

Anexo Técnico a los Términos de Referencia de la Consultoría “Optimización y Ampliación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) de Deforestación de la República Argentina”

El presente documento es una descripción técnica somera sobre el Sistema de Alerta Temprana (SAT) de Deforestación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación y el Sistema Integrado de Información Forestal, y presenta los requisitos excluyentes y deseables, para facilitar el entendimiento y presentación de las propuestas técnicas de la consultoría en cuestión.

1) Terminología

Se aclaran los siguientes términos utilizados en los Términos de Referencia.

- **algoritmo:** secuencia de pasos para lograr un objetivo dado (por ejemplo, cómo hacer para detectar un punto de quiebre en una serie de tiempo).
- **modelo:** marco conceptual cuyo corazón es el algoritmo, pero incluye preprocesamiento y un esquema de inferencia (por ejemplo, un algoritmo para detectar un punto de quiebre en una serie de tiempo más una regla de decisión que determine cuando un píxel fue deforestado).
- **script:** implementación en código de un modelo.

2) Área de trabajo de la consultoría

El SAT se encuentra operativo en las subregiones Chaco Húmedo y Chaco Semiárido de la región Parque Chaqueño (PCH). La presente consultoría comprende las regiones Parque Chaqueño, Selva Paranense, Yungas y Espinal (distritos Ñandubay y Caldenal) (Fig. 1).

