguen tratando de salvar los cultivos hasta último momento. Mediante el uso de observaciones de la tierra, el gobierno supo lo antes posible que los cultivos fracasarían y realizó pagos en efectivo. Los agricultores recibieron dinero en efectivo para comprar alimentos y comenzar una nueva siembra o seguir otro trabajo.

Como resultado del uso de las observaciones de la tierra de NASA se ahorró USD 2.6 millones y se ayudó a 23,388 hogares (150.000 personas).

Caso de Bududa, Uganda – 2019

11 oct 2019: Los deslizamientos de tierra en Bududa, Uganda, matan a 51 personas, desplazan a 858 personas, dañan los cultivos y el ganado.

16 de octubre de 2019: la Autoridad Meteorológica Nacional de Uganda pronostica fuertes lluvias en curso más deslizamientos de tierra, es probable que se produzcan inundaciones.

16 de octubre de 2019: Oficina del Primer Ministro - Uganda recurre a Harvest & GEOGLAM, debido a la relación duradera con Harvest África Oriental la Dra. Catherine Nakalembe.

17 oct 2019: el Dr. Nakalembe redacta el informe U-NIEWS.

- Coordina la asistencia de múltiples grupos internacionales para ayudar a la OPM con datos y análisis (por ejemplo, equipo de Copernicus Emergency Services & Humanitarian Open Street Map)
- Mapee las áreas afectadas para la respuesta a desastres, así como para evaluar las áreas de alto riesgo para ordenar evacuaciones y evitar una mayor pérdida de vidas

18 de octubre de 2019: el Dr. Nakalembe presenta al comité interministerial presidido por el Primer Ministro.

Lecciones clave de este caso:

- La confianza obtenida a través de relaciones de larga data en las que los socios hacen un esfuerzo adicional puede dar como resultado resultados que salvan vidas.
- Desarrollar capacidad en el apoyo a la toma de decisiones significa mantenerse comprometido con quienes desempeñan funciones de toma de decisiones para responder a una crisis dinámica.
- ¡Esas relaciones pueden fomentar la acción interministerial / transtemática clave cuando la crisis lo exige!

Resumen

Hay una larga historia en el uso de los datos satelitales para el monitoreo agrícola tales como:

- Condiciones de cultivos y estimación de sus rendimientos.
- Comprensión de los impactos de los eventos extremos en la agricultura.
- Apoyo a decisiones en mercados y seguridad alimentaria.

Pero, tenemos vacíos en varios lugares – incluyendo a las Américas:

- AMA (Agricultural Monitoring in the Americas) está enfocando en abordar las prioridades y los retos de sus participantes en las Américas.
- Necesitamos entender mejor como usar los datos satelitales en estos paisajes.

La propuesta como AMA es co-crear, co-desarrollar, co-evaluar, y trasladar la gestión de estos métodos a los usuarios en cada país, aplicando los principios fundamentales mencionados anteriormente.

Sra. Liliana Villanueva Nilo, profesional de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas del Ministerio de Agricultura de Chile, resumen de la presentación realizada en el Taller "Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile", el 18 de diciembre en INIA – La Cruz, región de Valparaíso, Chile.

Como introducción, este proyecto y otras iniciativas surge debido a nuestra principal amenaza: la sequía. El Ministerio de Agricultura, a través de su Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas ha implementado una forma de trabajo que está centrada en la gestión de riesgos para reducir la gestión de la crisis. Esta forma de trabajar es el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos Agroclimáticos – Gestión de Riesgo Climático para una Mejor Agricultura.

Este Sistema funciona y se construye bajo un enfoque de trabajo colaborativo con instituciones socias del ámbito público y privado lo que ha permitido que el Ministerio de Agricultura haya desarrollado 10 años de experiencia en Gestión de Riesgos Agroclimáticos en Chile.

Los objetivos de este Sistema son:



Reducir el impacto de los eventos climáticos y naturales que afectan a los sistemas agropecuarios y silvícolas;



Responder de manera rápida y efectiva a las emergencias agrícolas, y



Fortalecer las capacidades de adaptación de los productores para enfrentar por sí mismos los eventos climáticos extremos provocados por la variabilidad y el cambio climático global.

Los productos y servicios construidos bajo este Sistema son:



Lo central de este Sistema se puede resumir en:

Las líneas de trabajo y proyectos que forman parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos Agroclimáticos de Chile han sido desarrollados/construidos bajo el esquema de trabajo colaborativo con los distintos socios de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA), del Ministerio de Agricultura de Chile.

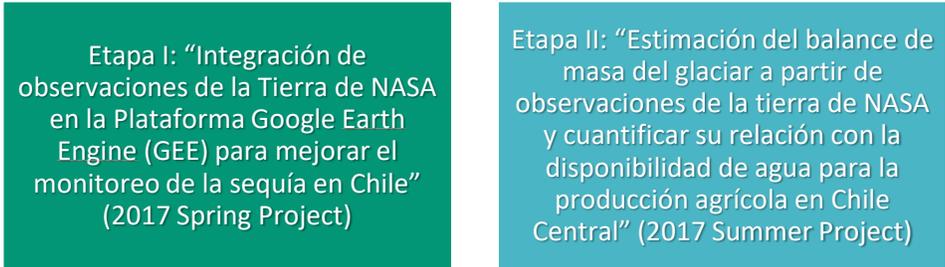
Esta construcción conjunta permite hoy conmemorar, analizar y compartir los 10 años de experiencia chilena en materia de gestión de riesgos agroclimáticos como un modelo de acción climática para otros países.

En este contexto se enmarca la colaboración desarrollada con NASA, a través de su Programa NASA Develop. Fue desarrollada por NASA Ames Research Center; Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) del Ministerio de Agricultura de Chile; y Agregaduría Agrícola de la Embajada de Chile en los Estados Unidos.

En el marco del Programa Nacional NASA Develop, se propuso inicialmente a la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA), del Ministerio de Agricultura de Chile, desarrollar un proyecto de similares características a uno implementado en Nación Navajo, vinculado al monitoreo y alerta temprana de sequías.

El contacto entre NASA Develop y la Sección se logró con el apoyo de la Oficina Agrícola de la Embajada de Chile, en Estados Unidos.

La colaboración con NASA se desarrolló en etapas: dos proyectos.



¿Cómo se desarrolló el trabajo con el equipo NASA Develop?



Etapa I: NASA Develop National Program - 2017 Spring Project

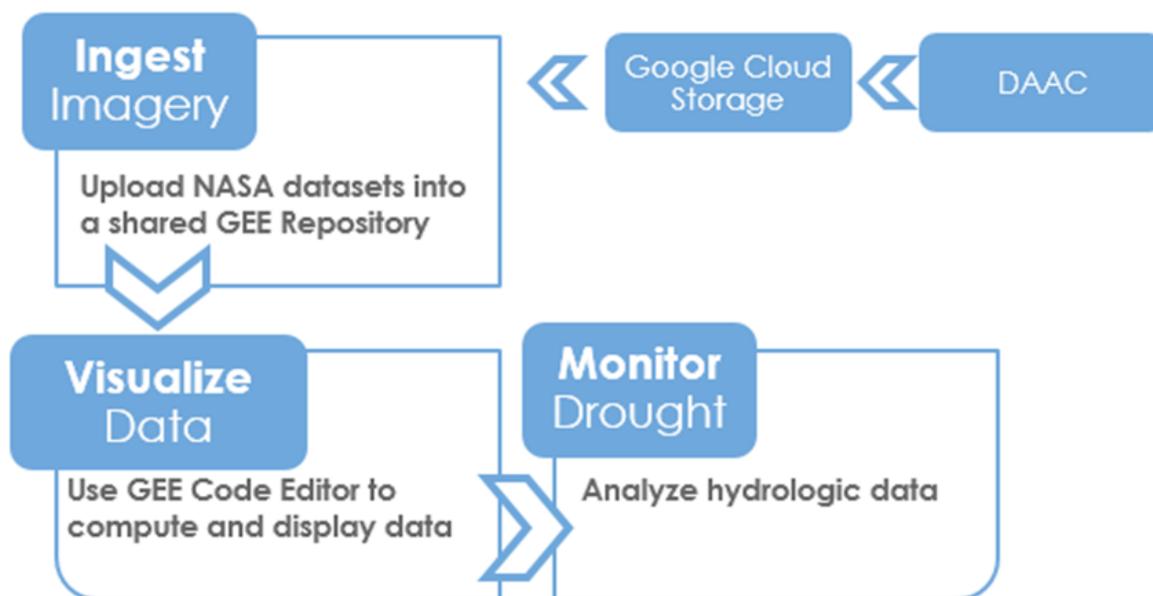
La Etapa I del Proyecto NASA consistió en la integración de Observaciones de la Tierra de NASA en la Plataforma Google Earth Engine para mejorar el monitoreo de la sequía en Chile.

Su objetivo fue incorporar los datos derivados de la humedad del suelo de la NASA, de cobertura de nieve y el equivalente en agua de la nieve (SWE) en el proceso de toma de decisiones de la sequía de Chile usando la plataforma Google Earth Engine GEE. Los resultados buscaban que el Ministerio de Agricultura de Chile conociera la Plataforma GEE y sus aplicaciones.

Las observaciones espaciales y parámetros que abordó fueron los siguientes:

Parameter(s)	Platform & Sensor
Humedad del Suelo	Soil Moisture Active Passive (SMAP) – Radiometer (2015-presente)
Cobertura de nieve	Terra – MODIS (2001-presente)
Nieve equivalente en agua	Aqua – AMSR-E (2001-2011) JAXA GCOM-W1 – AMSR2 (2012-presente)

La metodología usada por NASA Develop (2017) se muestra de forma simplificada en la siguiente figura:



El Catálogo público de GEE aloja muchos sets de datos satelitales a los cuales se puede acceder fácilmente desde el Editor de Código de GEE. La cobertura de nieve versión 6 de MODIS está disponible para su uso.

En el caso de datos AMSR-E, AMSR₂ y SMAP se tiene que seguir indicaciones rigurosas para poder visualizar en GEE. Los datos requieren ser bajados desde Centro de Archivos Activos Distribuidos (DAAC) donde las observaciones de la Tierra de NASA se alojan, procesadas a GeoTiff, subidas a la nube de almacenamiento de Google, y luego subidas a GEE usando la API Python de GEE y Command Line tool.

Los productos/resultados de esta etapa del proyecto fueron los siguientes:

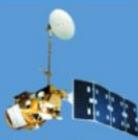
- Carpeta compartida de AMSR-E, AMSR₂, SMAP, and MODIS con datos de SM, SC y SWE.
- Repositorio compartido con archivos JavaScript para visualizar herramientas como anomalía hidrológica, porcentaje de cobertura de nieve y humedad del suelo.
- Tutorial que explica el proceso de ingreso de datos, incluyendo el script Python y subida de datos para la Plataforma GEE.

Como actividad previa y con el fin de tener mayor comprensión de estos productos/resultados se realizó un taller de capacitación sobre el uso de Google Earth Engine (GEE), en Santiago, el 14 de junio de 2017. El objetivo fue dar a conocer un marco general y conceptual sobre esta plataforma y su información. La relatoría a cargo del especialista Cristóbal Campos de INIA Quilamapu, se entregó una Guía para el Uso de la Plataforma a los 10 participantes del encuentro.

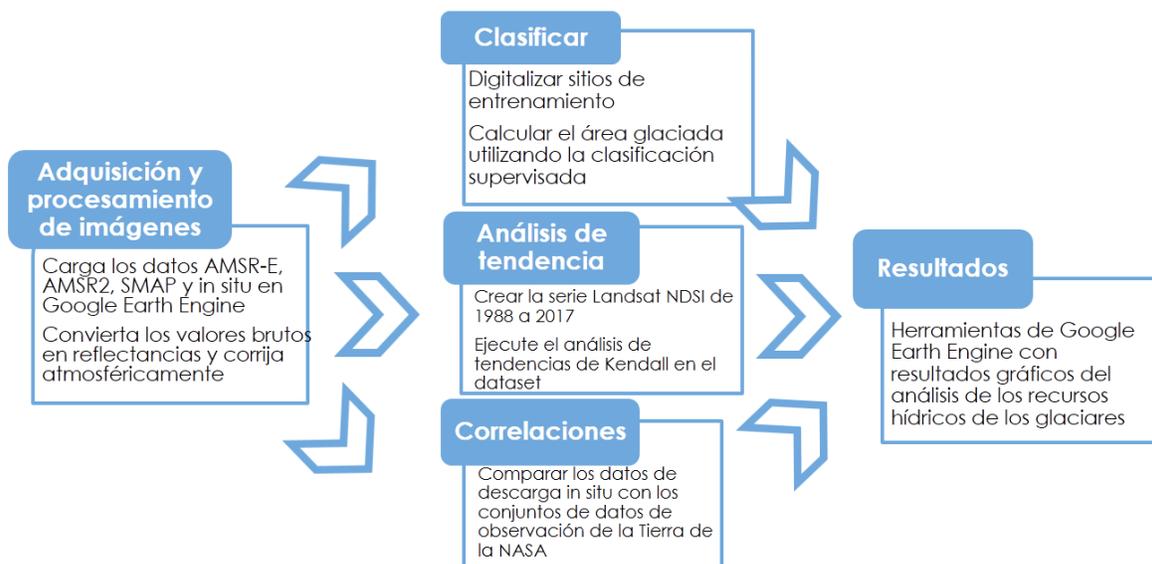
Etapa II: NASA Develop National Program - 2017 Summer Project

Esta etapa consistió en la estimación del balance de masa del glaciar a partir de observaciones de la tierra de NASA y cuantificar su relación con la disponibilidad de agua para la producción agrícola en Chile Central. Sus objetivos fueron: 1) Validar la Aplicación/Interface Google Earth Engine GEE como herramienta de decisión creada en la etapa previa; y 2) Hacer estimaciones del balance de masa del glaciar en la cuenca de Aconcagua de Chile.

Los parámetros y plataformas/sensores usados fueron los siguientes:

Satellite	 Landsat 4/5	 Landsat 8	 SMAP	 Terra	 Aqua	 TRMM
Sensor	TM	OLI	Passive Radiometer	MODIS	AMSRE	PR & TMI
Años	1988-2011	2013-hoy	2013-hoy	2001-hoy	2001-2011	2000-2016
Uso	Extensión glacial	Extensión glacial	La humedad del suelo	Cubierta de nieve y temperatura superficial	Equivalente agua de la nieve	Precipitación
Resolución	30m	30m	10km	500m	25km	0.25 grados

La metodología usada por NASA Develop (2017) en esta etapa se muestra en la siguiente imagen:



Los productos/resultados fueron:

- Clasificador de extensión glacial.
- Índice NDSI.
- Correlaciones entre variables.

Clasificador de la extensión del glaciar

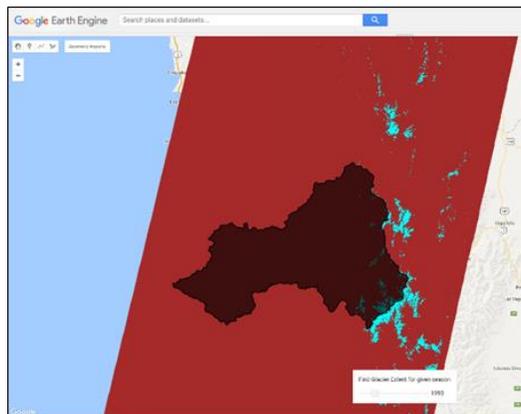
Según Billy Babis, profesional del equipo NASA Develop, para el año de 1993, un total de 167.991 km² de glaciar persistieron durante los meses de verano. Este cálculo es el resultado de los sitios de entrenamiento definidos antes de la clasificación. Los usuarios pueden obtener exactamente el mismo resultado de cualquier

año en el rango permitido, 1987 - 2017. Al considerar el cambio en la extensión glacial de año en año o durante décadas, los usuarios pueden especificar marcos de tiempo para investigar más en detalle por qué los glaciares están respondiendo a las presiones ambientales como son. El propósito de esta herramienta es ofrecer al usuario una introducción a la dinámica de los glaciares dentro de la Región Aconcagua y cómo pueden ampliar aún más su consulta.

Se debe tener presente que todos estos desarrollos requieren validación con información de terreno. Para ello, contar con puntos de información (mediciones de sensores de estaciones meteorológicas automáticas) es un gran aporte para ajustar la información a la realidad, especialmente a nivel local.

La Clasificación se desarrolló según el siguiente detalle:

- Puntos de entrenamiento definidos por el usuario que distinguen las regiones glaciares.
- Usa firmas espectrales de puntos de entrenamiento.
- Se muestran los resultados de verano según el año definido por el usuario.
- Extensión Glacial Total en Área de Estudio para el verano chileno de 1993: 167.991 km².

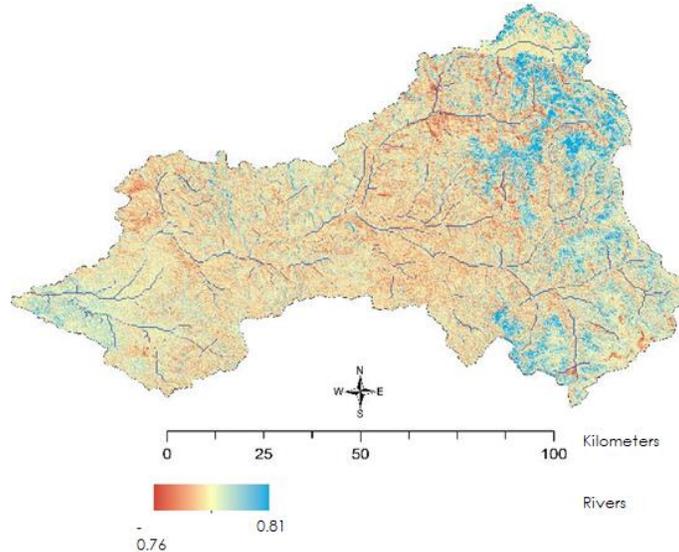


Serie de tiempo NDSI

Según Stuart Deland, profesional del equipo NASA Develop, como se señaló en la sección de metodologías, correlación Kendall-Tau se ejecutó en imágenes visualizadas en el índice NDSI. Como este índice está diseñado específicamente para resaltar áreas de nieve y hielo, las conclusiones extraídas de la salida de esta herramienta deben limitarse a las áreas orientales de la región de Aconcagua, donde se sabe que existen glaciares perennemente. Es interesante observar que las áreas de mayor aumento de tendencia negativa se encuentran alrededor de las cabeceras de muchos de los ríos y arroyos que atraviesan la región, mientras que las áreas de mayor aumento de tendencia positiva se ubican hacia los centros de los glaciares de la región. Por lo tanto, si bien la causa exacta de las variaciones glaciares en las regiones sigue siendo desconocida, se conocen las áreas de pérdida creciente o ganancia glacial, lo que facilita la toma de decisiones. El Ministerio de Agricultura podría analizar estos resultados y localizar a todos los agricultores que trabajan la tierra en áreas con cabeceras que experimentan una mayor pérdida de glaciares, y advertirles de la persistente falta de agua de deshielo.

Kendall's Tau Rank Correlación (1988 – 2017):

- El Tau de Kendall es un indicador de tendencia no lineal.
- Comúnmente utilizado para el análisis de la hidrología.
- Los valores van desde -1 (decreciendo constantemente) hasta +1 (constantemente aumentando).
- Todas las combinaciones de pares de valores se evalúan en cada píxel.

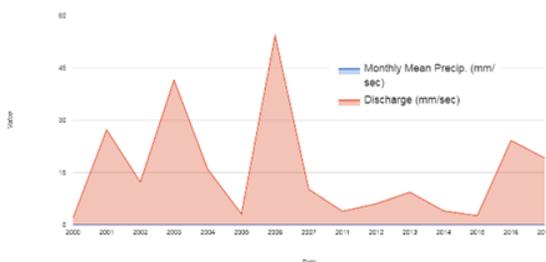


Correlaciones de variables

Según Billy Babis, profesional del equipo NASA Develop, estos son dos gráficos que muestran datos in situ en comparación con dos de las variables ambientales independientes para el mes de febrero de 2000 - 2017 y 2002 - 2017, respectivamente. Los valores r de Pearson y los valores p se informan junto con cada gráfico. Los valores r describen la correlación lineal de las dos variables en una escala de -1 a +1, donde -1 es una correlación negativa fuerte, +1 es una correlación positiva fuerte y 0 no es correlación. El valor p es una medida de la significación estadística del valor r . Tradicionalmente, los valores p de 0.01 y 0.05 se consideran estadísticamente significativos, por lo tanto, podemos decir que la precipitación no está particularmente correlacionada con la descarga del río en el período de tiempo, y que la capa de nieve está correlacionada moderadamente positiva con la descarga del río y esta correlación también es estadísticamente significativa.

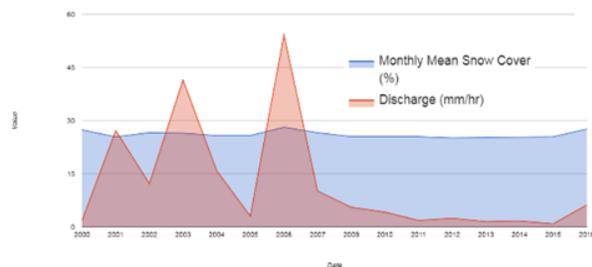
Precipitación en comparación con la descarga del río en la estación de San Felipe (febrero, 2000 - 2017):

- ▶ $r = 0.004$
- ▶ $p\text{-value} = 0.988$



Cubierta de nieve en comparación con la descarga del río en la estación de San Felipe (febrero, 2002 - 2016):

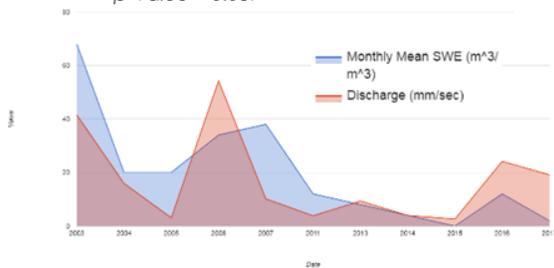
- ▶ $r = 0.507$
- ▶ $p\text{-value} = 0.045$



Los siguientes dos gráficos detallan el equivalente de agua de nieve y la humedad del suelo, en comparación con las mediciones de descarga de ríos in situ para el mes de febrero de 2003 - 2017 y 2015 - 2016, respectivamente. El equivalente de agua de nieve está fuertemente correlacionado con la descarga del río con un valor r de 0.633 y esta correlación es estadísticamente significativa con un valor p de 0.037. La humedad del suelo no está particularmente correlacionada con la descarga del río con un valor r de -0.135 y esta correlación no es estadísticamente significativa con un valor p de 0.914.

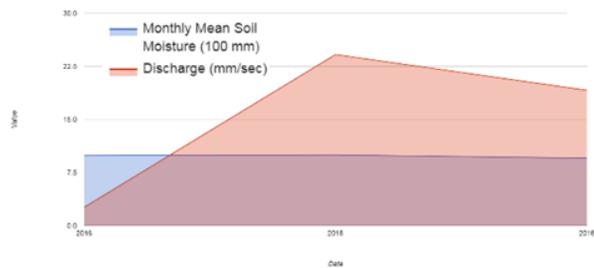
Equivalente al Agua de Nieve en comparación con la Salida del Río en la Estación San Felipe (Febrero, 2003 - 2017):

▶ $r = 0.633$
▶ $p\text{-value} = 0.037$



Humedad del suelo comparada con la descarga del río en la estación San Felipe (febrero de 2015 - 2016):

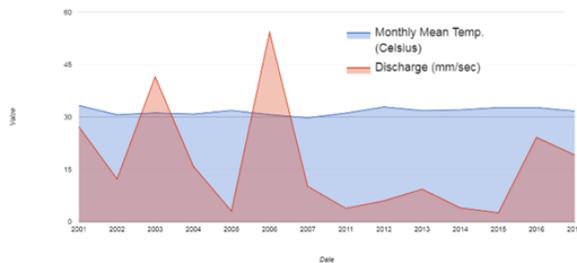
▶ $r = -0.135$
▶ $p\text{-value} = 0.914$



El gráfico final detalla la correlación entre la temperatura de la superficie y la descarga del río para el mes de febrero de 2001 a 2017. Las dos variables tienen muy poca correlación con un valor r de -0.179 y un valor p de 0.541. Cada una de las correlaciones ofrece información diferente para los usuarios, así como factores ambientales para enfocar los métodos predictivos en el futuro. Por ejemplo, si los usuarios descubrieron una alta correlación entre el equivalente de agua de nieve y la descarga del río (que parece existir), él o ella pueden enfocar sus esfuerzos futuros en aumentar aún más la precisión de las estimaciones de SWE al tomar mediciones in situ, junto con las tomadas por AMSR-E y AMSR2.

Temperatura de la superficie comparada con la descarga del río en la estación de San Felipe (febrero, 2001 - 2017):

▶ $r = -0.179$
▶ $p\text{-value} = 0.541$



La continuidad de estos análisis aportados por NASA permite ir definiendo más y mejores indicadores para el análisis de los riesgos agroclimáticos, pudiendo robustecer el Observatorio Agroclimático como herramienta de información, así también, contar con GEE como herramienta complementaria o alternativa. Las definiciones sobre estas materias deberán estar en concordancia con las necesidades de los usuarios de estas plataformas, así como las de los agricultores a nivel más local.



Las ventajas identificadas en la Plataforma GEE son las siguientes:

- Interfaz fácil de usar para la importación y evaluación de diversos sets de datos obtenidos por teledetección.
- Alta capacidad de procesamiento (servidor).
- La documentación es clara y accesible.
- Estructura de archivos organizada y que se puede compartir.
- Ya está disponible al público una gran cantidad de datos que pueden ser combinados con datos puntuales para mejorar el análisis.
- Es de libre uso (importante dada su alta capacidad de procesamiento).
- Servidores Google, cuya limitante radica solo en la conexión de los usuarios a internet (velocidad de procesamiento).

Más información en <https://youtu.be/gKGOeTFHnKY> (video de GEE).

Trabajo colaborativo – instituciones participantes del proyecto

El equipo de Estados Unidos estuvo compuesto por las siguientes instituciones:

- Programa NASA Develop
- Agregaduría Agrícola MINAGRI

El equipo de Chile estuvo compuesto por las siguientes instituciones:

- Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) del Ministerio de Agricultura.
- Water Center for Arid and Semi-Arid Zones in Latin America and the Caribbean (CAZALAC).
- Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

- Dirección General de Aguas (DGA), del Ministerio de Obras Públicas.
- Comisión Nacional de Riego (CNR).
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).
- Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA).
- Laboratorio para el Análisis de la Biósfera - Universidad de Chile.
- Productos Lácteos del Sur (Prolesur).
- Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF).

Líneas de trabajo propuestas

De acuerdo con la inversión que ha realizado el Ministerio de Agricultura en el Observatorio Agroclimático como herramienta de apoyo a la decisión, se requiere imágenes de mayor resolución que permitan ver el desarrollo de los cultivos (índices vegetacionales).

Se requiere continuar con el seguimiento de la sequía tanto en su dimensión hidrológica como agrícola: medición de los niveles de acuíferos (crítico en Chile por la escasez de información y a la explotación cada vez mayor de estos recursos, especialmente por la agricultura más moderna); mejoramiento de índices de humedad de suelo, tomando en consideración el tipo de suelo, cultivos, etc.

Lo central es seguir con el fortalecimiento de las capacidades en GEE y otras herramientas de NASA para el monitoreo de la sequía, principal amenaza para Chile.

GEE – MARCO GENERAL Y CONCEPTUAL SOBRE LA PLATAFORMA Y SU INFORMACIÓN

Sr. Cristóbal Campos Muñoz, Ingeniero Civil Agrícola, profesional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) – Quilamapu, Región del Ñuble, resumen de la presentación realizada en el Taller "Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile", el 18 de diciembre en INIA – La Cruz, región de Valparaíso, Chile.

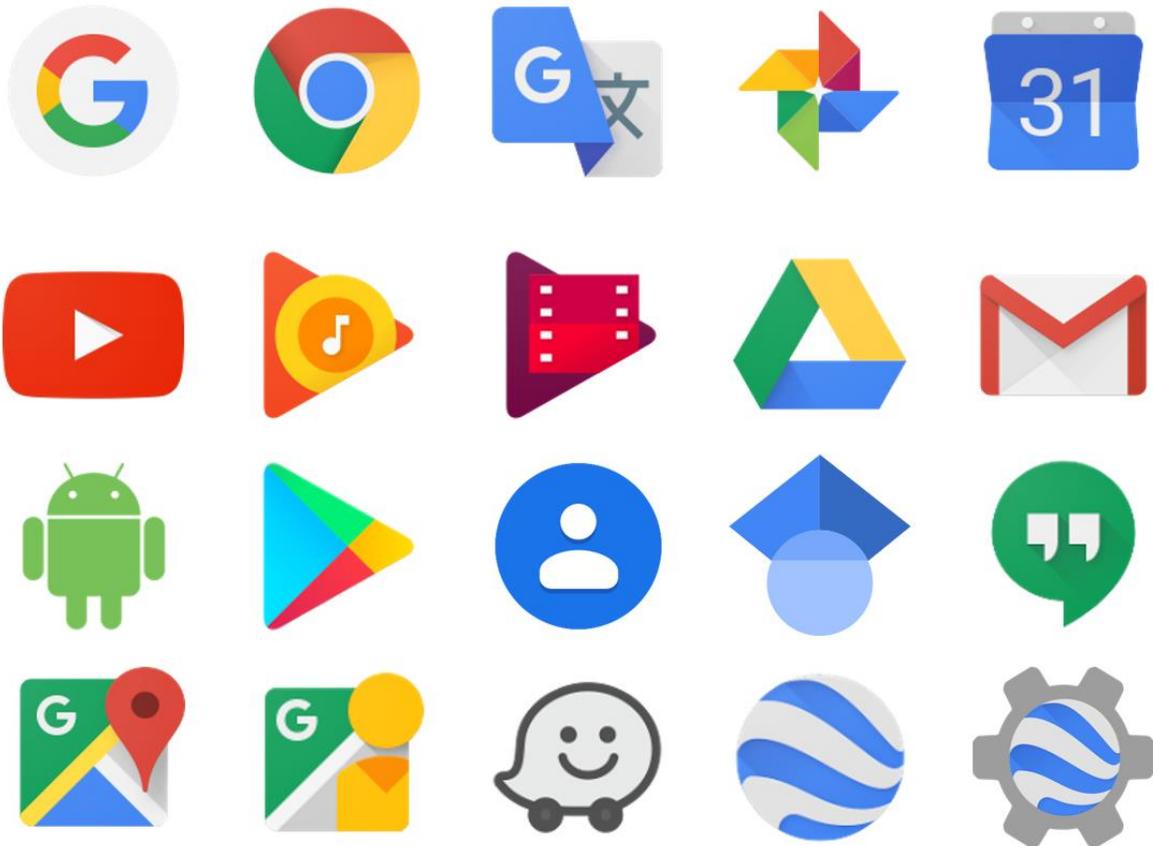
La palabra Google proviene de «Googol» (pronunciado Gúgol), creada por el matemático Edward Kasner y que significa diez elevado a cien (10^{100}), es decir, un número que consiste en un uno seguido por cien ceros.

10 000 000 000 000 000 000 000
 000 000 000 000 000 000 000
 000 000 000 000 000 000 000
 000 000 000 000 000 000 000
 000 000 000 000 000 000 000
 000 000 000

La historia cuenta que este número lo inventó un niño pequeño que estaba conversando con su Papá, un matemático famoso, y le pide que imagine el número más grande; y el niño le responde que un uno con cien

ceros. ¿y cómo le llamarías? Yo le llamaría Gúgol. En esto se basa posteriormente la empresa Google para mostrar la cantidad de información que ellos manejan.

Google es mucho más que un buscador: cuenta con mapas, aplicaciones, noticias, videos, contactos, almacenamiento en la nube, entre otras funcionalidades. También, está Google Académico donde se puede buscar información más especializada: artículos publicados.

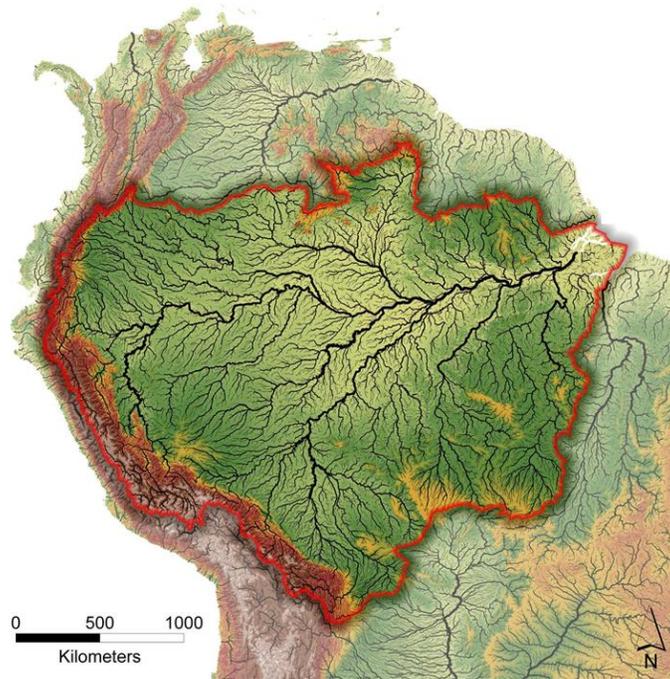


La misión de Google es “organizar la información del mundo y hacerla universalmente accesible y útil”.

La imagen siguiente muestra una imagen satelital de Borneo, que corresponde a una isla que está en la zona de convergencia subtropical. Al observar con Google Earth, se muestra como una zona permanentemente o la mayoría de las veces bajo nubes. Si esto ocurre ¿por qué Google tiene la imagen de Borneo? Esto es posible gracias a las imágenes satelitales en el tiempo, que pasan todos los días y nos permiten ir obteniendo detalles de una zona de estudio. Se puede obtener una imagen sintética.



Esta herramienta surgió por un caso ocurrido en la Cuenca del Amazonas. Esta cuenca es 10 veces el área de Chile y difícil de monitorear.



Con el fin de monitorear esta zona para evitar su deforestación se crea Google Earth Engine (GEE). Fue un esfuerzo/desafío llevado a cabo entre la ciencia y los nativos, con apoyo de Google.

Carlos Souza Jr.
(Científico)



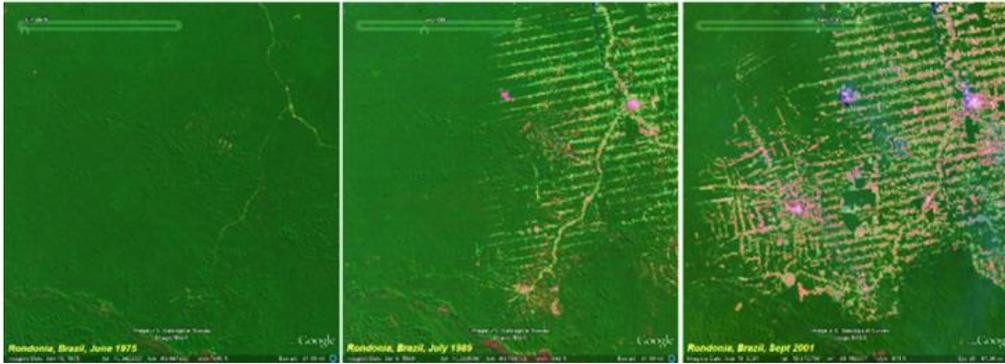
Rebecca Moore
(Directora GE)



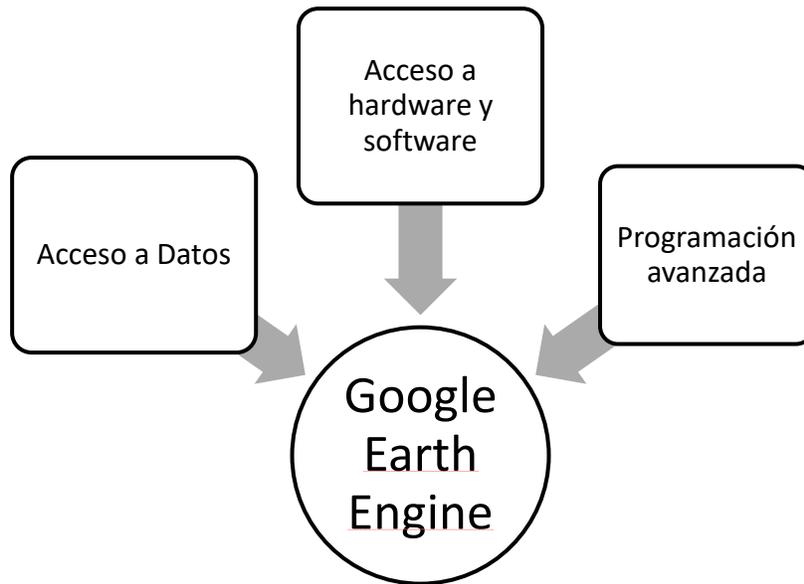
Almir Narayamoga
(Líder Suruí/Paiter)



En Rondonia, Brasil se pudo visualizar la evolución de la tala excesiva de bosques:



Componentes de la Plataforma Google Earth Engine (GEE)



Con las herramientas de programación avanzada se pueden construir otras herramientas más específicas que posibilitarían el monitoreo de variables en el territorio.

Google tiene una capacidad de hardware impresionante. Una parte pequeña se puede visualizar en la siguiente imagen:



En programación avanzado hay mucha gente trabajando, donde desarrollan utilizando las herramientas de GEE, por ejemplo, mapa de alta resolución de bosques para todo el mundo, que muestra cómo ha cambiado en el tiempo esa cobertura de bosques. Y los resultados se pueden visualizar en imágenes, en muy poco tiempo. La siguiente publicación da cuenta de ello.

High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change

M. C. Hansen,^{1*} P. V. Potapov,¹ R. Moore,² M. Hancher,² S. A. Turubanova,¹ A. Tyukavina,¹ D. Thau,² S. V. Stehman,³ S. J. Goetz,⁴ T. R. Loveland,⁵ A. Kommareddy,⁶ A. Egorov,⁶ L. Chini,¹ C. O. Justice,¹ J. R. G. Townshend¹

Quantification of global forest change has been lacking despite the recognized importance of forest ecosystem services. In this study, Earth observation satellite data were used to map global forest loss (2.3 million square kilometers) and gain (0.8 million square kilometers) from 2000 to 2012 at a spatial resolution of 30 meters. The tropics were the only climate domain to exhibit a trend, with forest loss increasing by 2101 square kilometers per year. Brazil's well-documented reduction in deforestation was offset by increasing forest loss in Indonesia, Malaysia, Paraguay, Bolivia, Zambia, Angola, and elsewhere. Intensive forestry practiced within subtropical forests resulted in the highest rates of forest change globally. Boreal forest loss due largely to fire and forestry was second to that in the tropics in absolute and proportional terms. These results depict a globally consistent and locally relevant record of forest change.

Changes in forest cover affect the delivery of important ecosystem services, including biodiversity richness, climate regulation, carbon storage, and water supplies (1). However, spatially and temporally detailed information on

complete removal of tree cover canopy at the Landsat pixel scale. Forest gain was defined as the inverse of loss, or the establishment of tree canopy from a nonforest state. A total of 2.3 million km² of forest were lost due to disturbance over the study

dynamics in the Chaco woodlands of Argentina, Paraguay (Fig. 2A), and Bolivia. Eurasian rainforests (Fig. 2B) and dense tropical dry forests of Africa and Eurasia also had high rates of loss.

Recently reported reductions in Brazilian rainforest clearing over the past decade (5) were confirmed, as annual forest loss decreased on average 1318 km²/year. However, increased annual loss of Eurasian tropical rainforest (1392 km²/year), African tropical moist deciduous forest (536 km²/year), South American dry tropical forest (459 km²/year), and Eurasian tropical moist deciduous (221 km²/year) and dry (123 km²/year) forests more than offset the slowing of Brazilian deforestation. Of all countries globally, Brazil exhibited the largest decline in annual forest loss, with a high of over 40,000 km²/year in 2003 to 2004 and a low of under 20,000 km²/year in 2010 to 2011. Of all countries globally, Indonesia exhibited the largest increase in forest loss (1021 km²/year), with a low of under 10,000 km²/year from 2000 through 2003 and a high of over 20,000 km²/year in 2011 to 2012. The converging rates of forest disturbance of Indonesia and Brazil are shown in Fig. 3. Although the short-term

Acceso a datos

Se habla de acceso a datos nos referimos a la constelación de Landsat (4, 5, 7, 8), con resolución espacial relativamente alta (30 metros de tamaño de píxel), resolución temporal baja (revisita del satélite en varios días) y aproximadamente 6.000 TB de datos (6.000 computadores de capacidad media, normalmente usados en la actualidad). Serie MODIS que son dos satélites gemelos: Terra y Aqua.



GEE EXPLORER Y SOFTWARE HAE (HYDROLOGICAL ANOMALY ENGINE) DE NASA

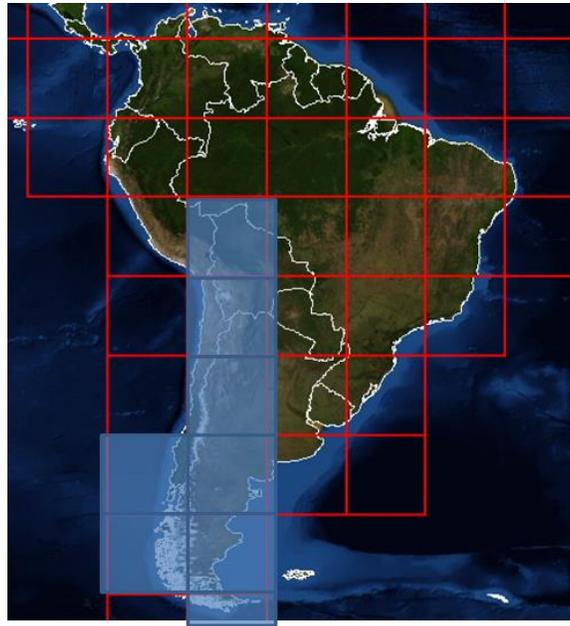
Sr. Marcel Fuentes Bustamante, Ingeniero Civil Agrícola MSc., profesional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) – Quilamapu, Región del Ñuble, resumen de la presentación realizada en el Taller "Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile", el 18 de diciembre en INIA – La Cruz, región de Valparaíso, Chile.

Esta presentación abarcó las siguientes temáticas: antecedentes; introducción a Google Earth Timelapse; introducción Google Earth Engine Explorer (EE Explorer); cómo encontrar datos en el Catálogo de datos de EE Explorer; agregar datos al espacio de trabajo de EE Explorer; explicación de las características de la interfaz EE Explorer; y cómo adaptar la visualización de datos en EE Explorer.

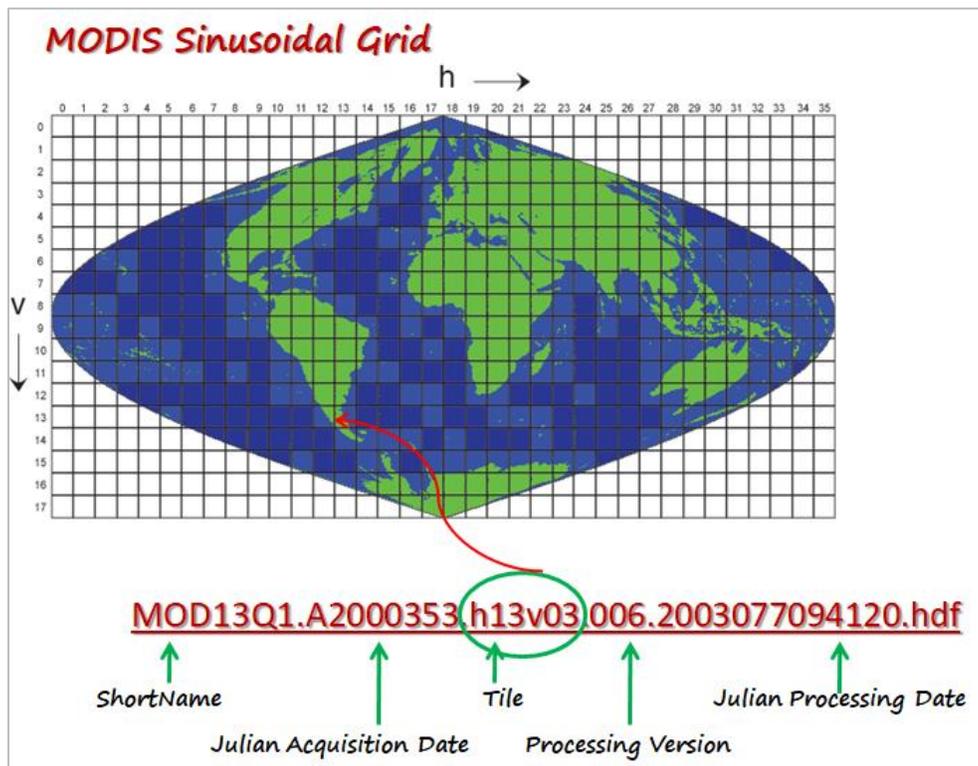
El objetivo fue presentar desarrollos de Google que permiten generar productos o hacer análisis sin la necesidad de saber programar.

Antecedentes

Unos de los sensores que más utiliza INIA en el monitoreo de la vegetación en Chile son los productos MODIS. Son más de 50 productos que están disponible, de los cuales, uno de los que más utilizan son los MOD13Q1 donde se encuentran los índices de vegetación. Luego se seleccionan aquellos de interés para Chile (ver figura siguiente), con ocho Tiles (8 imágenes MODIS) para Chile continental: H11v10, H11v11, H11v12, H12v12, H12v13, H13v13, H13v14, y H14v14.



Esto implica una descarga periódica de 8 imágenes, que puede ser laborioso. Se puede hacer desde Google Earth Explorer, sin embargo, se requiere bastante conociendo sobre nomenclatura de imágenes (ver figura siguiente).



Si se requiere trabajar con grandes volúmenes de datos, lo más recomendable es trabajar a través de códigos. Ver ejemplo en figura siguiente que muestra código en Python. Esto, con el fin de automatizar la descarga y el pre-procesamiento cuando trabajamos con un gran volumen de datos, y de esta manera generar productos.

Entre esos productos están los que se entregan a la Subsecretaría de Agricultura: indicadores como VCI, NDVI, etc.

A screenshot of a text editor window showing a Python script. The script includes imports for FTP, os, re, sys, fnmatch, and datetime. It starts with a system call to clear the screen. A function ClearScreen() prints 30 blank lines. A function ftp_login() prompts for an FTP location, attempts to connect to 152.61.4.83, and handles login failures. A function FTPDown(tile) is also partially visible.

```
1 from ftplib import FTP
2 import os, re, sys, fnmatch, datetime
3
4 os.system('cls')
5
6 -if not os.path.exists(".\\MOD13Q1.005_down\\"):
7     os.system('mkdir .\\MOD13Q1.005_down')
8
9 -def ClearScreen():
10 -     for i in range(30):
11         print ""
12
13 -def ftp_login():
14     print
15     #ftplocation=raw_input("Please Enter the FTP location: ")
16     ftplocation='152.61.4.83'
17     print "Connecting to "+ftplocation
18     try:
19         myftp=FTP(ftplocation)
20         global myftp
21     except:
22         print "Could not connect to "+ftplocation
23         raw_input("--Press any key to return to main menu--")
24         return
25     print
26     print "Connected to "+ftplocation
27     myftp.set_debuglevel(0)
28     username='anonymous'
29     password='ftp@'
30     print
31     try:
32         myftp.login(username,password)
33     except:
34         print "Login Failed: Username or Password is incorrect"
35         myftp.close()
36         raw_input("--Press any key to return to main menu--")
37         return
38     print "Username and Password successfully verified"
39
40 -def FTPDown(tile):
41     try:
```

Actualmente, Google pone a nuestra disposición, prácticamente a un click, mucha información importante. Pero, que también requiere algún proceso en caso de requerir productos más específicos o con mayor detalle.

Google Earth Timelapse

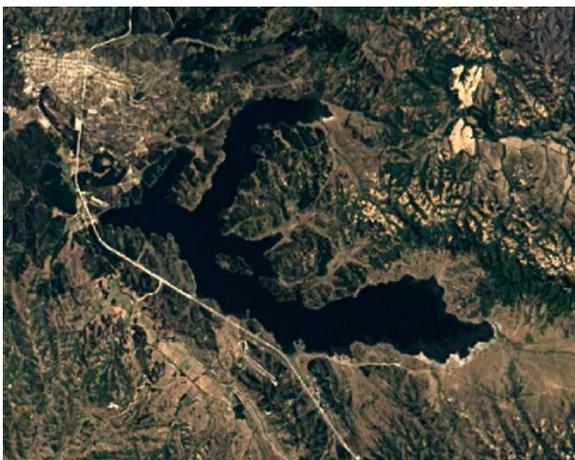
Es una interfaz gráfica para el usuario. Es una forma fácil y amigable para la exploración de los últimos 35 años de todo el planeta, básicamente la información corresponde a videos.

Disponible en: <https://earthengine.google.com/timelapse/>

La información está disponible para todo el mundo. A modo de ejemplo, se puede ver el caso del Lago Peñuelas en la región de Valparaíso, Chile². En Google Earth Timelapse se observa el mapa y una serie de tiempo. Así, se puede ver la evolución de cómo se ha ido secando este lago (ver figura siguiente para los años 1984 y 2018).

² Link a ejemplo: <https://earthengine.google.com/timelapse/#v=-33.15623,-71.53873,11.65,latLng&t=3.43&ps=50&bt=19840101&et=20181231&startDwell=0&endDwell=0>

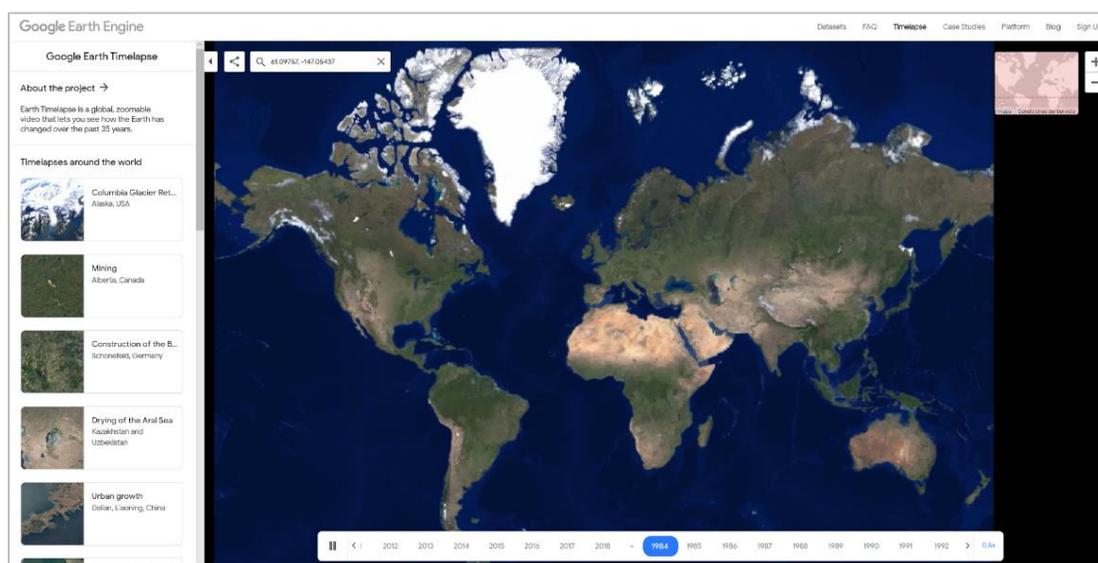
Lago Peñuelas – año 1984



Lago Peñuelas – año 2018



Esta herramienta permite ver rápidamente cambios en el territorio en el tiempo. Para ello, basta con ingresar al portal Web <https://earthengine.google.com/timelapse/> y buscar con palabras o coordenadas el lugar de interés.



Revisando otro ejemplo: Laguna de Aculeo, Paine, Región Metropolitana de Chile, se observa el marcado descenso del agua en ella (ver figura siguiente para los años 1984 y 2018).

Laguna de Aculeo– año 1984



Laguna de Aculeo – año 2018

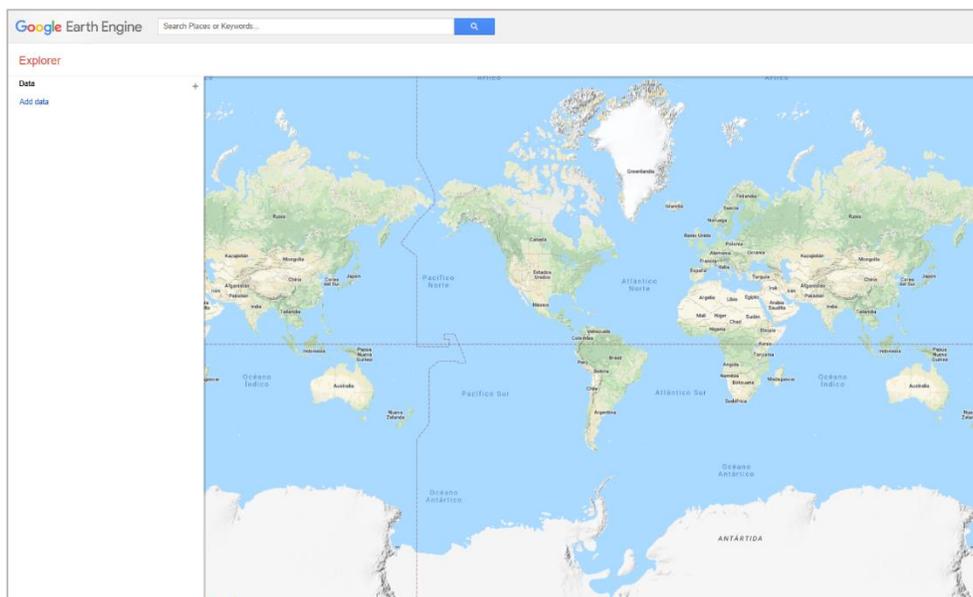


Google Earth Timelapse es una herramienta muy sencilla de utilizar para el usuario, sin embargo, detrás de ella hay muchas imágenes, mucho procesamiento y programación.

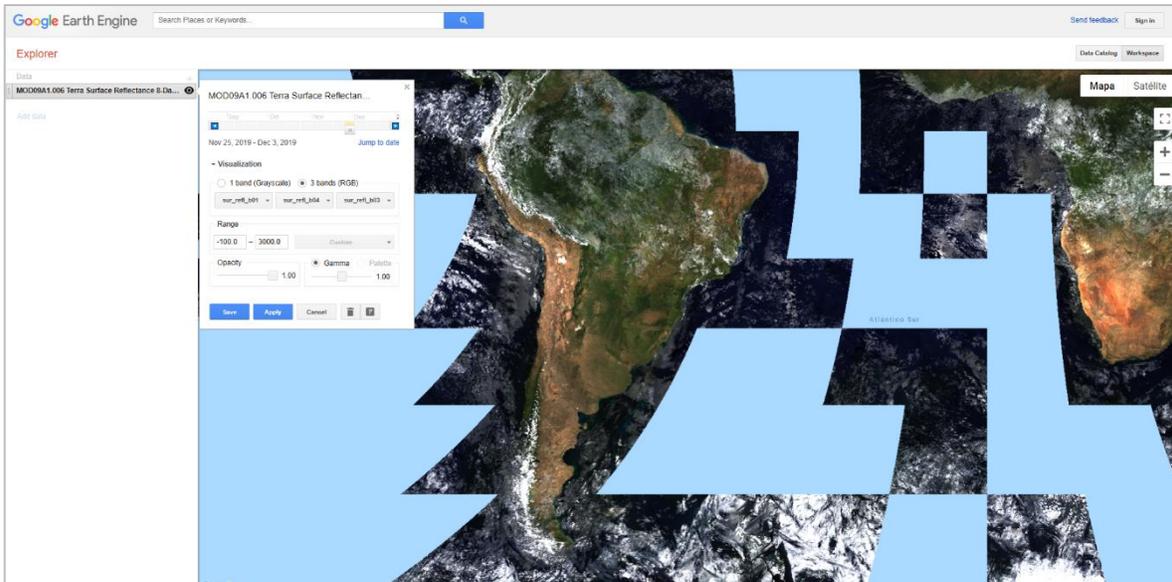
Google Earth Engine Explorer

Es un visor de imagen satelitales que permite acceso a un gran conjunto de datos globales y regionales disponibles en el Catálogo de datos de Earth Engine. Permite la visualización rápida de datos con la capacidad de hacer zoom y desplazarse en cualquier lugar de la Tierra, ajustar la configuración de visualización de capas para inspeccionar los cambios a lo largo del tiempo. Herramienta que ha sido diseñada para no programadores.

Se puede acceder en <https://explorer.earthengine.google.com/#workspace> (ver figura siguiente). Al ingresar se tiene el espacio de trabajo (workspace), se puede acceder al catálogo de datos y se pueden ir agregando capas de información (Add data), similar a cualquier Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS).



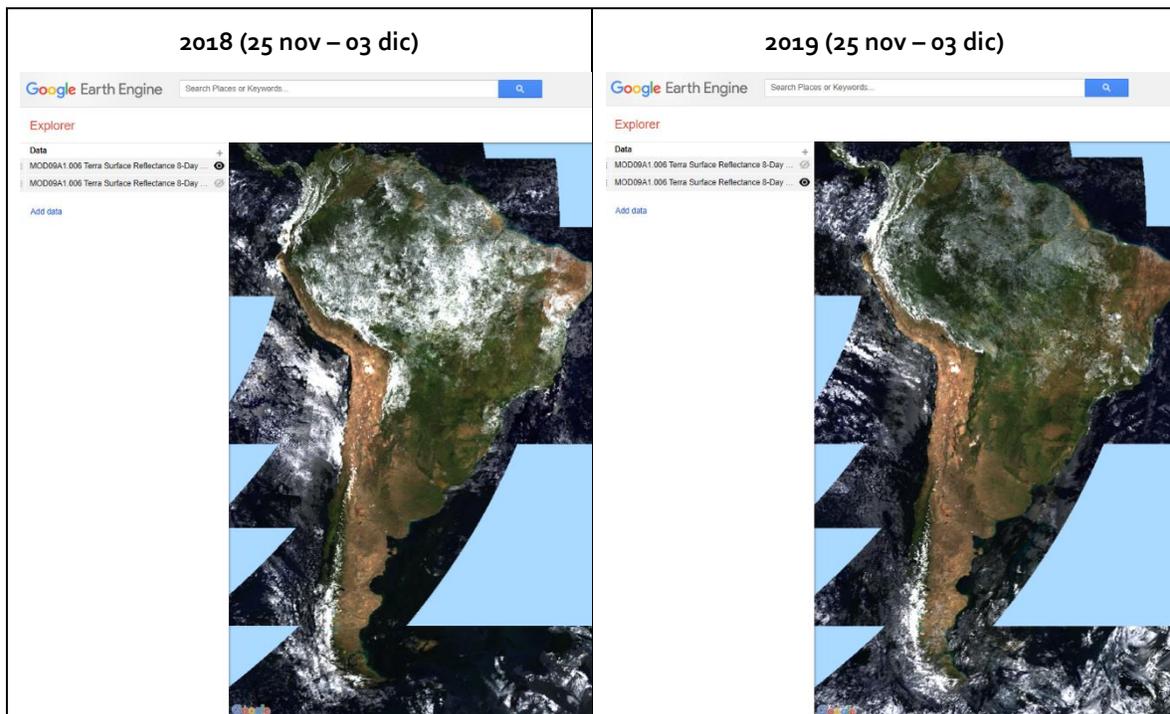
Se puede agregar muy fácilmente una capa (en Add data), como MOD09A1.006 Terra Surface Reflectance 8-Day Global 500m y visualizar rápidamente en el espacio de trabajo (ver figura siguiente), así también, hacer zoom a una zona de interés (por ejemplo, Chile).



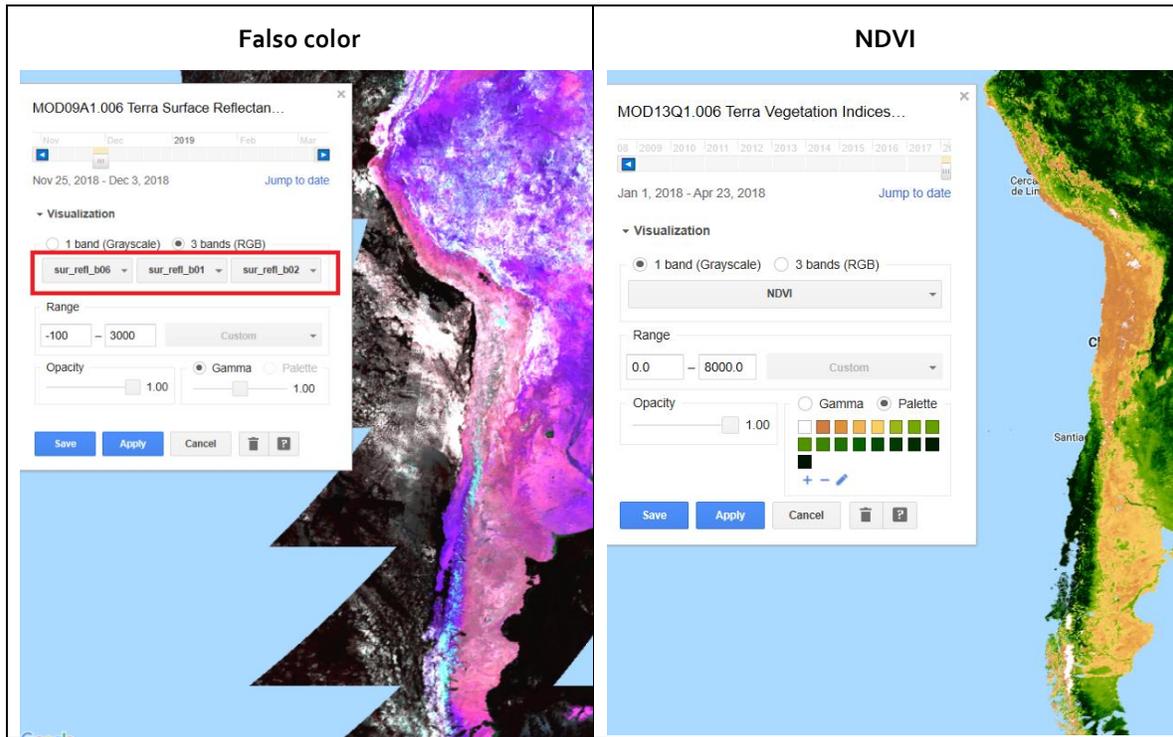
La información completa de esta capa se puede consultar en:

<https://explorer.earthengine.google.com/#detail/MODIS%2F006%2FMOD09A1>

Permite hacer comparaciones de imágenes entre fechas. Así también, se pueden visualizar más capas en el espacio de trabajo. Comparando la misma capa para dos fechas, por ejemplo, capa MOD09A1.006 Terra Surface Reflectance 8-Day Global 500m se puede observar los siguiente:



También, se puede cambiar colores (falso color) para el mismo indicador. También, cargar NDVI (ver imagen siguiente).



También, se pueden personalizar colores. Todo esto sin necesidad de descargar las imágenes para su análisis, haciendo todos los procesos en este espacio de trabajo.

Es decir, estas dos herramientas pueden ser usadas fácilmente por el usuario; son de libre disposición y no se requiere conocimientos previos de programación.

NASA DEVELOP CHILE WATER RESOURCES – RESULTADOS Y SOFTWARE HAE

Sr. Cristóbal Campos Muñoz, Ingeniero Civil Agrícola, profesional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) – Quilamapu, Región del Ñuble, resumen de la presentación realizada en el Taller "Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile", el 18 de diciembre en INIA – La Cruz, región de Valparaíso, Chile.

Durante la primavera y verano del hemisferio norte del 2017 se desarrolló el proyecto con NASA Develop. INIA participó activamente en las reuniones del proyecto, convocadas por la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) y los profesionales tuvieron la oportunidad de ir analizando y revisando los productos de esta colaboración, junto a las otras instituciones convocadas.

Introducción

NASA Develop inició sus acciones en 1998, básicamente es un equipo de estudiantes en práctica, asociados con científicos/expertos de la NASA, apoyados por Partners de los países del mundo. Y, en conjunto se apoyan para desarrollar aplicaciones con los productos de la NASA en bien de la sociedad.

Al 2014 llevaban 3.000 participantes del Programa NASA Develop, siguió creciendo, alcanzando 4.000 el 2016, cumpliendo el 2018 su vigésimo aniversario con 4.600 participantes en 900 proyectos, transformándose en una iniciativa muy potente del uso de las observaciones de la tierra.

Lo que dio la partida a lo que posteriormente se realizó en Chile fue NASA Develop – DSAT. Se trató de un proyecto llevado a cabo el 2015 para la Nación Navajo que es una zona de Estados Unidos, normalmente azotada por la sequía. El objetivo era elaborar una herramienta para poder evaluar la sequía. Se desarrolló en coordinación con NASA Develop y la Oficina Agrícola de la Embajada de Chile en Estados Unidos, con el fin de desarrollar monitoreo de la sequía meteorológica.

Esta iniciativa se presentó al equipo de SEGRA, liderado por el Sr. Antonio Yaksic, y se constató que el Ministerio de Agricultura ya contaba con una herramienta para el Monitoreo de la Sequía: el Observatorio Agroclimático que incluía la sequía meteorológica, hidrológica e índices vegetacionales para estimar la sequía agrícola, más un índice combinado de estimación de sequía.

En este contexto, se vio la oportunidad de trabajar con NASA Develop, pero, ajustando la propuesta (los productos) a los requerimientos para Chile. De allí surge el proyecto Chile Water Resources en su Etapa I, posteriormente Etapa II, que combinó el trabajo de NASA con la agricultura.

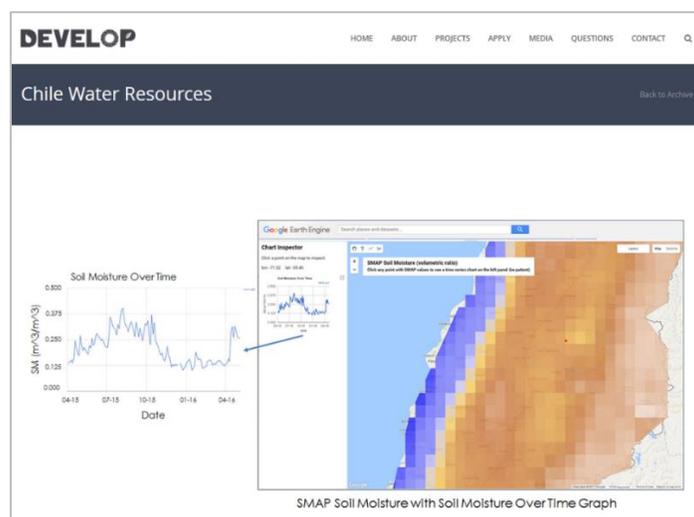
Se debe tener presente que el trabajo con NASA Develop se desarrolló al momento en que el Ministerio de Agricultura tenía un Sistema de Monitoreo de la Sequía, desarrollado por la Sección (SEGRA) y sus socios, bastante robusto. Sin embargo, faltaba indicadores para el monitoreo de la humedad del suelo y para monitoreo de la nieve y cobertura de nieve, aspectos abordados en la Etapa I.

Resultados de la cooperación con NASA Develop – Etapa I

Entre sus productos, NASA Develop desarrolló un video en inglés que resume la Etapa I de este proyecto. A continuación, se presentan sus contenidos.

Esta información está basada en video de los científicos/profesionales del Programa NASA Develop Garrett McGurk (Project Lead), Mariana Webb, y Billy Babis, que participaron en la Etapa I del proyecto Chile Water Resources. Traducción al español realizada por el Sr. Cristóbal Campos Muñoz.

Link al proyecto – Etapa I: <https://develop.larc.nasa.gov/2017/spring/ChileWater.html>



Para el proyecto con NASA Develop, en su primera etapa, un equipo de del centro de investigación AMES de la NASA se asoció con el Ministerio de Agricultura de Chile para mejorar las capacidades de monitoreo de las sequías.

Actualmente, el Ministerio de Agricultura utiliza el Climate Data Library, un repositorio de datos y un visualizador en línea para informar a los agricultores y otros involucrados sobre las mejores prácticas de riego. Si bien parte de esta información se deriva de la teledetección, el MINAGRI busca mejorar el conjunto de datos incorporando observaciones de la tierra de NASA en su proceso de toma de decisiones.

Para abordar la necesidad de una Plataforma de Monitoreo de Sequía más sólida, el equipo optó por incorporar los productos de NASA: humedad del suelo, cobertura de nieve y nieve equivalente en agua, usando Google Earth Engine (GEE).

El objetivo final de este proyecto era proporcionar un estudio de caso, para evaluar la efectividad de utilizar GEE para apoyar el monitoreo de la sequía en Chile y la toma de decisiones.

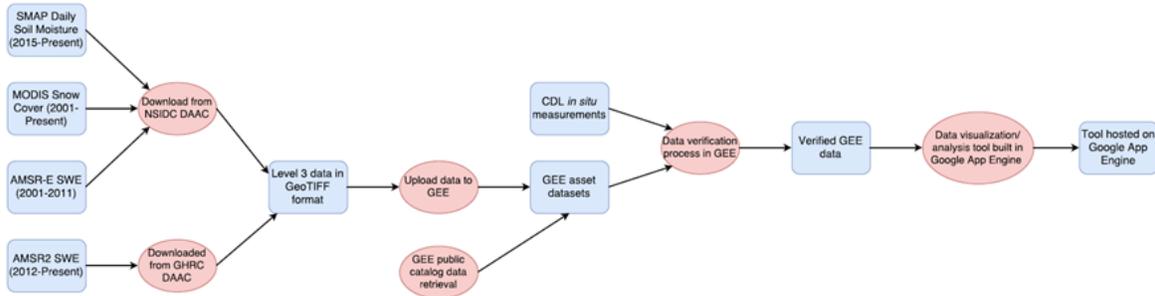
Para demostrar las capacidades de GEE, el equipo desarrolló el software Hydrological Anomaly Engine (HAE) (ver figura siguiente) una herramienta integrada en GEE que incorpora humedad del suelo SMAP, cobertura de nieve MODIS/Terra y estimaciones de nieve equivalente en agua (AMSR-E/Aqua y AMSR2/GCOM-W1).

Tal como se señaló previamente, el objetivo de la Etapa I, denominada "Integrating NASA Earth Observations into the Google Earth Engine Platform to Enhance Drought Monitoring in Chile" fue incorporar las observaciones de la tierra de NASA, como humedad de suelo, cubierta de nieve y nieve equivalente en agua al monitoreo de sequía chileno para la toma de decisiones, utilizando la plataforma Google Earth Engine.

Hasta ese momento se contaba con monitoreo de caudales y monitoreo de pozos en la parte hidrológica, sumado al monitoreo meteorológico. Pero, faltaba humedad de suelo, cobertura de nieve más nieve equivalente en agua. Se hizo propuesta de indicadores, de actividades y se realizó reuniones con NASA, vía teleconferencia, donde se discutían los avances entre los profesionales participantes y se aportaban datos necesarios de Chile para que NASA desarrollará el trabajo. Para comprender mejor el trabajo en conjunto y lo que estaba desarrollando NASA, se realizó un Taller para capacitar sobre GEE a los profesionales de la mesa de trabajo coordinada por la Sección. El experto Cristobal Campos de INIA fue el relator de esa actividad.

La metodología o el algoritmo desarrollado por NASA Develop para llegar al software HAE (Hydrological Anomaly Index) para Chile fue el siguiente:

Key:



La herramienta creada proporciona al MINAGRI una nueva forma de observar los datos hidrológicos que pueden usarse para ayudar en la difusión de información sobre la sequía. Además, la API de GEE es una Plataforma colaborativa basada en la nube, que permite al MINAGRI manipular la herramienta según sea necesario para satisfacer mejor las necesidades de las partes interesadas (<https://software.nasa.gov/software/LAR-19151-1>).

NASA TECHNOLOGY TRANSFER PROGRAM
BRINGING NASA TECHNOLOGY DOWN TO EARTH

NASA SOFTWARE

Hydrological Anomaly Engine (HAE)

Using the cloud based computing power of Google Earth Engine (GEE), the Hydrologic Anomaly Index (HAE) is capable of uploading and analyzing large amounts of Earth observation climate data for the purpose of hydrologic analysis and monitoring. The end-user will be able to pull from and modify a library of scripts that are stored in Earth Engine, as well as upload and access data stored on a private data catalog. The final stage of development of the tool will include a more user-friendly application built using Google's App Engine, in which users will be able to display data products and interactive maps.

[Download Now!](#)

Software Details

Reference Number	LAR-19151-1
Category	Data and Image Processing
Release Type	Open Source
Operating System	

Contact Us About This Software

Langley Research Center
larc-sraa@mail.nasa.gov

Al ingresar a los softwares de la NASA, se puede acceder en el GitHub al código de HAE desarrollado para Chile. Allí están disponibles los códigos a todo público, para cada una de las funciones que desarrolló NASA Develop para el proyecto Chile Water Resources – Etapa I).

The screenshot shows the GitHub repository page for 'NASA-DEVELOP / HAE'. At the top, there are navigation links for 'Why GitHub?', 'Enterprise', 'Explore', 'Marketplace', and 'Pricing', along with a search bar and 'Sign in'/'Sign up' buttons. The repository name is 'NASA-DEVELOP / HAE' with 5 watches, 2 stars, and 2 forks. Below the repository name are tabs for 'Code', 'Issues (0)', 'Pull requests (0)', 'Projects (0)', 'Security', and 'Insights'. A 'Join GitHub today' banner is present, followed by a description of the Hydrologic Anomaly Index (HAE) and its capabilities. Below the banner, there are statistics: 7 commits, 1 branch, 0 packages, 0 releases, and 1 contributor. A 'Find file' button and a 'Clone or download' button are also visible. The file browser shows three files: 'HAE' (Add files via upload, 2 years ago), 'License' (Create License, 2 years ago), and 'README.md' (Initial commit, 2 years ago). The README content is displayed below, starting with the title 'HAE' and a description of the tool's capabilities.

Se pueden consultar 3 carpetas:

- DevelopDevilerables (contribuyen al desarrollo del producto)
 - ✓ MODIS Snow Cover Change Algorithm
 - ✓ MODIS_websitelImage
 - ✓ MODIS_websitelImage (copy)
 - ✓ exportLandsatVid.js
- Loading Data (forma de carga de datos a GEE, como sensores pasivos de humedad)
 - ✓ addMetaData.js
 - ✓ uploadtoGEE_PYTHON.py

- Visualize Data (visualización de productos terminados)
 - ✓ AMSRe_errorVals
 - ✓ HydrologicalAnomalyIndex
 - ✓ MODIS_viz.js
 - ✓ SMAPviz
 - ✓ visualizeSWE

El producto de nieve equivalente en agua (AMSRe SWE, datos de error), dio resultados no acordes con la realidad local para regiones de Chile. En color negro se marcó zonas donde fuera imposible que hubiera nieve como la zona costera. Corresponde a una máscara con todas aquellas zonas que se descartaron para este indicador.

Otro producto, Hidrological Anomaly Index (HAI) o HAE, también desarrollado en la etapa 1 de la colaboración con NASA Develop, se puede visualizar (con categorías débil, moderada y alta); y puede ser un buen aporte a la forma de monitorear sequía en Chile (producto no disponible actualmente en el Observatorio Agroclimático).

La definición de este índice está dada por la siguiente ecuación:

$$HAE = [ND(SWE)I] \oplus [ND(SC)I]$$

Donde,

SWE: Equivalente en agua de la nieve.

SC: Cobertura de nieve.

Corresponde a la discretización de un índice de diferencia normalizada de nieve equivalente en agua y de cobertura de nieve, como fracción, como lo entrega MODIS. Para cada píxel MODIS da un valor para cobertura de nieve entre 0 y 100% de nieve (para cada fecha), y para conocer la nieve equivalente en agua se generó este índice HAE.

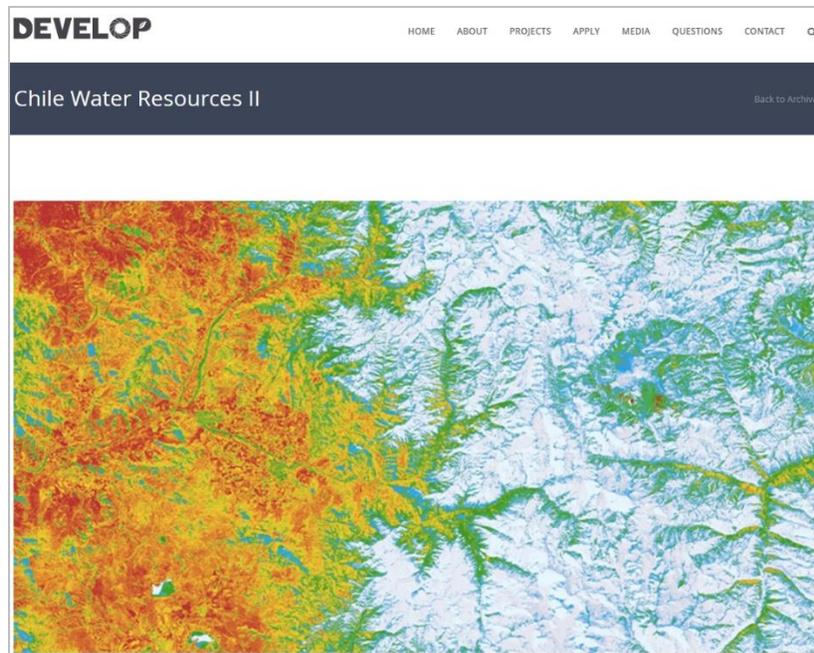
Se debe tener presente que NASA Develop es un ejercicio académico, desarrollado en un tiempo de cerca de un semestre (con muy pocos recursos), con apoyo de científicos de la NASA, como una prueba de concepto; es decir, se mostró que se puede ocupar GEE para construir índices hidrológicos para Chile y que contribuyeran a la información ya disponible en el Observatorio Agroclimático. Los resultados sin duda pueden ser mejorados según la experiencia de los expertos chilenos.

Resultados de la cooperación con NASA Develop – Etapa II

En este caso de la Etapa II del Proyecto titulado “Remote Monitoring of Glacier Dynamics and Hydrologic Indicators in Chile's Aconcagua River Valley”, los resultados (códigos) no están disponible en el GitHub de NASA. Sin embargo, el equipo de NASA Develop presentó los resultados. Los contenidos del video en inglés desarrollado por NASA Develop – Etapa II, se resumen a continuación.

Esta información está basada en el video de los científicos/profesionales del Programa NASA Develop Mariana Webb (Project Lead), Billy Babis y Stuart Deland, que participaron en la Etapa II del proyecto Chile Water Resources. Traducción al español realizada por el Sr. Cristobal Campos de INIA – Quilamapu.

Link al proyecto – Etapa II: <https://develop.larc.nasa.gov/2017/summer/ChileWaterII.html>



La cuenca de Aconcagua, ubicada al norte de la capital de Chile, Santiago, es una región árida dominada por los Andes y muy dependiente de los glaciares, para el agua de deshielo estacional. El clima mediterráneo del Aconcagua sustenta las prácticas agrícolas, que representan el 70% del consumo de agua de la región.

En todo el mundo, la intensificación del clima amenaza la estabilidad y longevidad de los recursos de agua glacial. La cuenca del Aconcagua es especialmente vulnerable a estos cambios. Como resultado de su gran población, el aumento de la demanda de agua y la dependencia del agua de deshielo durante los meses de verano. Debido a la creciente presión sobre los recursos hídricos el MINAGRI se interesó en aumentar sus herramientas para la toma de decisiones en estas materias, utilizando observaciones de la tierra de NASA.

El equipo de NASA del proyecto Chile Water Resources, en su etapa II, con sede en el Centro de Investigación AMES de la NASA en Mountain View, California, se asoció con el Ministerio de Agricultura de Chile, para integrar las observaciones de la tierra de NASA en herramientas avanzadas de análisis geoespacial y modelos predictivos para producir una comprensión más completa de la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca de Aconcagua.

Actualmente, todos los datos de monitoreo de sequía disponibles públicamente en Chile están alojados en el Climate Data Library (CDL, repositorio del Observatorio Agroclimático), e incluye información como el índice combinado de sequía y el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE). Usando información derivada del CDL, el MINAGRI informa a agricultores y partes interesadas en las mejores prácticas de riego para sus regiones geográficas específicas. Aunque parte de esta información se deriva de imágenes satelitales, el MINAGRI busca mejorar la cobertura espacial y temporal de sus conjuntos de datos incorporando la extensión de glaciares, la humedad del suelo, la cobertura de nieve, y nieve equivalente en agua tomada de los satélites de NASA.

Primer, el equipo de NASA Ames creó un repositorio en GEE para el proyecto que permite al MINAGRI realizar análisis temporales en tiempo casi-real usando imágenes Landsat de glaciares y datos hidrológicos.

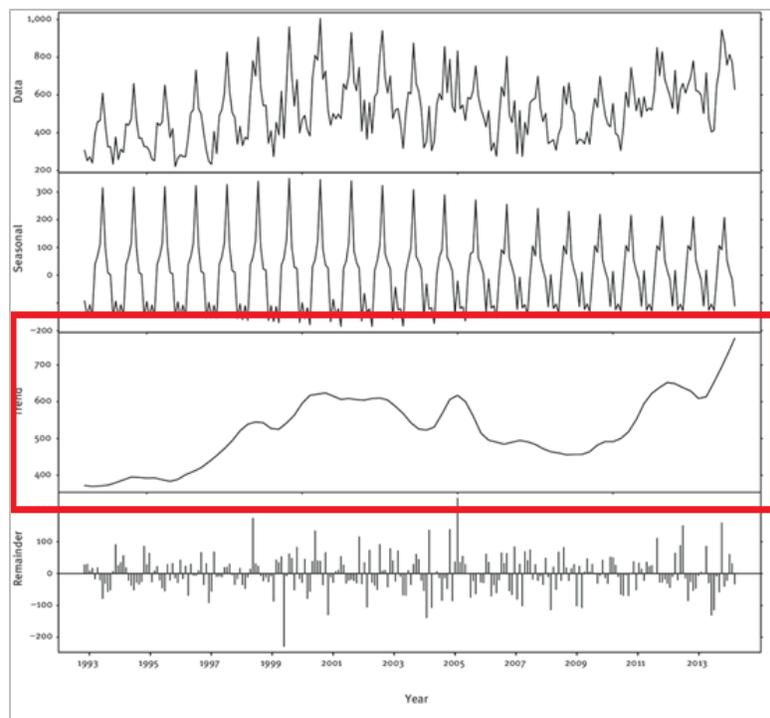
Además, el equipo realizó un análisis de tendencias de series de tiempo de extensión glaciaria desde 1988 hasta 2017 con imágenes Landsat 5 y 8 para cuantificar la dinámica del glaciar y predecir la edad de las reservas de agua glaciaria.

Estas herramientas permiten una mejor comprensión del uso de las aguas provenientes de glaciares y pueden utilizarse para complementar procesos actuales en la toma de decisiones respecto de asignación de recursos hídricos.

El objetivo final de NASA Develop es capacitar para llevar a cabo estos análisis más allá del término de la cooperación con SEGRA-MINAGRI y sus instituciones socias.

Uno de los productos desarrollados en la Etapa II de este proyecto fue un Análisis de Tendencias NDSI (índice de tendencia normalizada de nieve), que indica qué zonas tendrán mayor propensión a una cobertura de nieve, dependiendo de cierto umbral. La evolución de esa tendencia se puede hacer con TerrSet (Earth Trends Modeler) o también con GEE. Se realizó por ambas vías para evaluar cuál camino sería el mejor.

El análisis de tendencia nos permite ver en el tiempo si una variable va aumentando o disminuyendo, independiente de las variaciones/oscilaciones al interior de un periodo analizado. Ver recuadro rojo en la siguiente figura.



El uso de TerrSet³ requiere grupos de archivos ráster para el análisis estacional/anual.

3 Más información sobre TerrSet en: https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/03/TerrSet18-2_Brochure_WEB.pdf

Revisando críticamente los resultados de la Etapa II, surge la pregunta ¿es posible en Chile desarrollar softwares para análisis hidrológico usando las herramientas propuestas por NASA? La respuesta es sí. Sin embargo, los resultados (mirando sus detalles) no se ajustan completamente a la realidad local en varias zonas de Chile (en valores y formas en el territorio), aspectos que se deberá evaluar e ir ajustando con la observación de terreno y la mirada de especialistas. Por ejemplo, un aspecto que llama la atención es que los resultados muestren nieve en zonas que no hay, como el secano del área estudiada.

Los resultados de esta Etapa se pueden revisar en un poster preparado por NASA Develop en el link: https://develop.larc.nasa.gov/2017/summer/posters/2017Sum_ARC_ChileWaterII_HQ.Poster.pdf



Es importante destacar que Chile cuenta con los especialistas para analizar críticamente estos resultados y para desarrollar otros productos necesarios para el monitoreo de una sequía, utilizando las herramientas propuesta por NASA. Por ejemplo, usar Google Earth Timelapse para ver el movimiento de los glaciares, que no requiere conocimiento especializado. En el caso de GEE que requiere mayor conocimiento, en Chile se cuenta con las competencias necesarias para su uso y desarrollo de indicadores. Nicole Schaffer, investigadora post doctoral de CEAZA es un ejemplo de especialistas que pudieran hacer un aporte a la modelación de glaciares.

Las presentaciones de este encuentro están disponibles en formato ppt y/o pdf, y sus contenidos fueron resumidos en este documento. Pueden ser descargadas en el link: <https://drive.google.com/open?id=1gyEppL04W22c-YqfgfkYJYyiSelruSAb> (carpeta compartida de Google drive) o también ser solicitadas, a Liliana Villanueva Nilo al e-mail: liliana.villanueva@minagri.gob.cl, así como algún otro material relacionado con este encuentro.

PARTICIPANTES DEL TALLER

Los participantes del Taller "Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile", realizado el 18 de diciembre de 2019, en INIA – La Cruz, son los siguientes:

Nombre	Institución
Liliana Villanueva Nilo	Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) - MINAGRI
Beatriz Ormazabal	Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) - MINAGRI
Antonio Sánchez	Universidad de Maryland
Alyssa Whitcraft	Universidad de Maryland
Cristóbal Campos	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Marcel Fuentes	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Alejandra Guzmán	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Alejandro Morán	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Eliana San Martín	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Jaime Salvo	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Jorge Vega	Agroseguros
Tomás Díaz	Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
Fernando Carvajal	Comisión Nacional de Riego (CNR)
Maria Jesús Llanbias V.	Comisión Nacional de Riego (CNR)
Patricio Espinoza	Comisión Nacional de Riego (CNR)
Gaston Valenzuela	Comisión Nacional de Riego (CNR)
Natalia Valenzuela	Comisión Nacional de Riego (CNR)
Diego O Campo Melgar	CSIRO - Chile
Rafael Reyes	Departamento de Gestión Institucional - MINAGRI
Angel Berrios	Dirección General de Aguas (DGA)
Marcela Oyarzo	Dirección General de Aguas (DGA)
Diego Campos Díaz	Dirección Meteorológica de Chile (DMC)

Nombre	Institución
Rodrigo Padilla	Dirección Meteorológica de Chile (DMC)
Consuelo Gonzalez	Dirección Meteorológica de Chile (DMC)
Sara Alvear	Dirección Meteorológica de Chile (DMC)
Sergio Maldonado	FSA
Leonel Fernandez	Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF)
Roberto Castro	IICA
Francisco Parada	Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
Victor Medina	Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
Tomás Solar	MIDESO
Julio Galleguillos	Secretaría Regional Ministerial de Agricultura - Región de Valparaíso
Nelson Bustamante	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
Hugo Araya	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

TUTORIALES GOOGLE EARTH ENGINE GEE

En el marco de la colaboración realizada entre el Ministerio de Agricultura y el Programa NASA Develop, se desarrolló videos tutoriales para fortalecer las capacidades de los profesionales chilenos en el uso de la Plataforma Google Earth Engine GEE y sus aplicaciones. A continuación, se presenta de forma resumida el contenido de estos tutoriales a modo de guía.

Esta serie de tutoriales específicamente resume el proyecto desarrollado con NASA Develop (2017) y los pasos necesarios para configurar Google Earth Engine y obtener acceso a sus herramientas; en qué consiste Google Earth Engine; cómo usar las herramientas que se hayan creado; cómo subir datos a esta plataforma y cómo entender el código que sustentan las herramientas creadas.

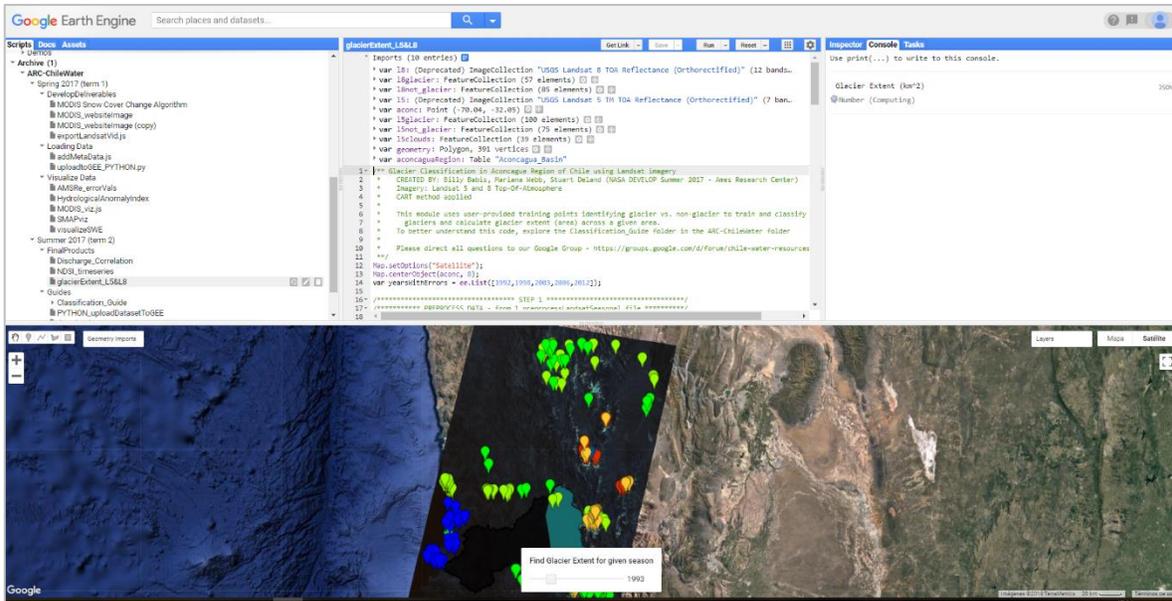
INTRODUCCIÓN Y CONFIGURACIÓN

NASA Develop es un programa de capacitación para estudiantes y jóvenes profesionales en el uso de Observaciones Terrestres de NASA en proyectos de investigación de ciencias terrestres aplicadas. Cada equipo trabaja con colaboradores locales para construir las soluciones más útiles a los problemas que ellos enfrentan. Cada fase del Programa NASA Develop consta de un proyecto de 10 semanas. El proyecto de recursos hídricos de Chile (2017) se condujo en el Centro de Investigación AMES⁴ en California y requirió de dos fases (1era fase en primavera y 2da fase en verano). La meta principal de la primera fase era integrar la plataforma de análisis geoespacial de Google Earth Engine a los procesos de toma de decisiones del Ministerio de Agricultura de Chile, en lo que respecta a sus recursos hídricos. La segunda fase se concentró en mejorar la herramienta ya creada y estudiar el impacto de los recursos hídricos y presencia y ausencia de glaciares en la región de Aconcagua.

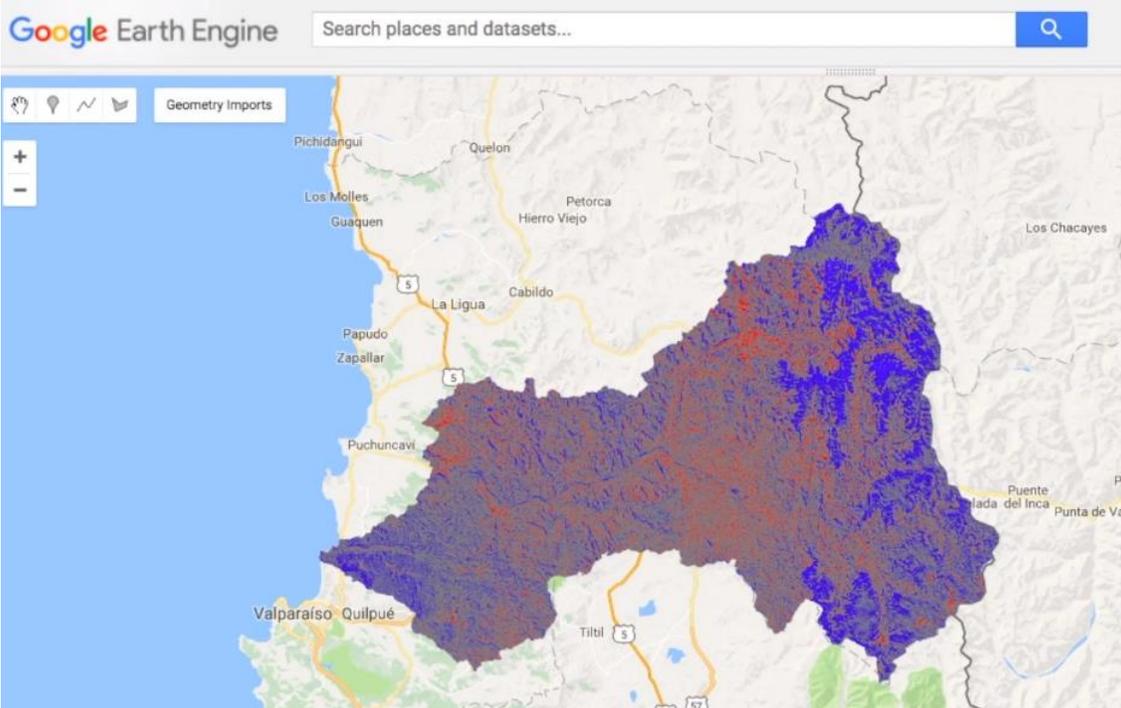
Chile presenta una importante área de estudio debido a su interesante dinámica hidrológica. Chile recientemente ha sufrido por una sequía de casi una década, parcialmente debido al cambio climático e intensificación en el tiempo. Adicionalmente, el aumento poblacional y la industria de la agricultura requiere un mayor consumo de agua. La temperatura y las tasas de precipitación a lo largo del país también varían dramáticamente, desde el desierto de Atacama en el norte hasta la región húmeda glacial del sur. Para poder proveer observaciones concretas usando las herramientas creadas, el equipo de AMES se concentró en la cuenca del Aconcagua (región de Valparaíso) para estudiar la variación en las condiciones glaciares y los recursos hídricos. Al final de las dos fases el equipo de AMES creó algunas características útiles en Google Earth Engine para los colaboradores chilenos. Primero se creó una carpeta compartida o repositorio, en Google Earth Engine, donde el equipo pudo compartir todos los archivos de análisis geoespacial que se crearon. Los tres archivos principales creados son:

El primer archivo corresponde a la clasificación de la extensión de glaciares donde el usuario puede seleccionar un año específico en el cursor al final de la página y el archivo clasificará los píxeles que contienen hielo e imprime el área total en la consola. Ver imagen siguiente.

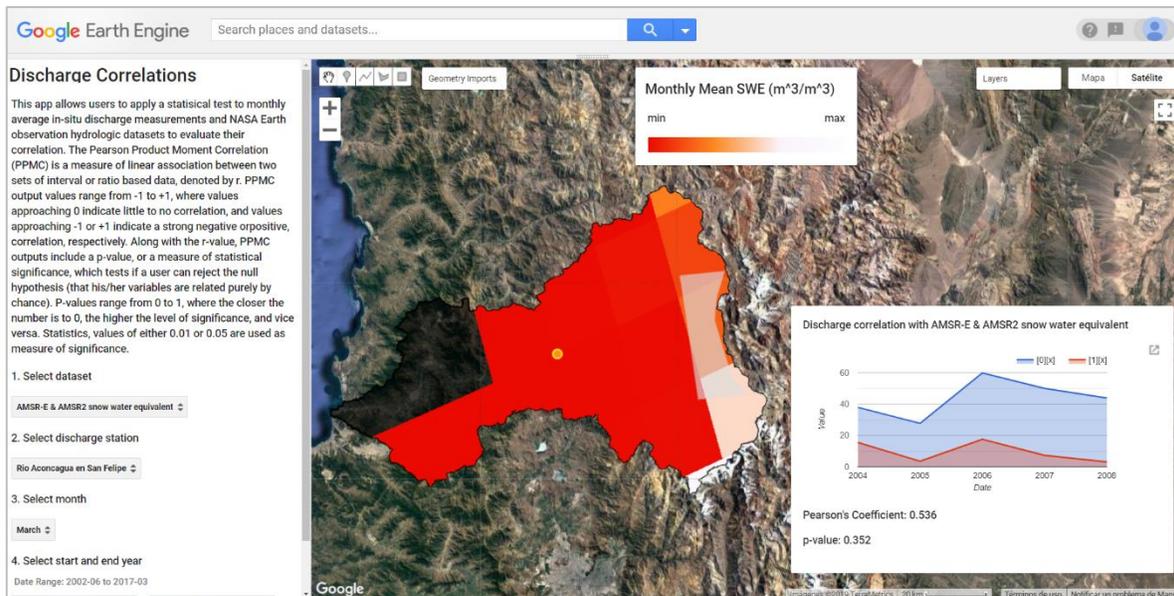
⁴ Centro de Investigación fundado el año 1939 y nombrado así por el físico Joseph Sweetman Ames (1864-1943), recordado como uno de los miembros fundadores del Comité Asesor Nacional de Aeronáutica y su larga trayectoria en él.



El segundo archivo es nuestra serie de tiempo de NDSI (Normalized Difference Snow Index) conteniendo una estadística de Tau Kendall de 20 años calculada basada en las imágenes de LANDSAT para la región para encontrar áreas que muestran cambios significativos. Ver figura siguiente.



El tercer archivo permite al usuario seleccionar un set de datos satelitales y fechas para analizar y generar una correlación entre dicho parámetro y la descarga de agua corriente abajo durante las fechas seleccionadas. Ver figura siguiente.



En adición a estos scripts, el equipo creó una carpeta de archivos compartidos en GEE para dar acceso a todos los sets de datos no disponibles en el catálogo de datos públicos del GEE. Con ello, pudieron tener acceso todos los miembros del proyecto.

Para poder usar estas herramientas en GEE se debe seguir los siguientes pasos: primero se debe crear una cuenta; este proceso usualmente toma 24 horas antes que puedan comenzar a usar GEE. Luego se puede ingresar al editor de códigos en <https://code.earthengine.google.com> y tener acceso al repositorio de scripts. Se pueden añadir usuarios nuevos al repositorio creado.

En el marco de este proyecto también se creó un grupo para compartir opiniones o hacer consultas en el marco del proyecto, en sus dos fases: "Chile water resources" en <https://groups.google.com/d/forum/chile-water-resources>

TRASFONDO DE GOOGLE EARTH ENGINE

El equipo en Google provee recursos útiles acerca de cómo aprender a manejar esta herramienta. Esa información está disponible en <https://developers.google.com/earth-engine>

¿Por qué usar GEE?

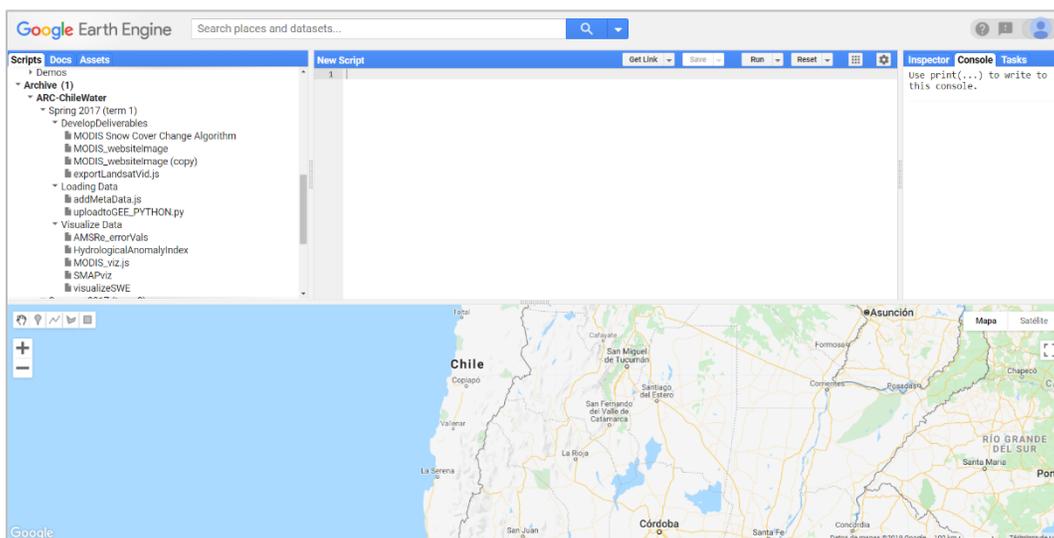
La figura siguiente resume las principales características que hacen atractivo trabajar con esta herramienta de análisis o plataforma digital: Google Earth Engine (GEE).



Después de familiarizarse y explorar la plataforma de Google Earth Engine, se constata que es una herramienta poderosa de análisis. Cuenta con un catálogo de datos públicos que mejora drásticamente la facilidad y la velocidad del análisis geoespacial. En lugar de realizar una extensa descarga de lotes y preprocesamiento de datos geoespaciales es fácil importar estos conjuntos de datos en el código para analizarlos y visualizarlos.

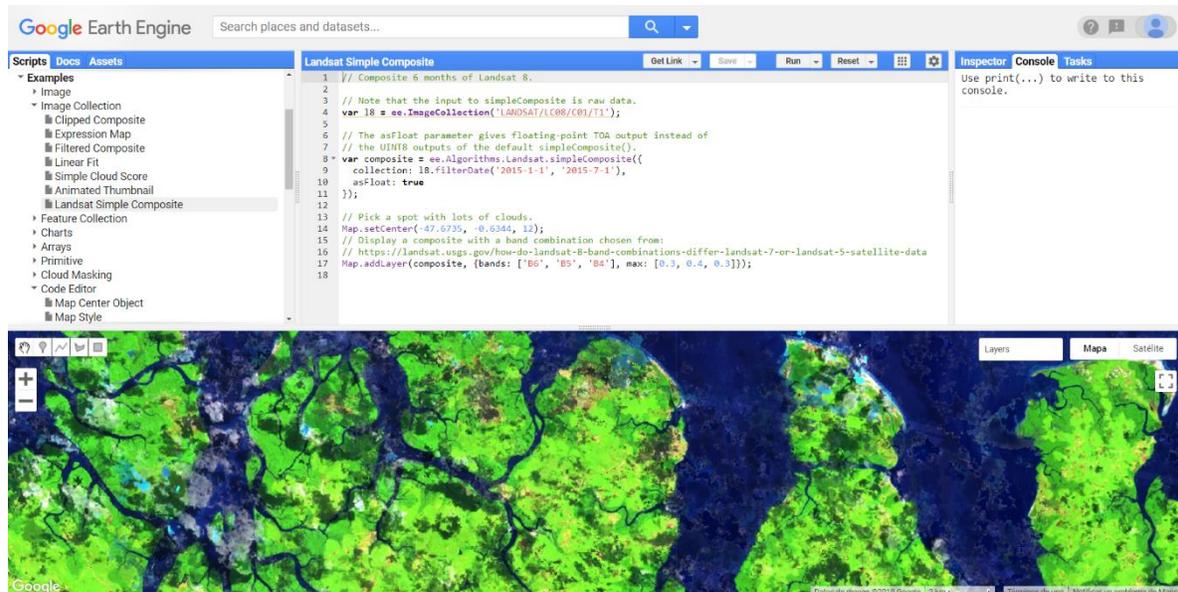
Tal vez la capacidad más poderosa que tiene GEE es la potencia computacional incomparable que se realiza en los servidores de Google. Los conjuntos de datos más grandes pueden someterse a cálculos más complejos en un tiempo más rápido. El editor de código también permite estructuras de proyectos organizados, para proyectos con diferentes usuarios. También, Google Earth Engine facilita la creación de visualizaciones atractivas e interactivas de estos fenómenos geoespaciales.

El editor de códigos (<https://code.earthengine.google.com>) tiene muchas herramientas útiles. Se puede ver en la interfaz del mapa en la parte inferior de la pantalla, que permite el desplazamiento hacia arriba y hacia abajo.

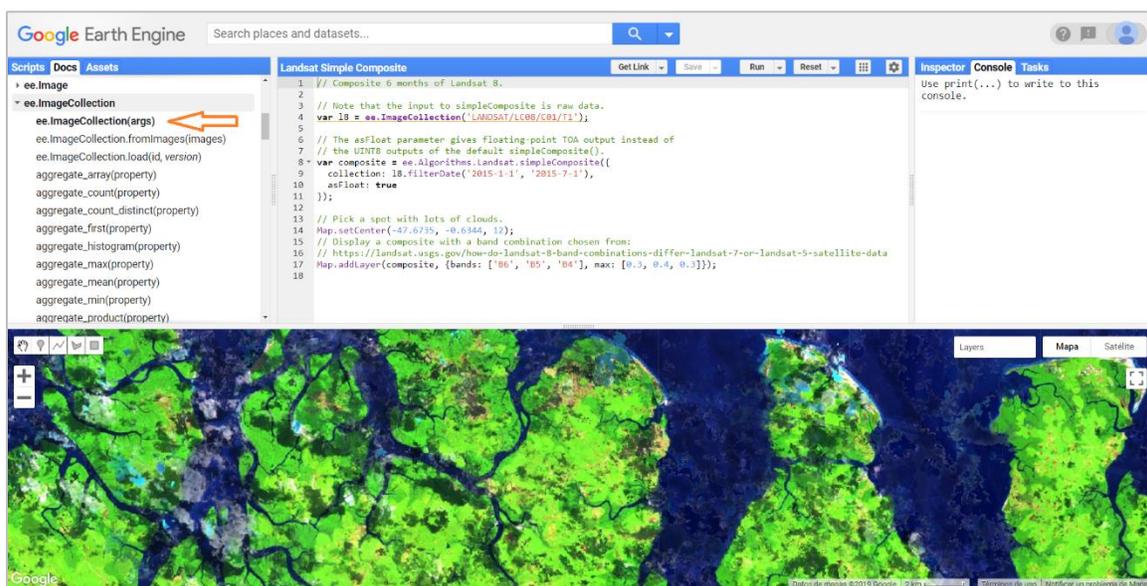


En el conjunto de pestañas de la izquierda (extremo superior de la pantalla) se puede ver que la pestaña de Scripts incluye todos los scripts que se hayan creado o que se hayan compartido con la cuenta de correo vinculada a GEE.

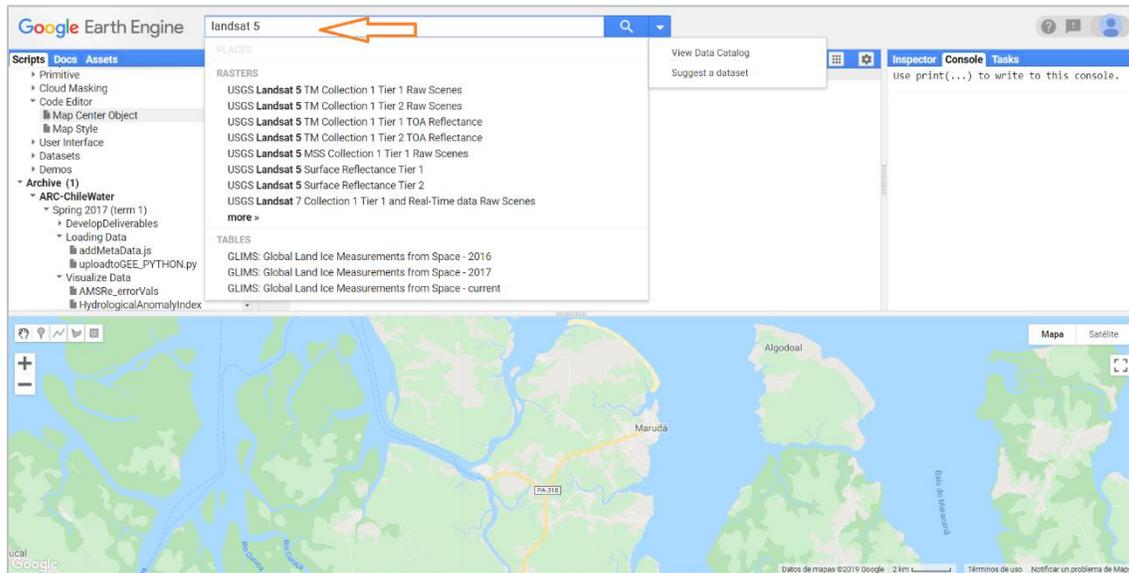
Es importante tener presente la carpeta proporcionada por el equipo de Google (ver la parte inferior de Scripts), con archivos de ejemplo muy útiles. Al seleccionar uno de estos productos, el código aparecerá; luego se puede hacer clic en ejecutar y la visualización se mostrará en el mapa, en la parte inferior de la pantalla. Ver figura siguiente.



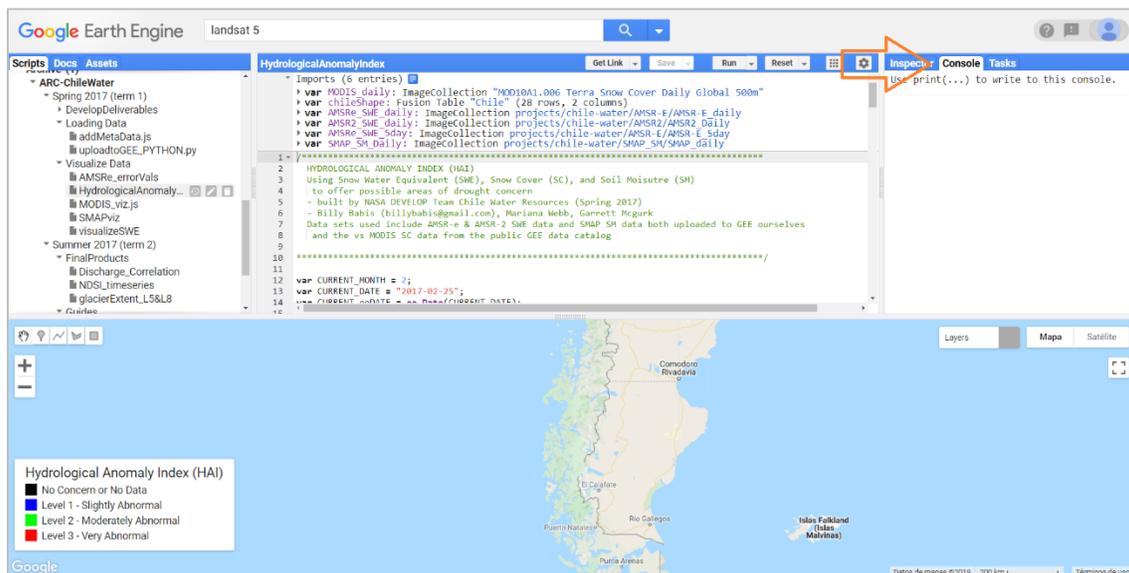
La pestaña Docs a la izquierda es donde todas las funciones y descripciones de las funciones viven. Si se necesita saber qué está haciendo una función y qué variable se requiere para ejecutarlo busque en la pestaña de documentos o Docs. Como ejemplo podemos desplazarnos a image collection y ver todas las funciones que se pueden aplicar a image collection en Google Earth Engine. Ver figura siguiente.



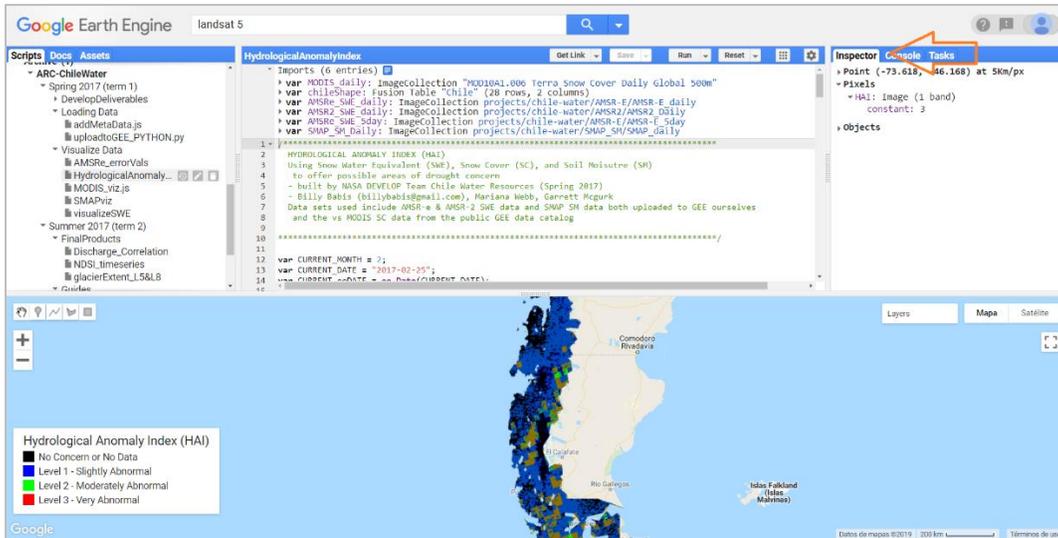
La pestaña Assets o activos alberga cualquier conjunto de datos geoespaciales que desea alojar e importar a sus archivos para analizarlos o visualizarlos. Sin embargo, la mayoría de los conjuntos de datos geoespaciales que analizará provendrá del catálogo de datos públicos que podemos explorar en la barra de búsqueda en la parte superior. Como puede ver si buscamos un grupo de datos de Landsat 5 GEE ofrece varias opciones pre procesadas que podemos importar fácilmente en el código y visualizarlas.



En la pestaña derecha vemos la consola (o Console). Esta consola imprimirá cualquier mensaje o error informado en el código. Cada vez que escribimos una declaración de print o impresión en el código se mostrará allí. Ver figura siguiente.



Si cambiamos a la pestaña Inspector podemos hacer clic en el mapa y generar el valor específico para ese píxel en cada capa del mapa. Ver figura siguiente.

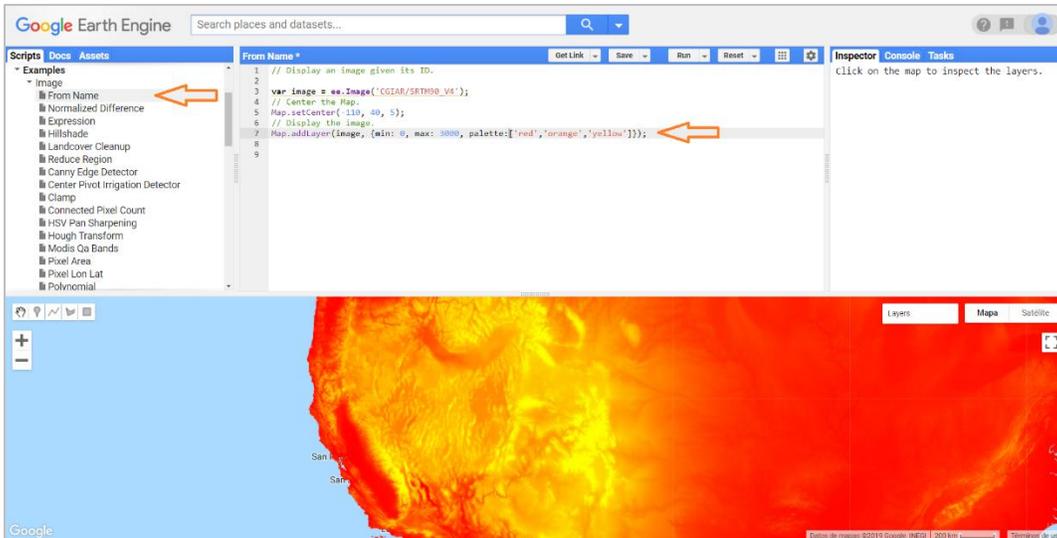


La pestaña de tareas no se utiliza mucho. Pero, cuando se intente importar o exportar conjuntos de datos desde y hacia GEE parpadeará en color naranja, con instrucciones claras.

Comprendiendo el código en GEE

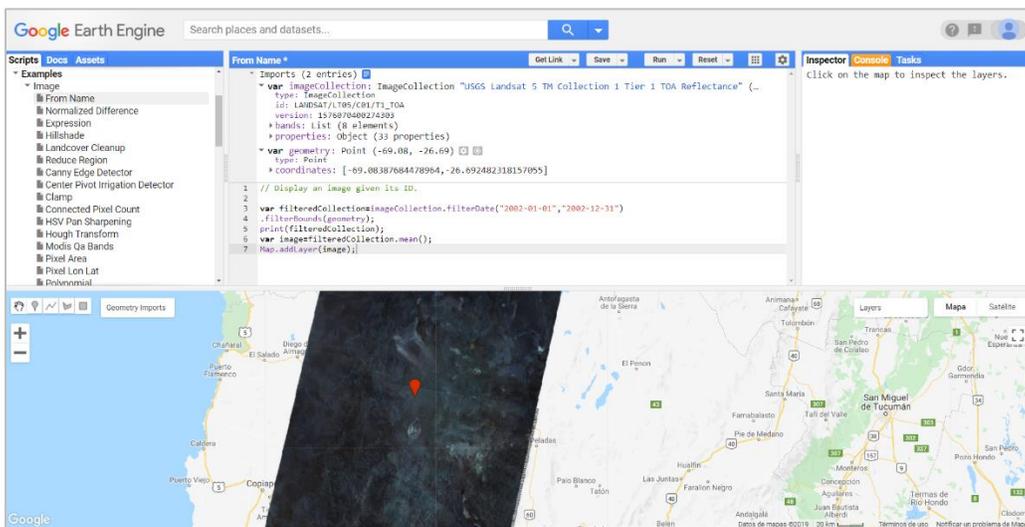
Intentando comprender el código, se puede primero conocer qué es un objeto de imagen. Si vamos a la carpeta de ejemplos en la pestaña de secuencias de comandos scripts podemos encontrar una visualización rápida de una imagen. Para crear esta imagen desde cero simplemente podemos ingresar elevación digital en la barra de búsqueda y seleccionar una de las opciones. Luego, ejecutamos `map.addLayer` para agregar la imagen al mapa. Se observa que si no especifica un valor mínimo y máximo la imagen puede verse gris al igual que la mayoría de las herramientas de análisis geoespacial. Se puede hacer clic en la imagen para ver la descripción o revisar la pestaña del Inspector para determinar los valores mínimo y máximo. Luego en `map.addLayer` se puede especificar ciertos parámetros incluidos mínimo y máximo. En el caso de tener alguna consulta o duda sobre cómo opera una función se puede acceder a la pestaña Docs o de los documentos.

Para visualizar el producto en un color diferente al gris se debe especificar en la paleta (palette). Ver figura siguiente.



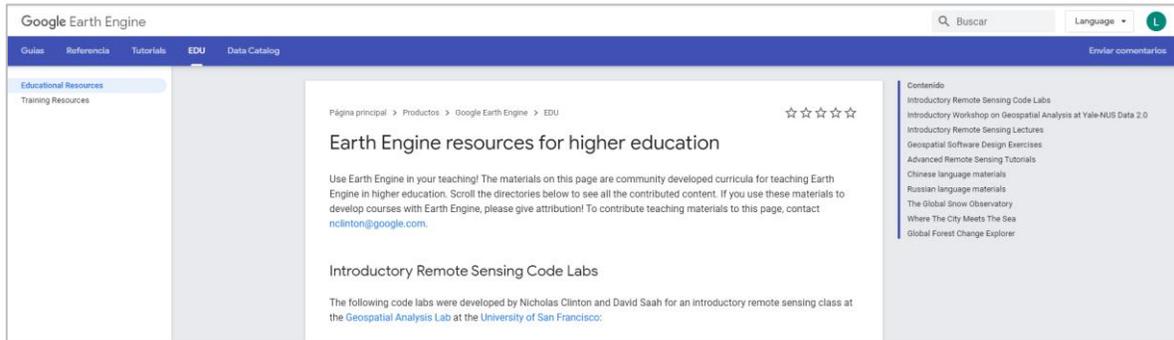
Se puede imprimir la imagen en la consola para ver sus metadatos y las bandas que se están utilizando.

Image Collection es una colección de imágenes. Si buscamos Landsat 5, por ejemplo, e importamos uno de ellos en el script se puede ver qué es una Image Collection. Con ésta podemos filtrar por fecha y por ubicación para analizar las imágenes específicas que nos gustaría. Para visualizar se puede abrir el mapa y hacer clic en el icono point o apuntar en la esquina superior izquierda y haga clic en el mapa en un punto específico que nos gustaría analizar. Con ello, el punto llamado geometría aparece en nuestro código, podemos filtrar la colección Landsat 5 para incluir solo terrenos en este punto, usando `imageCollection.filterBounds(geometry)`. Luego, si filtramos aún más para un rango de fechas específico usando `imageCollection.filterDate("2002-01-01","2002-12-31")` podemos imprimir esa colección de imágenes utilizando `print` en `imageCollection` y ver en nuestra consola todos los metadatos para las imágenes de la colección. También, podemos realizar composiciones en esta colección como "min" para visualizar esto en el mapa.



Todos los métodos posibles que se pueden utilizar en una Image Collection pueden verse en la pestaña de Docs.

Hay muchas clases y funciones en GEE que no están descritas en este documento. Para saber más sobre ello se puede consultar la documentación de GEE y los recursos de instrucción asociados, en la pestaña "edu".



Usando las herramientas de GEE

Bajo el proyecto realizado con NASA, el equipo de AMES de NASA desarrolló tres herramientas (Summer Project 2017):

- Clasificación de la extensión de los glaciares.
- Serie de tiempo del Índice de Diferencia de Nieve Normalizado (NDSI – Normalized Difference Snow Index).
- Interfase de Correlación de Descarga.

Estas herramientas se dejaron en un repositorio compartido para ser revisadas y analizadas por todos los profesionales de Chile que participaron del proyecto. Están disponibles en una cuenta GEE en <https://code.earthengine.google.com/> en Scripts, en carpeta ARC-ChileWater → Summer 2017 (term 2) → FinalProducts. En esa carpeta podemos hacer clic en glacierExtentL5&L8 y luego hacer clic en ejecutar. Este archivo calcula la superficie total del glaciar en la zona de Aconcagua y se puede visualizar zonas de glaciares en el mapa. L5 y L8 significa que esta clasificación se está ejecutando en los conjuntos de datos satelitales de Landsat 5 y Landsat 8. En Consola (esquina superior derecha de la pantalla) se muestra el área de extensión de los glaciares en la región de Aconcagua. Los puntos ubicados en el mapa sólo se utilizan para la clasificación en la identificación de píxeles con glaciar y sin glaciar. Aparece también una barra en la parte inferior donde pueden seleccionar un año, mostrando una nueva clasificación de extensión de glaciar y muestra una nueva área total de extensión (visible en la Consola).

Estudiar la extensión de los glaciares importante porque la escorrentía de los glaciares proporciona el 67% de agua a la cuenca durante los meses de verano. La identificación de tendencias, correlaciones y momentos de ocurrencia puede ser muy útil para ayudar al proceso de toma de decisiones de Ministerio de Agricultura.

Es importante tener presente que las imágenes utilizadas para determinar la extensión de los glaciares se toman durante el final del verano chileno. La clasificación tiene dificultad para distinguir la nieve y el hielo, pero, al ejecutar la correlación en las imágenes del verano tardío, cuando toda la nieve se ha derretido, podemos encontrar resultados confiables para la clasificación. Además, dado que esta herramienta usa imágenes Landsat del catálogo de datos públicos de Google Earth Engine, los datos se actualizan constantemente de manera automática.

Esta serie de tiempo ejecuta una métrica estadística llamada Kendall Tau, para monitorear el cambio en el tiempo de cada píxel. esta serie de tiempo se ejecuta a través de NDSI o el Índice de Nieve de Diferencia Normalizado en casi 30 años de imágenes terrestres. Se puede hacer clic en "Inspector" (pestaña en la esquina superior derecha) y luego hacer clic en un píxel en el mapa para encontrar los valores Tau específicos para ese píxel, que van desde -1 a 1. Éstos serán útiles para identificar áreas de pérdida o ganancia significativa a lo largo del tiempo. Esta herramienta también continuará actualizándose con el tiempo.

Esta herramienta de correlación de descarga permite a los usuarios seleccionar y visualizar posibles correlaciones entre parámetros particulares y descarga agua abajo. En última instancia esta herramienta puede ayudar a responder qué factores influyeron más en la cantidad de agua que fluye a través de la cuenca durante un cierto periodo de tiempo. Los parámetros específicos detectados remotamente que se han elegido relacionar con la descarga son:

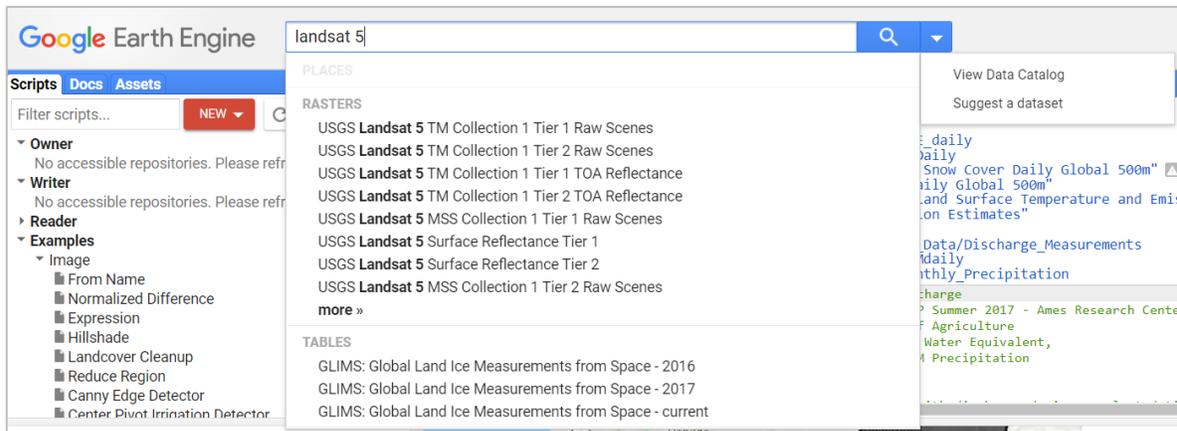
- Humedad del suelo (satélite SMAP)
- Equivalente de agua de nieve (AMSR-E, AMSR₂)
- Cobertura de nieve (MODIS)
- Temperatura superficial (MODIS)
- Precipitación (TRMM)

Estos conjuntos de datos están correlacionados con las mediciones de descargas tomadas de estaciones particulares en la cuenca del Aconcagua.

El panel en el lado izquierdo de la página explica cómo proceder para revisar este producto. Primero se debe seleccionar el conjunto de datos que se desea examinar; luego seleccionar una de las tres estaciones de descarga cuyas mediciones de flujo le gustaría comparar; luego seleccionar el rango de análisis de mes y año que se desea. Se debe tener presente los rangos de años de cada conjunto de datos de satélite al seleccionar las fechas para el análisis. Al hacer clic para ejecutar la correlación se verá un gráfico en la parte inferior derecha de la pantalla, así como una visualización de este parámetro en el mapa. La estadística primaria es el valor de correlación de Pearson (ver parte inferior del gráfico). Si es si el valor es alto esto significa una alta correlación entre el parámetro seleccionado y la descarga durante ese periodo de tiempo. El valor p sugiere la significancia estadística de ese valor; cuanto más se acerca ese valor de p a cero más estadísticamente significativo son estos hallazgos. También puede visualizar esta correlación en el gráfico. Para revisar los valores de este parámetro en el mapa se puede ir a la pestaña del "Inspector".

Cómo subir datos a GEE

Recuerde utilizar el Catálogo Público de Datos de Google Earth Engine. Este catálogo está creciendo continuamente y puede solicitar más conjuntos de datos si actualmente no tiene lo que necesita. En la barra en la parte superior del editor de código se puede importar la imagen o el conjunto de datos e inmediatamente comenzar a analizar y visualizar la información. Ver figura siguiente.



También, está la pestaña de Assets o activos en la esquina superior izquierda del editor de códigos. Allí se puede cargar activos o archivos individuales haciendo clic en el botón rojo “nuevo”. Esto permite cargar fácilmente archivos individuales.

En el marco del proyecto, se desarrolló un repositorio de activos compartidos que incluye todos los conjuntos de datos cargados en GEE y para el análisis, al que también hay acceso.

Un problema detectado en GEE es que su interfaz actual permite la carga por lotes de grandes conjuntos de datos. Pero, afortunadamente tiene un interfaz de programación de aplicaciones Python que es mejor en el manejo de estos problemas.

Se puede seguir las instrucciones en el archivo PYTHON_uploadDatasetToGEE en el repositorio de script compartido que también incluye el código necesario para cargar conjuntos de datos por lotes. Para utilizar la API de Python de GEE debemos asegurarnos de que hemos descargado el software Python. Esto se puede verificar al revisar si está descargada la aplicación IDLE en el computador. Si no es así, se puede descargar el programa en Python.org.

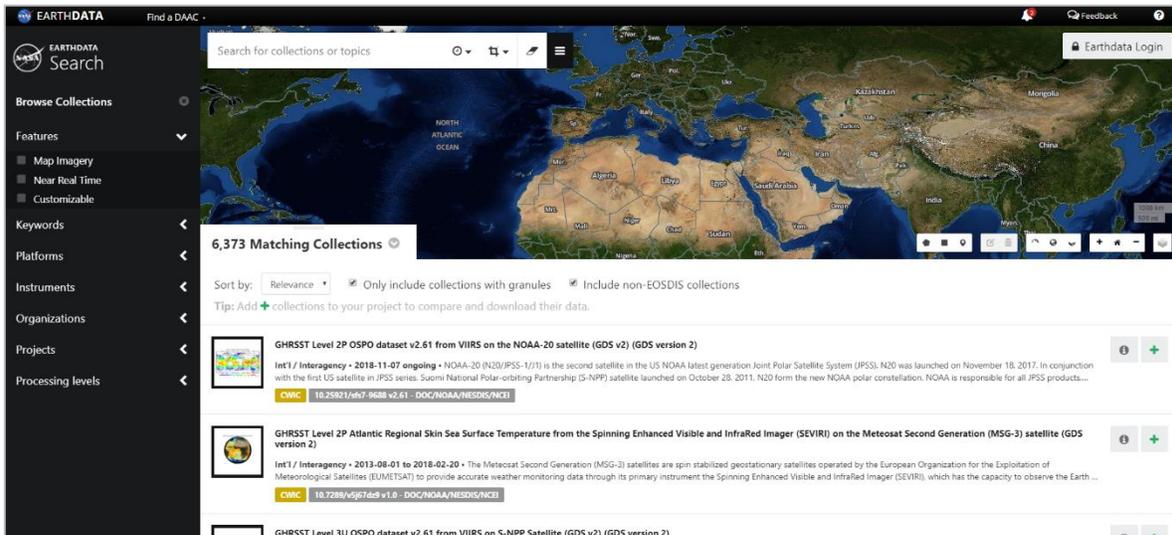
Para cargar conjuntos de datos por lotes debemos registrar e instalar algunas cosas. Primero se requiere crear una cuenta en <https://cloud.google.com/storage> de Google Cloud o unírnos a una cuenta de almacenamiento de Google Cloud. GEE solo puede comunicarse con los archivos en el almacenamiento en Google Cloud. Por ello, debemos cargar nuestros datos allí. Se debe tener en cuenta que hay tarifas por usar grandes cantidades de datos. Sin embargo, solo necesitamos almacenar archivos de forma temporal mientras se carga la información a GEE. Es decir, una vez que se carga la información en GEE se puede eliminar de Google Cloud y evitar costos asociados. Luego, se debe descargar la API de Python de GEE (https://developers.google.com/earth-engine/python_install) que puede mostrar todos los métodos realizados en el editor de código JavaScript con una sintaxis ligeramente diferente. Esto puede ser útil por muchas razones, incluida la creación de un sitio web impulsado por Google Earth Engine alojado en Google App Engine. Cuando se descarga la API de Python, la línea de comandos también se descarga. Se requiere también ejecutar “Earth Engine Authenticate” (https://developers.google.com/earth-engine/command_line) y seguir las instrucciones. Luego se requiere descargar el complemento “DownloadThemAll” en Firefox (<https://addons.mozilla.org/en-US/firefox/addon/downthemall>), para descargar archivos por lotes.

También, hay una biblioteca en GitHub que ha sido construida para cargar archivos por lotes en Google, sin embargo, no es posible cargar los metadatos apropiados con esos archivos, principalmente la fecha. Pero,

pese a estos inconvenientes GEE continúa actualizándose y se espera que estos inconvenientes ya no se presenten en un futuro cercano.

Descargando datos satelitales

Para descargar cualquier conjunto de datos es recomendable ir a la herramienta de búsqueda NASA Earthdata (<https://search.earthdata.nasa.gov/search>), filtrar el conjunto de datos específicos que se está buscando durante un periodo de tiempo y límites geográficos determinados. Después de filtrar una colección de datos requerida se debe hacer clic en DownloadCollectionData o descargar datos de la colección. Ver figura siguiente.



En Service Options u opciones de servicio seleccione la tercera opción (Customize Product); luego en opción Reformat Output seleccione GeoTIFF y las bandas que desea usar de ese conjunto de datos de satélite en particular y envíe la solicitud. Después de un par de minutos se recibe vía correo electrónico un enlace para abrir en Firefox para usar el complemento DownloadThemAll que se obtuvo en etapas previas. Haciendo click con el mouse se puede usar este complemento. Hay que asegurarse que bajo filtros sólo se seleccione el formato “.tiff”. Una vez que se descargan los archivos se puede usar la biblioteca de Python digital para dar otros formatos a los archivos.

Después se debe cargar este conjunto de datos en el almacenamiento de Google Cloud. Una vez que se haya iniciado sesión en el almacenamiento en la nube de Google Cloud, se debe hacer clic en Consola (ver en la esquina superior derecha de la página), más clic en el botón de menú en la esquina superior izquierda (buscar almacenamiento); a partir de ahí se requiere crear un cubo o hacer un clic en un cubo existente y cargar carpetas desde nuestra máquina local.

Podemos volver al editor de códigos de Google Earth Engine. En el repositorio de scripts compartido Chile Water encontraremos el archivo PYTHON_uploadDatasetToGEE. Este archivo no es un archivo JavaScript y no se puede ejecutar en el editor de código, pero, se puede copiar todo el archivo y pegarlo en un archivo Python. Se puede usar cualquier entorno de Python, según le acomode al usuario. Pero, se recomienda Python IDLE y en un archivo nuevo pegar el código y guardarlo como uploadToGEE.py; el nombre del archivo no es importante, pero si debe terminar con .py. Luego se debe seguir las instrucciones en este archivo.

La importancia de comprender cómo funcionan las herramientas desarrolladas en GEE bajo el proyecto con el Programa NASA Develop es que posteriormente permite ir mejorándolas según necesidades de la realidad chilena. Se podrán ampliar las herramientas existentes, incluir más parámetros de datos y usarlos en diferentes regiones geográficas; además, se espera también aprender sobre GEE para continuar construyendo/desarrollando cada persona por sí misma.

Resumidamente, se puede revisar tres herramientas desarrolladas con NASA Develop, para Chile:

- Clasificación de extensión de glaciares (FinalProducts/glacierExtent_L5&L8)
- Serie de Tiempo de NDSI (FinalProducts/NDSI_timeseries)
- Herramientas de Correlación de Descargas (FinalProducts/Discharge_Correlation)

Dado que las clasificaciones son muy potentes para el análisis geoespacial incluimos archivos individuales especificados anteriormente para explicar los pasos para realizar las clasificaciones de GEE. El archivo Glacier Extent L 5 y L 8 también se divide claramente en estas tres secciones. Primero, debemos importar las colecciones de Landsat para el catálogo de datos públicos y preprocesarlas correctamente. Segundo, debemos recolectar puntos de entrenamiento para identificar áreas de glaciar y no glaciar. Y por último, debemos ejecutar la clasificación para una imagen determinada. Y a partir de ahí calcular la extensión de los glaciares.



Después de importar una colección Landsat podemos analizarla como una image collection, como es una colección de imágenes Landsat de muchos años y el todo del globo terráqueo, primero debemos filtrar para incluir solo las dos franjas que cubren el Aconcagua. Esto se hace encontrando "WRS_PATH" y "WRS_Row" y filtrar imágenes correspondientes Aconcagua, usando el método filterMetadata. Una vez más, si se necesita una explicación de estos métodos buscar en la pestaña de doc.

Pre-procesamiento de Landsat

- `collection = collection.filterMetadata("WRS_PATH","equals",233)...`
- `Landsat = .filterMetadata("CLOUD_COVER","less_than",30);`
- `landsats = landsats.map(function(image) { ...});`
 - -> calculate season
 - `image.set("season_property", season)`
- Buscar una imagen con la mediana para cada temporada
 - -> Image Collection con solamente 4 imágenes para cada año (1 por temporada)

Podemos ejecutar el mismo método filter metadata en la propiedad "cloud_cover" para que solo incluya imágenes bastante libres de nubes.

La función de mapa es un poco confusa. Esta función de mapa no tiene nada que ver con mapa geográfico. Es un algoritmo, a través de una lista o en este caso una image collection y realiza una operación en cada elemento de esta lista.

Entonces cuando llamamos al Landsat.map, lo que se hará es recorrer cada imagen de esa colección de imágenes y realizar una función en cada imagen. En este caso queremos agregar una propiedad de metadatos a cada imagen que especifique la temporada para que podamos filtrar las imágenes de Landsat de los meses de verano.

Como se explicó anteriormente esta clasificación es más precisa durante los meses de verano cuando la mayor parte de la nieve se ha derretido y sólo quedan glaciares perennes. Luego en una manipulación confusa de filtros calculamos la imagen mediana para cada estación. Este método de mediana toma el valor mediano de cada píxel en cada imagen en la colección de imágenes. Luego nos quedan cuatro imágenes medianas por año y sólo queremos evaluar las imágenes medias para el verano de cada año.

Ahora debemos seleccionar una imagen en la colección de imágenes para visualizar en el mapa. Una forma fácil de hacerlo es ejecutar image collection punto first que captura la primera imagen. Entonces podemos ejecutar Map.addLayer para agregar esa imagen al mapa. En la interfaz del mapa observamos algunas herramientas geométricas en la parte superior izquierda del mapa. Esto se puede usar para agregar geometrías a nuestro mapa. En nuestro caso queremos desplazarnos sobre las importaciones de geometría y agregar una nueva capa llamada glaciar. Luego haremos clic en el icono de punto y comenzamos a hacer clic en el mapa que muestran a los glaciares blancos.

Una clasificación adecuada debe incluir no menos de 80 puntos de entrenamiento. Una vez que esté completo se agrega una nueva capa llamada non glacier y se repite el proceso. Si luego se desplaza hacia la parte superior de su código sobre el mapa verá que estos se han importado como geometrías. Después, debemos hacer clic en el botón de configuración junto a esa geometría, cambiar el tipo de importación a feature collection y agregar una propiedad en la parte inferior llamada clase. Esta clase se establecerá en cero para non glacier y uno para glaciar. Luego ejecutamos un método en GEE llamado train de entrenamiento para construir los "trenes" (entrenamientos) en este punto. Nuevamente revise la pestaña de documentos

para comprender más sobre los diferentes tipos de algoritmos de clasificación. Aquí estamos utilizando el método de clasificación cart.

Coleccionar Puntos de Entrenamiento

- Visualizar una imagen de Landsat
 - `Map.addLayer(landsats.first())`
- Hacer clic en puntos que contienen glaciares
- Convertir Geometrías a "FeatureCollections" o "Colecciones de Características" con una propiedad llamada 'clases'
- `trained = ee.Classifier.cart().train(points, 'class', bands);`

Podemos ejecutar el método de GEE, clasificar con nuestro objeto previamente entrenado para adivinar qué píxeles en la imagen representan el glaciar y el no glaciar. Luego agregamos esa imagen clasificada al mapa para visualizar qué áreas predijo son que son glaciares. Luego ejecutamos el método `image.reduceRegion` para sumar el método total de píxeles cuyo valor es 1 que representan píxeles de glaciares. Luego multiplicamos eso por el área total de un píxel para encontrar el área total de glaciares en la región.

Clasificar y Calcular

- `Var image = collection.filterMetadata("season","equals", selectedSeason);`
- `var classified = image.classify(trained);`
- `Map.addLayer(classified, {min: 0, max: 1, palette: ['brown', 'cyan']})`
- `Extent = classified.reduceRegion('sum', aconcagua_region, 30)`
`.multiply(ee.Image.pixelArea())`

Para la serie de tiempo NDSI (índice de nieve de diferencia normalizada) podemos importar las colecciones de Landsat y pre procesarlas para imágenes medianas estacionales de la misma manera que antes. Debemos filtrar la ubicación geográfica alrededor del Aconcagua y la cobertura mínima de nube. Luego calculamos el NDSI ejecutando el método `normalized difference` en GEE entre la banda visible media y una de banda infrarroja corta. Se puede ver el número de bandas específico difiere entre Landsat 8 y Landsat 5. Luego realizamos una secuencia de manipulaciones explicadas por el equipo de Google para realizar un detrimento de la imagen para mejorar los valores de la serie de tiempo. Una vez que tenemos una colección de imágenes "detrimentadas" con las medianas de Landsat estacionales, podemos ejecutar un reductor para realizar la serie de tiempo. Se puede ejecutar un reductor en GEE en una `image collection` para reducirlo a una sola imagen. Por ejemplo, cuando calculamos la mediana de `image collection`, ese fue el reductor que para cada píxel encontró la mediana a lo largo de `image collection`. En este caso, ejecutamos el reductor de correlaciones de Kendall para calcular los valores de Tau para cada píxel en una `image collection`. Esta es la

estadística de Kendall-Tau que se usa comúnmente para series de tiempo. Nuevamente mire en la pestaña de documentos para obtener más información sobre el reductor. Luego podemos agregar esa imagen en el mapa para visualizarla.

Serie de Tiempo de NDSI

- Pre-procesamiento de colecciones de Landsat
- Encontrar NDSI para cada imagen
 - Landsat 8 - `image.normalizedDifference(["B3","B6"])`
 - Landsat 5 - `image.normalizedDifference(["B2","B5"])`
- Eliminar tendencias en la imagen
- `img = landsats_detrended.reduce(ee.Reducer.kendallsCorrelation(1));`
- `Map.addLayer(img)`

Como ya mencionamos anteriormente el equipo de Google ha proporcionado muchos ejemplos de secuencias de comandos en la carpeta de ejemplo de la pestaña de secuencias de comandos. Para construir la ventana interactiva para la herramienta flow correlation usamos en gran medida el ejemplo de Landsat Explorer. Trataremos de explicar eso primero y luego explicaremos cómo corre la correlación una vez recibe esa información.

Herramienta de Correlación de Descargas

- i. Creando la Interfaz
 - ->Examples/User Interface/Landsat Explorer
- ii. `runCorrelation()` method
 - Esto es llamado cada vez que el usuario hace clic en el botón de "Run"

GEE permite crear rápidamente mapas interactivos, lo guiaremos brevemente para crear ese panel en el lado izquierdo del mapa. El `ui.Panel` como se puede encontrar en la pestaña de documentos, es el contenedor de esa pestaña. Al iniciar un nuevo `ui.Panel` y ejecutar `ui.root.insert(0,panel)` podemos ver un panel en blanco a la izquierda del mapa.

Creando la Interfaz

```
● var panel = ui.Panel({style: {width:'400px'}})
● ui.root.insert(0,panel);
● var intro = ui.Label('Discharge Correlations', {fontWeight: 'bold', fontSize: '24px'});
● panel.add(intro)
● var selectMonth = ui.Select({Items:['jan','feb','mar',...]}
● panel.add(selectMonth)
● var runButton =ui.Button("Run Correlation", function)
● panel.add(runButton)
```

Para agregar texto al panel simplemente creamos un objeto un objeto `ui.label` con el texto que queremos mostrarlo. Podemos agregar información de estilo en el segundo argumento también. Luego, después de ejecutar `panel.add` veremos que esta etiqueta se agrega al panel. También, incluimos botones de selección donde el usuario puede escoger un valor en una lista. Por ejemplo, podemos crear una barra de selección, simple de meses creando un objeto `ui.select` como una lista de todos los meses. Luego podemos crear un botón a la interfaz escribiendo `ui.Button` con el texto que desea que se muestre en el botón, y una función que especifique que desea que suceda una vez que se presiona ese botón.

En nuestro caso pasamos el método `Run correlation` que ahora examinaremos. Primero, obtenemos todos los datos de los objetos `ui` ingresados. Por ejemplo, en la última diapositiva definimos la variable `select.Month` para representar la barra de selección. Si queremos saber el mes seleccionado simplemente ejecutamos `selectMonth.getValue`. Después llamamos a las funciones de procesamiento para calcular un valor escalar para cada año que representa ese parámetro. Por ejemplo, cuando procesamos la cobertura de nieve de MODIS calculamos el área media de la cobertura de nieve para cada año en el rango de las fechas seleccionadas. Hacemos esto para que podamos ejecutar una correlación con los promedios mensuales para carga para la descarga de aguas abajo.

Cada uno de los conjuntos de datos únicos tiene su propio método de procesamiento que está claramente etiquetado cuando ejecuta la correlación. Luego debemos tomar los valores de descarga para los años seleccionados de la tabla que hemos subido GEE. Posteriormente, tenemos dos listas una con promedios mensuales para el parámetro seleccionado y otra con los valores de descarga mensuales. Ambos sólo incluyen datos de las fechas seleccionadas.

Método de runCorrelation()

- Obtenga los datos ingresados
 - I.e. `var selectedMonth = selectMonth.getValue()`
- run PROCESSING_METHODS['dataset_name']()
 - Ex. `processMODIS_SC()` calcula el área media de cobertura de nieve para cada año en el rango seleccionado
- Obtener los valores de descarga
- Remover los puntos con no_data
- `cleaned.parameterVsDischarge_2Darray.reduce(ee.Reducer.pearsonsCorrelation(), [1],0);`

Ahora queremos graficar la relación entre estos dos parámetros y calcular la correlación. Primero, debemos borrar cualquier valor de error en esas listas, entonces podemos ejecutar un reductor para realizar una correlación de Pearson. Esto es diferente del reductor que explicamos anteriormente; antes explicamos que se puede aplicar un reductor en `image.collection` para reducirlo a una imagen con algún cálculo. Con una matriz un reductor realiza un cálculo en cada elemento de esa matriz y devuelve un valor escalar.

Nuevamente, esto se puede encontrar en los documentos bajo la sección `ee.Reducer.pearsonsCorrelation` y en la sección de `ee.array`. Este caso ejecutamos una la correlación de personal para encontrar la correlación entre estos dos parámetros.

Sabemos que se han explicado estas herramientas complejas muy resumidamente. Es difícil que todas sus particularidades se comprendan rápidamente dada su complejidad, en este documento. Sin embargo, esperamos que esto antecedentes sean un punto de partida para comprender mejor la importancia de GEE y su potencial para desarrollar indicadores para el monitoreo de la sequía.

PROGRAMA NASA HARVEST

NASA Harvest es un nuevo programa multidisciplinario encargado por la NASA y dirigido por la Universidad de Maryland para mejorar el uso de datos satelitales en la toma de decisiones relacionadas con la seguridad alimentaria y la agricultura a nivel nacional y mundial.

Eventos como los picos de los precios de los alimentos y la escasez de alimentos relacionados con el clima severo subrayan los riesgos asociados con las brechas de conocimiento sobre la producción y el suministro de alimentos. Los tomadores de decisiones que obtienen acceso a información oportuna, objetiva, precisa y procesable pueden fortalecer la seguridad alimentaria, la estabilidad del mercado y los medios de vida humanos. Es desde esta perspectiva de toma de decisiones que Harvest es impulsado: estamos enfocados en mejorar la captación y transición de los datos satelitales y los métodos para usarlos por aquellos que trabajan en los ámbitos de la seguridad alimentaria y la agricultura. A través de un Consorcio multidisciplinario de más de 40 socios que son líderes en sus campos, estamos avanzando en el estado de la ciencia y la adopción de observaciones de la Tierra en apoyo de decisiones informadas para la seguridad alimentaria y la agricultura.

En NASA Harvest, nuestro objetivo es utilizar herramientas derivadas de productos de datos satelitales para aumentar la seguridad alimentaria y la resistencia y reducir la volatilidad y vulnerabilidad de los precios, al tiempo que mejoramos la conciencia y la comprensión de las aplicaciones de productos de datos satelitales por parte de usuarios de una amplia gama de sectores. Conectamos a los mejores investigadores, organizaciones de ayuda humanitaria, economistas, formuladores de políticas, empresas agrícolas, el sector financiero, defensa, inteligencia, alta tecnología y otras disciplinas y sectores para lograr estos objetivos. Las actividades de cosecha abarcarán 2017-2022, con un fuerte énfasis en la transición operativa de la investigación y el desarrollo actuales y desarrollados por el Consorcio, respaldados por nuevas comunicaciones y esfuerzos de divulgación. A través de este enfoque de Consorcio, desarrollamos y fortalecemos las relaciones entre comunidades que antes no estaban conectadas, creando nuevas oportunidades para crear y compartir conocimiento, un todo mayor que la suma de sus partes.

¿QUÉ ES NASA HARVEST?

NASA Harvest es un programa de la NASA que tiene como objetivo mejorar la adopción de observaciones de la Tierra por parte de los responsables de la toma de decisiones y las políticas ("usuarios finales") en los ámbitos de la seguridad alimentaria y la agricultura mediante el avance del estado de la ciencia del monitoreo agrícola y la transición de estos nuevos métodos a uso operacional. Es un programa dinámico y ágil respaldado por más de 40 líderes en los campos de la agricultura y la observación de la Tierra del mundo público, privado, no gubernamental, intergubernamental y humanitario.

¿CÓMO TRABAJARÁ HARVEST PARA FORTALECER LA SEGURIDAD ALIMENTARIA?

Nuestro trabajo comienza abordando en primer lugar las prioridades, necesidades y desafíos de nuestros usuarios finales de múltiples campos. Esto impulsa nuestro programa de investigación y desarrollo, a través del cual invertimos en acceso a datos EO y tecnologías de utilización orientadas a mejorar la derivación de información agrícola y su provisión a los usuarios finales. Al empoderar a las organizaciones de usuarios finales para que obtengan y / o accedan a la información basada en EO oportuna, sinóptica, objetiva y

repetible que necesitan de manera crítica para actuar o reaccionar ante un sistema alimentario dinámico, podemos fortalecer la seguridad alimentaria y la resistencia humana al tiempo que disminuimos la volatilidad del mercado y vulnerabilidad humana a las crisis del sistema alimentario.

¿QUÉ TIPO DE ACTIVIDADES REALIZA HARVEST Y DÓNDE?

Harvest es un programa global con usuarios finales y socios de investigación ubicados en todo el mundo, que trabaja en la subsistencia de los sistemas agrícolas que producen productos básicos. Tienen un enfoque multiescala, con focos nacionales (Estados Unidos) e internacionales. Su enfoque también es multidisciplinario:

- Estimación cuantitativa y cualitativa de variables ambientales y agrícolas.
- Asimilación de datos EO e integración de modelos
- Acceso innovador a datos y modalidades de explotación.
- Transferencia de conocimiento y actividades de capacitación.
- Relaciones apalancadas con otras iniciativas globales que trabajan en EO (por ejemplo, GEOGLAM)
- Evaluación prioritaria y evaluación de las actividades del Consorcio, para mejorar dentro de la vida del programa.
- Estrategia de divulgación dirigida a nuevas comunidades que aún no utilizan EO

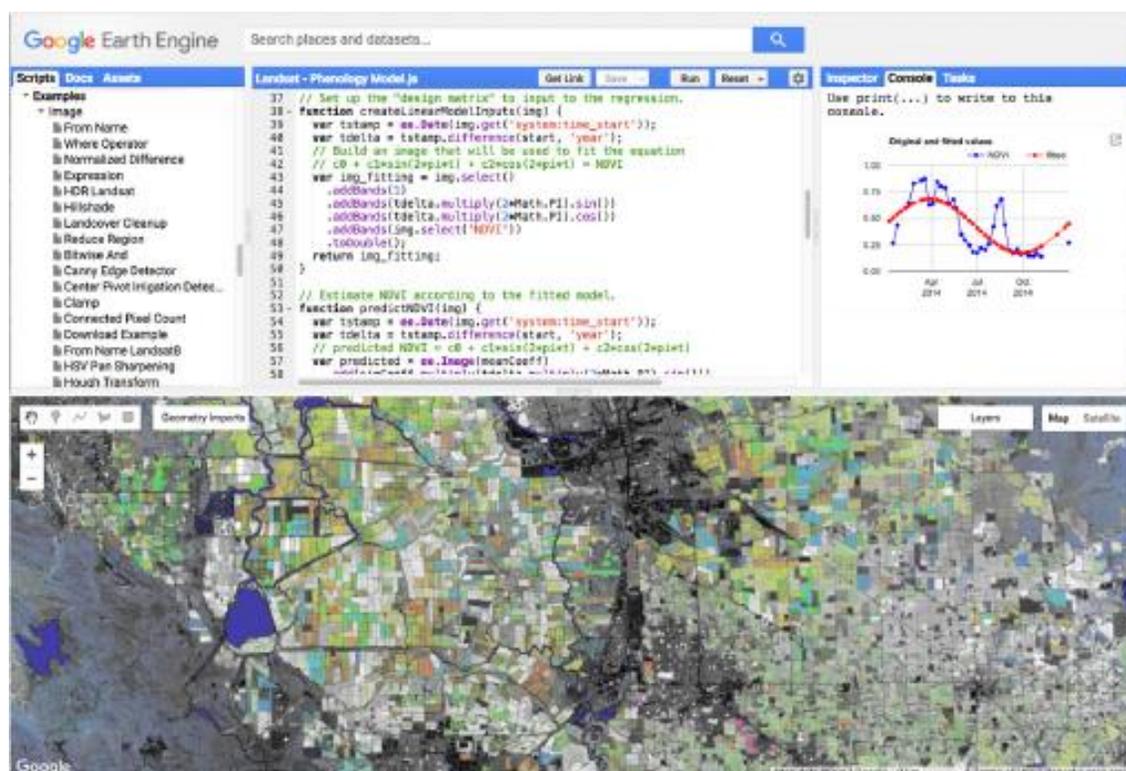
GOOGLE EARTH ENGINE EXPLORER

Esta información ha sido extraída y traducida por el Equipo de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas, del artículo: N. Gorelick et al. /Remote Sensing of Environment 202 (2017) 18–27 (Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone).

Earth Engine consiste en un catálogo de datos listo para el análisis de múltiples petabytes ubicado junto con un servicio de cómputo intrínsecamente paralelo de alto rendimiento. Se accede y se controla a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API) accesible a Internet y un entorno de desarrollo interactivo (IDE) basado en la web asociado que permite la creación rápida de prototipos y la visualización de resultados.

El catálogo de datos alberga un gran repositorio de conjuntos de datos geospaciales disponibles públicamente, incluidas observaciones de una variedad de sistemas de imágenes satelitales y aéreas en longitudes de onda ópticas y no ópticas, variables ambientales, pronósticos meteorológicos y climáticos y pronósticos posteriores, cobertura del suelo, topografía y conjuntos de datos socioeconómicos. Todos estos datos se procesan previamente en una forma lista para usar pero que preserva la información que permite un acceso eficiente y elimina muchas barreras asociadas con la gestión de datos.

Los usuarios pueden acceder y analizar datos del catálogo público, así como sus propios datos privados utilizando una biblioteca de operadores proporcionada por la API de Earth Engine. Estos operadores se implementan en un gran sistema de procesamiento paralelo que subdivide y distribuye automáticamente los cálculos, proporcionando capacidades de análisis de alto rendimiento. Los usuarios acceden a la API a través de una biblioteca de cliente ligero o mediante un entorno de desarrollo interactivo basado en web creado sobre la biblioteca de ese cliente (ver figura).



Los usuarios pueden registrarse para acceder en la página de inicio de Earth Engine, <https://earthengine.google.com>, y acceder a la interfaz de usuario, así como a una guía del usuario, tutoriales, ejemplos, videos de capacitación, referencias de funciones y planes de estudios educativos. Si bien la experiencia previa con SIG, la detección remota y las secuencias de comandos hacen que sea más fácil comenzar, no son estrictamente necesarios, y la guía del usuario está orientada a los principiantes de dominio. Las cuentas vienen con una cuota para cargar datos personales y guardar productos intermedios, y cualquier entrada o resultado puede descargarse para uso en línea.

CATÁLOGO DE DATOS

El catálogo de datos públicos de Earth Engine es una colección curada de múltiples petabytes de conjuntos de datos geospaciales ampliamente utilizados. La mayor parte del catálogo está compuesto por imágenes de teledetección de observación de la Tierra, incluido el archivo Landsat completo, así como archivos completos de datos de Sentinel-1 y Sentinel-2, pero también incluye pronósticos climáticos, datos de cobertura del suelo y muchos otros conjuntos de datos ambientales, geofísicos y socioeconómicos (Tabla 1). El catálogo se actualiza continuamente a una velocidad de casi 6000 escenas por día de las misiones activas, con una latencia típica de aproximadamente 24 h desde el momento de adquisición de la escena. Los usuarios pueden solicitar la adición de nuevos conjuntos de datos al catálogo público, o pueden cargar sus propios datos privados a través de una interfaz REST utilizando herramientas basadas en el navegador o en la línea de comandos y compartir con otros usuarios o grupos, según lo deseen.

Earth Engine utiliza un modelo de datos simple y altamente general basado en bandas de trama cuadradas 2D en un contenedor ligero de "imagen". Los píxeles en una banda individual deben ser homogéneos en tipo de datos, resolución y proyección. Sin embargo, las imágenes pueden contener cualquier número de bandas y las bandas dentro de una imagen no necesitan tener tipos de datos o proyecciones uniformes. Cada imagen también puede tener metadatos de clave / valor asociados que contienen información como la ubicación, el tiempo de adquisición y las condiciones bajo las cuales la imagen fue recopilada o procesada.

Las imágenes relacionadas, como todas las imágenes producidas por un solo sensor, se agrupan y se presentan como una "colección". Las colecciones proporcionan capacidades de filtrado y clasificación rápidas que facilitan a los usuarios buscar en millones de imágenes individuales para seleccionar datos que cumplan con criterios espaciales, temporales u otros específicos. Por ejemplo, un usuario puede seleccionar fácilmente imágenes diurnas del sensor Landsat 7 que cubren cualquier parte de Iowa, recopiladas en el día del año 80 a 104, de los años 2010 a 2012, con menos del 70% de cobertura de nubes.

Las imágenes cargadas en Earth Engine se procesan previamente para facilitar un acceso rápido y eficiente. Primero, las imágenes se cortan en mosaicos en la proyección y resolución originales de la imagen y se almacenan en una base de datos de mosaicos eficiente y replicada. Se eligió un tamaño de mosaico de 256 × 256 como una compensación práctica entre la carga de datos innecesarios frente a la sobrecarga de emitir lecturas adicionales. A diferencia de los sistemas convencionales de "cubo de datos", este proceso de ingesta de datos preserva la información: los datos siempre se mantienen en su proyección original, resolución y profundidad de bits, evitando la degradación de datos que sería inherente al remuestreo de todos los datos a una cuadrícula fija que puede o no ser apropiada para cualquier aplicación en particular.

Además, para permitir una visualización rápida durante el desarrollo del algoritmo, se crea una pirámide de mosaicos de resolución reducida para cada imagen y se almacena en la base de datos de mosaicos. Cada nivel de la pirámide se crea reduciendo la muestra del nivel anterior por un factor de dos hasta que la imagen completa encaja en una sola casilla. Cuando se hace un muestreo inferior, las bandas de valor continuo generalmente se promedian, mientras que las bandas de valor discreto, como las etiquetas de clasificación, se muestrean usando uno de muestreo mínimo, modo, máximo o fijo. Cuando se solicita una parte de los datos de una imagen para el cálculo a una resolución reducida, solo se deben recuperar los mosaicos relevantes del nivel de pirámide más apropiado de la base de datos de mosaicos. Esta reducción de escala de potencia de dos permite tener datos listos en una variedad de escalas sin introducir una sobrecarga de almacenamiento significativa, y se alinea con los patrones de uso comunes en la asignación basada en web.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Earth Engine está construido sobre una colección de tecnologías habilitadoras que están disponibles dentro del entorno del centro de datos de Google, incluido el sistema de administración de clúster Borg (Verma et al., 2015); las bases de datos distribuidas Bigtable (Chang et al., 2008) y Spanner (Corbett et al., 2013); Coloso, el sucesor del Sistema de archivos de Google (Ghemawat et al., 2003; Fikes, 2010); y el marco FlumeJava para la ejecución de tuberías paralelas (Chambers et al., 2010). Earth Engine también interopera con Google Fusion Tables (Gonzalez et al., 2010), una base de datos basada en la web que admite tablas de datos geométricos (puntos, líneas y polígonos) con atributos.

La arquitectura del sistema simplificada se muestra en la Fig. 2. El Earth Engine Code Editor y las aplicaciones de terceros utilizan bibliotecas de clientes para enviar consultas interactivas o por lotes al sistema a través de una API REST. Las solicitudes sobre la marcha son manejadas por servidores front-end que envían subconsultas complejas a Compute Masters, que administran la distribución de cómputo entre un grupo de servidores de cómputo. El sistema por lotes funciona de manera similar, pero utiliza FlumeJava para gestionar la distribución. Respaldando ambos sistemas de cómputo hay una colección de servicios de datos, que incluye una base de datos de activos que contiene los metadatos por imagen y proporciona capacidades de filtrado eficientes. El software de administración de clúster Borg gestiona cada componente del sistema y cada servicio está equilibrado en carga sobre múltiples trabajadores. La falla de cualquier trabajador individual simplemente da como resultado que la persona que llama vuelva a emitir la consulta.

Las consultas a Earth Engine se basan en la composición funcional y la evaluación. Los usuarios construyen consultas encadenando operaciones extraídas de la biblioteca de Earth Engine de más de 800 funciones, que varían en complejidad desde simples funciones matemáticas hasta potentes operaciones de geoestadística, aprendizaje automático y procesamiento de imágenes. La biblioteca hace que sea fácil expresar operaciones entre imágenes usando una forma de álgebra de imágenes, y admite funciones de orden superior: `map()` e `iterate()` permiten aplicar funciones arbitrarias a colecciones de imágenes, mientras que `reduce()` se usa para calcular resultados estadísticos en una variedad de formas que incluyen contextos regionales, de ventana deslizante, temporales, espectrales y de columna. La Tabla 2 resume los tipos de operaciones disponibles en la biblioteca del cliente.

La mayor parte de las funciones basadas en imágenes de la biblioteca son operaciones algebraicas por píxel que operan por banda o banda a banda, abarcando números enteros y matemática de punto flotante, comparaciones lógicas, manipulación de bits, conversión de tipos, Reemplazo condicional y operaciones de matriz multidimensional para el procesamiento en píxeles con valor de matriz. También se incluyen funciones comunes de manipulación de píxeles, como la búsqueda de tablas, la interpolación lineal por partes, la evaluación polinómica y la diferencia normalizada ubicua. La biblioteca aprovecha varios juegos de herramientas de aprendizaje automático preexistentes para proporcionar un fácil acceso a más de 20 tipos de clasificación supervisada, regresión y agrupamiento no supervisado, así como operaciones en matrices de confusión para la evaluación de precisión. Para las tareas de visión artificial, están disponibles operaciones de ventanas comunes basadas en el núcleo, como convolución, operaciones morfológicas, análisis de distancia y textura, así como operaciones simples basadas en el vecino, como gradiente, pendiente, aspecto y conectividad. Otras capacidades incluyen operaciones de metadatos de imagen y banda, manipulaciones de proyección y remuestreo, enmascaramiento y recorte, desplazamiento y registro de imagen a imagen y una variedad de herramientas especializadas comunes para aplicaciones de teledetección que incluyen desmezcla espectral restringida, crecimiento regional y costo operaciones de mapeo.

Estas funciones de biblioteca se pueden componer para crear una descripción del cálculo que el usuario desea realizar. Esta descripción computacional finalmente toma la forma de un gráfico acíclico dirigido (DAG) en el que cada nodo representa la ejecución de una función individual o un descriptor de acceso a datos y contiene pares clave / valor de argumentos de funciones con nombre. Esto es, en esencia, un entorno de programación funcional puro, y Earth Engine aprovecha las técnicas estándar comúnmente utilizadas por los lenguajes funcionales, como la transparencia referencial y la evaluación perezosa, para una optimización significativa y ganancias de eficiencia.

Los usuarios escriben programas de Earth Engine utilizando bibliotecas de clientes (actualmente disponibles para los lenguajes Python y JavaScript) que permiten al usuario describir gráficos de procesamiento utilizando un paradigma de programación de procedimientos familiar. Las bibliotecas del cliente proporcionan objetos proxy para imágenes, colecciones y otros tipos de datos, como números, cadenas, geometrías y listas. Los scripts de usuario manipulan estos objetos proxy, que registran la cadena de operaciones y los ensamblan en un DAG que expresa el cálculo completo. Este DAG se envía al servicio Earth Engine para su evaluación.

Los DAG se evalúan a través de una secuencia de transformaciones gráficas. Los subgrafos se simplifican con avidez mediante una evaluación inmediata donde sea posible, para evitar cálculos redundantes y en cualquier lugar donde no se encuentre disponible una implementación paralela. Por ejemplo, una subgrafía que representa $3 + 7$ se simplificará inmediatamente al valor 10. Otros nodos en el gráfico se expanden, por ejemplo, cuando se evalúa un nodo que se refiere a una colección de imágenes, se expande a una secuencia de imágenes para ser consumido en lotes por operaciones de procesamiento posteriores. Los nodos que representan operaciones de procesamiento complejas pueden emplear cualquiera de varias estrategias para el procesamiento distribuido que se describen en la siguiente sección.

Earth Engine está diseñado para admitir la exploración y el análisis rápido e interactivo de datos espaciales, lo que permite al usuario desplazarse y hacer zoom a través de los resultados para examinar un subconjunto de la imagen a la vez. Para facilitar esto, Earth Engine utiliza un modelo de cálculo diferido que le permite calcular solo las porciones de salida que son necesarias para cumplir con la solicitud actual.

Como ejemplo ilustrativo, un usuario podría desear calcular la diferencia entre dos compuestos estacionales, para resaltar los cambios debidos a la fenología o la capa de nieve. Un ejemplo simplista de esto podría expresarse utilizando la biblioteca del cliente de Earth Engine como la resta de dos imágenes compuestas (Listado 1). Este código crea dos colecciones filtradas, una de todas las imágenes de Landsat 8 para noviembre, diciembre y enero, y una segunda de todas las imágenes de Landsat 8 de junio, julio y agosto. Se calcula un valor medio temporal para cada banda en cada colección (para minimizar los efectos de las nubes y las sombras de las nubes), y los compuestos resultantes se restan para calcular el cambio en los valores.

Un entorno informático tradicional (no perezoso) podría comenzar a componer los píxeles para uno o ambos compuestos tan pronto como se procese la expresión, lo que generalmente requiere que los conjuntos de datos de entrada se procesen previamente en una proyección de mapa común, resolución, y región de interés por adelantado.

En cambio, Earth Engine adopta un enfoque diferente: pospone los píxeles de salida hasta que sepa más sobre el contexto en el que se necesitan. Por ejemplo, si el resultado se muestra en un mapa interactivo, el nivel de zoom del mapa y los límites de la vista pueden determinar dinámicamente la proyección y la resolución de la salida, y pueden restringir el cálculo de píxeles a solo los píxeles que son visibles. Alternativamente, si el resultado se está utilizando como entrada para otro cálculo, ese cálculo puede solicitar una proyección, resolución y límites apropiados para los píxeles necesarios. Esta información se utiliza para volver a muestrear y reproyectar automáticamente los datos de entrada en la mosca, lo que permite visualizar rápidamente los resultados o usar esa expresión en un cálculo más complejo sin requerir que el usuario especifique previamente qué píxeles se necesitarán. La reproyección y el remuestreo a la proyección de salida solicitada se realiza de manera predeterminada utilizando el remuestreo de las entradas más cercano al vecino, para preservar la integridad espectral, seleccionando píxeles del siguiente nivel de pirámide de resolución más alta de cada entrada. Sin embargo, cuando el usuario tiene preferencias sobre cómo se gestiona esta reproyección, tiene la opción de controlar con precisión la cuadrícula de proyección y puede elegir entre los modos de muestreo bilineal y bicúbico.

Este enfoque fomenta un modo interactivo e iterativo de exploración de datos y desarrollo de algoritmos. Una vez que un usuario ha desarrollado un algoritmo que le gustaría aplicar a escala, puede enviar una solicitud de procesamiento por lotes a Earth Engine para calcular el resultado completo y materializarlo como una imagen en Earth Engine o como una o más imágenes, tabla o archivos de video para descargar.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE DATOS

Las funciones en la biblioteca de Earth Engine utilizan varios modelos de paralelización y distribución de datos incorporados para lograr un alto rendimiento. Cada uno de estos modelos está optimizado para un patrón de acceso a datos diferente (más información en el artículo *Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone* de N. Gorelick et al. / *Remote Sensing of Environment* 202 (2017) 18–27).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este capítulo se basa en el análisis realizado en el Taller "Training for the use of Satellite Tools developed by NASA for Monitoring of Drought in Chile", el 18 de diciembre en INIA – La Cruz, región de Valparaíso, Chile. La discusión estuvo liderada por Jaime Salvo, INIA – La Cruz y las conclusiones por Beatriz Ormazábal, Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA), del Ministerio de Agricultura de Chile.

La Dra. Alyssa Whitcraft, de la Universidad de Maryland – Estados Unidos, se unió vía remota en esta etapa del encuentro, para realizar sus aportes a la discusión, según las preguntas que se le plantearon.

¿Cuáles son los desafíos sobre el monitoreo de la nieve y la sequía? ¿cómo seguir usando herramientas satelitales para el monitoreo de los cultivos?

Observando desde el satélite, se ha visto la sequía que está sufriendo Chile y se puede avanzar integrando esta información a la toma de decisiones a todo nivel, sector público y privado.

El monitoreo de nieve no es un aspecto muy fuerte dentro del Programa NASA Harvest, sin embargo, se usa mediciones hidrológicas y permanentemente se está caracterizando la sequía desde varias perspectivas: meteorológica, hidrológica e identificación de las señales dadas por la vegetación.

Es importante comprender que está pasando con el agua, tanto consumo humano como agua para cultivos. En parte, esto se está abordando al comprender qué está pasando con la nieve para decidir cómo usar el recurso hídrico.

¿cómo lograr que los agricultores accedan a este tipo de información? ¿cómo darle valor a la información en el campo?

"The last mile" (o el último recorrido/kilómetro, en español) para lograr llegar con la información directamente a los agricultores ha sido un gran desafío y permanente preocupación del Programa NASA Harvest. En general, se ha tenido éxito al trabajar con aquellos agricultores que ya tienen una buena conexión y que apoyen a otros agricultores, trabajando en comunidad. Es decir, se requiere que se establezcan relaciones entre ellos. Según la experiencia de NASA, para tener éxito en estas relaciones se necesita tener una necesidad común, beneficios mutuos y desarrollar la confianza.

Dadas las vulnerabilidades de los agricultores, se necesita apoyarlos con sistemas que no hagan más difícil su vida. En el caso de la información, que sea muy clara, actualizada rápida y fácilmente disponible; con recomendaciones sobre riesgos. El rol en lo técnico debería ser reducir la complejidad de la información agroclimática y la mejor manera de hacer llegar esta información es a través de las relaciones ya existentes entre ellos, establecidas bajo la confianza. Es decir, tienen la misma necesidad, pueden obtener el mismo beneficio y comparten el riesgo.

En el contexto de la conmemoración de los 10 años del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos Agroclimáticos, proceso de trabajo colaborativo del MINAGRI, liderado por el Sr. Antonio Yaksic, Jefe de SEGRA – MINAGRI, el INIA ha realizado un esfuerzo de publicar mes a mes informes con datos

satelitales con indicadores como NDVI, EVI, y disponibilidad de agua, para las 16 regiones con que cuenta Chile.

**¿será necesario hacer una validación en terreno de la información que se presenta en estos informes?
¿los indicadores desarrollados con imágenes satelitales corresponderán a lo que está pasando con los cultivos en terreno? ¿se puede tener confianza sobre lo que pasa en campo?**

Siempre se requiere validar con información de campo, el esfuerzo no termina en el trabajo de gabinete con las imágenes. Esto, es particularmente importante cuando se están produciendo condiciones extremas: sequía o mucha humedad. Además, la máscara de los cultivos cambia año a año, ya que la zona de cultivo cambia, dada las condiciones climáticas cambiantes.

Todos los indicadores desarrollados pueden tener utilidad. Los especialistas pueden identificar lo que significa y no significa un indicador y según la experiencia técnica relacionar con lo que ocurre en terreno. Sin embargo, la validación de la información de terreno ayuda a mejorar estos indicadores. Además, para aumentar el impacto de esta información, se requiere transformar la información a algo que sea fácilmente entendible para quien toma la decisión.

La agricultura de precisión ya está poniendo en práctica esto, dan recomendaciones específicas, según situación climática. Esto permite tomar decisiones fácilmente ya que el agricultor identifica sus riesgos y sabe cuán tolerable es frente a ellos, y así decidir qué hacer.

Los participantes del encuentro expusieron sus puntos de vista en una conversación, moderada por Jaime Salvo de INIA – La Cruz, basada en preguntas, según se detalla a continuación.

¿qué nos hace falta para desarrollar un monitoreo conjunto de la nieve y la sequía? Dado el contexto actual de la sequía, sequía severa, ¿es de utilidad de hacer monitoreo de la nieve?

SEGRA, a través de su profesional Sra. Liliana Villanueva Nilo, señala que antes de analizar qué falta para hacer monitoreo, se debe tener presente que se ha hecho esfuerzos por realizar monitoreo de la sequía y que cada uno de los profesionales ha aportado como experto, desde sus instituciones. La invitación es a seguir respondiendo a la invitación del Ministerio de Agricultura, que no tiene todos los especialistas, sin embargo, pone una mesa de trabajo para facilitar el acercamiento entre ellos, con el fin de hacer propuestas y luego desarrollar un trabajo muy útil para la gestión de riesgos agroclimáticos, particularmente para el monitoreo de la sequía.

Un ejemplo claro de ello es el aporte de los expertos INIA que mes a mes desarrollan e interpretan la información que luego integra un boletín. Este boletín, enviado a la Sección, resume los riesgos para los principales rubros. Nuestro aporte está en la difusión y en la preparación de piezas comunicacionales más simples y resumidas para los usuarios. Es importante seguir contando con el aporte de especialistas, que aporten su experiencia para una mejor gestión de riesgos.

A modo de ejemplo, tanto la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), como la Dirección General de Aguas (DGA), con sus nuevos equipos de profesionales cuenta con especialistas de alto nivel en sus áreas de competencia. Hay otras instituciones que colaboran. Y luego el MINAGRI aporta con la visión agrícola.

En general, la audiencia considera de utilidad el desarrollo de indicadores para el monitoreo de la sequía tales como cobertura de nieve y equivalente de nieve en agua, según lo abordado en la colaboración con NASA.

El IICA, a través de su representante Sr. Roberto Castro hace presente que si se utiliza una herramienta con un objetivo distinto para el que ha sido diseñada es difícil lograr resultados cercanos a la realidad (causará confusión en la interpretación de resultados). No es un problema de las observaciones de la tierra, sino que sería un problema de metodología, es decir, se requiere ajustes según cada caso (extraer objetos que no son parte del estudio).

El índice NDVI se construye en base a dos bandas: una es la roja y otra la infrarroja. La banda roja muestra muy bien que está ocurriendo a la planta, desde el punto de vista de captura del color rojo para realizar sus fotosíntesis y también muestra cómo se está calentando expuesta al sol a través de la banda infrarroja. La combinación de ambas bandas muestra cómo se está desarrollando la vegetación. NDVI no sería un buen indicador para nieve, pero, combinación de otras bandas diferentes pudiera ser de mayor utilidad, según el objetivo planteado.

¿hay interés en participa en algún proyecto futuro sobre monitoreo del clima y cómo está afectando los cultivos? ¿qué aporte podemos hacer desde nuestras instituciones para ello?

CSIRO, a través del especialista Diego Ocampo, ha estado trabajando en eventos de lluvias sobre la nieve mediante teledetección para reconstruir isoterms. Recientemente, se está participando en mesas de trabajo auspiciadas por ANGLOAMERICAN muchos expertos en nieve para identificar cómo va a ser la ciencia de montaña, hacia donde hay que orientar los esfuerzos de financiamiento, y uno de esos esfuerzos es la observación de montaña y la nieve. Este es un momento clave para reforzar los esfuerzos sobre monitoreo de la nieve, modelamiento de las dinámicas hídricas que son determinadas por la nieve, al ser Chile un país de montaña.

CSIRO está muy interesado en participar y contribuir con los esfuerzos del Ministerio de Agricultura en teledetección, en integración de datos de campo con satélite, en mejora de modelos, mejora de indicadores como NDSI, en cómo diferenciar las respuestas hidrológicas de nieve y de un glaciar, para hacer frente a la sequía. Además, aportar en definir cómo aportar productos de información, basados en observaciones de la tierra, orientados hacia la agricultura.

DGA, a través de su especialista Ángel Berríos, Analista en Información Hidrométrica, hace un llamado a la unión, desde las diferentes experiencias, para generar un producto para la ciudadanía. Se debe tener presente que la parte técnica de las instituciones públicas en general se ve bastante divorciada de los centros de investigación. Falta validar la información que generan los centros de investigación con la parte técnica que desarrolla el sector público especializado.

El sector público cuenta con profesionales especialistas que pueden dar su opinión desde el punto de vista técnico, considerando la plataforma que se está generando. Se debe validar con registros disponibles. La DGA puede aportar con el desarrollo de investigaciones y plataformas orientadas al monitoreo de la sequía.

INIA, en sus boletines desarrollado mes a mes incorpora la información hidrológica oficial publicada por la DGA. Con DGA se puede ir mejorando la información hidrológica contenida allí para los años que siguen.

INIA, a través de su especialista Carlos Ovalle, plantea que dentro de las instituciones no se tienen todas las capacidades y por ello se requiere la integración, aspecto fundamental en hidrología. INIA, conoce los

aspectos hídricos de la puerta del potrero hacia adentro. Si se requiere monitorear y pronosticar sequía, se debe seguir ampliando el abanico de espacialidades en la institución, para ello es importante seguir estableciendo alianzas.

Los participantes de este taller en general tienen las capacidades para comprender este tipo de información. En la agricultura hay productores que pueden contar con sus asesores para interpretar la información agroclimática, sin embargo, hay otros grupos que no necesariamente tienen acceso a esta información, a comprenderla y hacer uso de ella. Los esfuerzos se deberán seguir centrando en cómo estrechar esta brecha.

¿cómo lograr que la agricultura campesina acceda a estos productos que están siendo desarrollados con la NASA, al más alto nivel, para tomar decisiones productivas (qué cultivo, dónde ubicarlo, etc.)?

Se debe tener presente que la tecnología avanza muy rápido, que debe estar también al servicio de la agricultura, que posiblemente en el futuro la información se tenga disponible en hologramas en el campo.

INDAP, a través de su especialista Francisco Parada, encargado Nacional de Emergencias Agrícolas, desde la experiencia de terreno señala que ya hay coordinaciones, establecidas con los profesionales de SEGRA, que pueden dar frutos en beneficio de los agricultores. Se deberá tener presente que contar con datos no es lo mismo que disponer de información. La información está generalmente orientada a los asesores técnicos y que no necesariamente están llegando al agricultor. Además, frente a la incertidumbre planteada por la situación climática, el agricultor debe hacer una apuesta sobre qué hacer, qué plantar/sembrar, qué superficie, etc. Dada esta incertidumbre, se da el espacio para otro tipo de negocios en el campo, como el inmobiliario. Es importante, seguir orientando los esfuerzos a la gestión de riesgos agroclimáticos, bajo un esquema de trabajo colaborativo; y seguir haciendo esfuerzos para que la información (de alto valor, con el aporte de NASA) llegue a los agricultores a nivel más local.

Se debe hacer esfuerzos en cómo transmitir la información, en construir conocimiento con los agricultores, dotar de confianza y certidumbres a los agricultores, con una transferencia del conocimiento más horizontal con apoyo de los profesionales de las distintas instituciones. Especialistas trabajando a la par con los agricultores en el territorio.

"Nuestros agradecimientos al Sr. Antonio Yaksic, jefe de SEGRA, que ha posibilitado el trabajo de estos 10 años, dando un paso fundacional para enfrentar una nueva etapa de gestión de riesgos en nuestro país".

SEGRA, a través de su Secretaria Técnica Sra. Beatriz Ormazábal, cierra el encuentro haciendo referencia a que hace 10 años, cuando se inició con el enfoque de gestión de riesgos había nada, ahora estamos hablando de qué otra información se requiere. Seguramente, se continuará planteando este tipo de interrogantes ya que no se tiene cubierta todas las regiones, no se ha llegado a todos los agricultores.

Es interesante destacar que hace 10 años el trabajo se inició en INIA – Quilamapu (en Chillán) y en esa oportunidad se planteó que la gestión de riesgos no era posible sin un robusto sistema de información. Ahora, en este punto, es un gran logro trabajar con ayuda internacional: con el International Research Institute for Climate and Society (IRI) – Universidad de Columbia; con la NASA bajo sus distintos programas; con el apoyo de los expertos de la Universidad de Maryland; sin embargo, nos sigue faltando apoyo, información, especialistas, etc.

El Sistema de Información para la Gestión de Riesgos Agroclimáticos, liderado por SEGRA, no es sólo una iniciativa del Ministerio de Agricultura o del sector agricultura, va más allá. Y, por lo tanto, deberá seguir mejorando con el aporte de todas las instituciones. La esperanza es seguir trabajando todos colaborativamente, de forma integrada, en beneficio de todos.

PARTICIPANTES DE LA COOPERACIÓN NASA DEVELOP 2017

La mesa de trabajo para el desarrollo del proyecto NASA Develop (2017) en sus Etapas I y II estuvo integrada por los siguientes profesionales e instituciones. Nuestros agradecimientos por su aporte en nuestro trabajo colaborativo con NASA.

Nombre	Institución
Antonio Yaksic Soulé	Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) - MINAGRI
Liliana Villanueva Nilo	Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) - MINAGRI
Carlos Quezada Guerrero	Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) - MINAGRI
Andrea Acevedo Núñez	Dirección Meteorológica de Chile (DMC)
Diego Campos Díaz	Dirección Meteorológica de Chile (DMC)
Rodrigo Chacón	Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF)
Héctor Maureira	Water Center for Arid and Semi-Arid Zones in Latin America and the Caribbean (CAZALAC)
Cristóbal Campos	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Sergio Maldonado	Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
Eliana Henríquez	Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
Brahim Nazarala	Dirección General de Aguas (DGA)
Felipe Pérez	Dirección General de Aguas (DGA)
David López	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
Luis Muñoz	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
Cristian Orrego Nelson	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
Carlo Guggiana	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
Nicole Schaffer	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
Leonardo Pizarro Fuentes	Comisión Nacional de Riego (CNR)
Cristian Mattar	Laboratorio para el Análisis de la Biósfera - Universidad de Chile
Köen Verbist	UNESCO
Javier Chaud	Agregaduría Agrícola, Embajada de Chile en Estados Unidos
Eduardo Santos	Agregaduría Agrícola, Embajada de Chile en Estados Unidos
Fernando Vásquez	Agregaduría Agrícola, Embajada de Chile en Estados Unidos