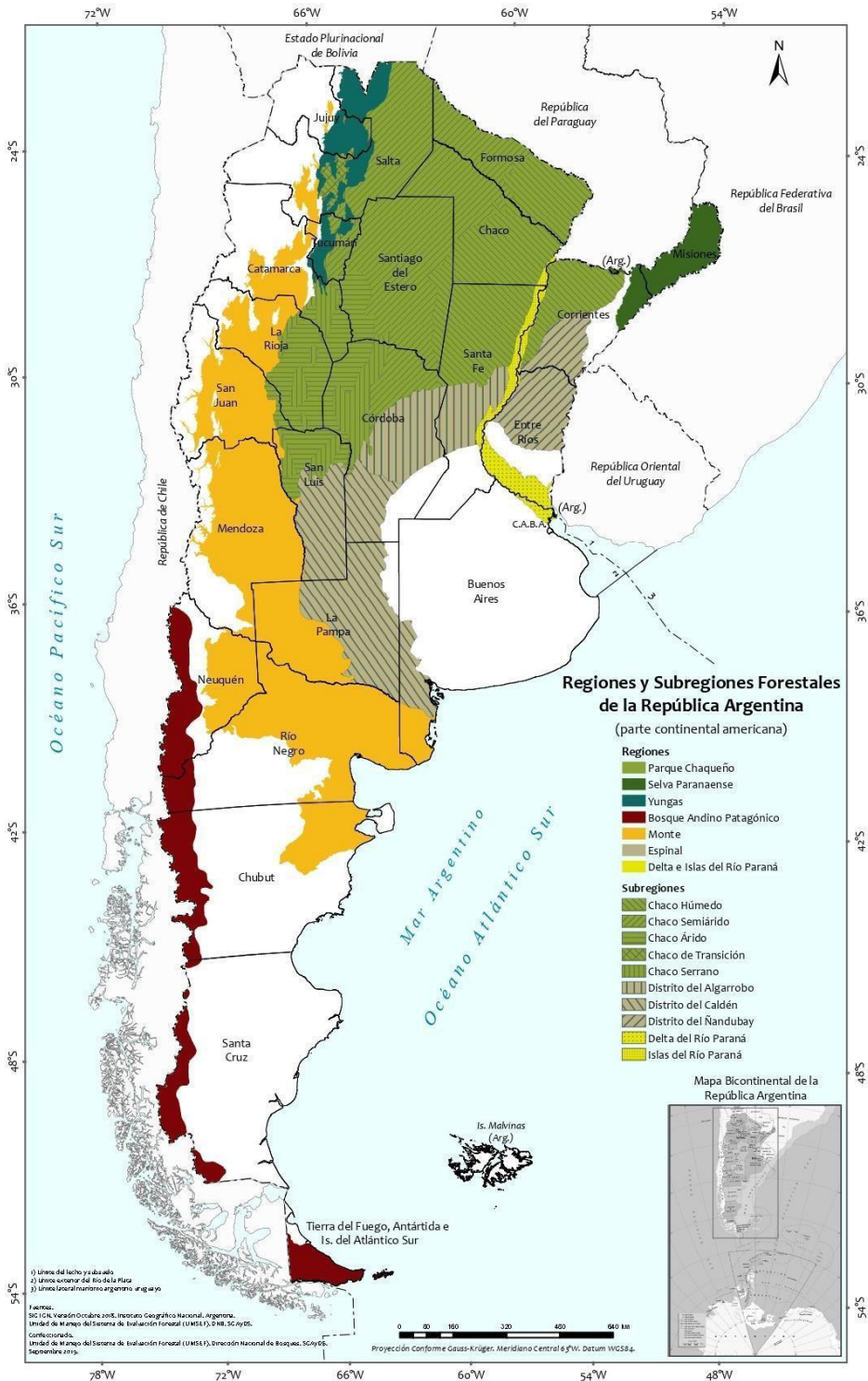


Figura 1. Regiones forestales y subregiones

3) Funcionamiento actual del SAT

a) Generación de alertas de deforestación para el Parque Chaqueño

El sistema se ejecuta cada 15 días y procesa automáticamente imágenes satelitales Landsat 7, Landsat 8 y Sentinel 2, para la generación de alertas de deforestación, aplicando algoritmos de detección de cambios en el entorno de Google Earth Engine (GEE). El sistema está desarrollado en Python, y utiliza la API de GEE para este lenguaje.

Para generar las alertas el sistema realiza una comparativa del índice de vegetación NDVI (*normalized difference vegetation index*) entre cada imagen disponible en el período analizado (quincena). Comienza la observación dos meses antes de la primera imagen disponible para poder generar una estadística y asegurar la presencia de datos para la comparativa de la primera imagen del período. Luego, el sistema “avanza” imagen por imagen hasta llegar a la última del período analizado, y en cada una de ellas realiza dos análisis comparativos (ambos son pixel a pixel):

1. Relativo: se genera un estadístico (mediana) del valor del índice de las 5 imágenes anteriores a la que se está analizando y se compara con el valor del índice de la imagen actual. Si la comparativa supera el umbral fijado se etiqueta como cambio.
2. Absoluto: se compara el valor del índice de vegetación de cada pixel de la imagen que se está analizando con un umbral absoluto fijado por el usuario. Si está por debajo del umbral se etiqueta como cambio.

Luego, el sistema, pixel a pixel, genera un acumulado de las etiquetas asignadas en el análisis anterior y produce una etiqueta final. Si durante todo el período analizado se encontró 1 cambio la etiqueta será “cambio probable”, si se encontraron 2 o más cambios, la etiqueta será “cambio confirmado”. Por último, los pixeles del producto generado son agrupados y convertidos a un formato vectorial (polígonos) en los que cada uno contiene la siguiente información: etiqueta (probable o confirmada), fecha en que se asignó la etiqueta “probable” y fecha en la que se asignó la etiqueta “confirmada”.

Actualmente, las alertas son generadas por provincia, y en el caso de algunas jurisdicciones muy extensas, las provincias deben ser subdivididas.

El SAT opera sobre las áreas consideradas Tierras forestales y Otras tierras forestales del monitoreo de bosque nativo de la DNB (ver definiciones más abajo). En este sentido, cada quincena se aplica una máscara actualizada con las áreas de Otras tierras (anteriores y los nuevos polígonos que se generan en cada quincena de las alertas). Este proceso se realiza de forma manual y es uno de los procedimientos que se espera automatizar.

La totalidad de las alertas son luego validadas mediante interpretación visual observando las imágenes disponibles para cada período. Para evitar tener que descargar cada imagen que se requiera observar para la validación, lo cual llevaría un considerable tiempo, se utiliza una aplicación desarrollada en GEE para poder cargar en el software QGIS las imágenes disponibles

en dicha plataforma. Para lograr esto se desarrolló una aplicación en python que corre en un servidor web y permite descargar el código que se necesita ejecutar en QGIS para vincular con GEE. Esta aplicación permite seleccionar provincia, sensor (Landsat 7, Landsat 8 o Sentinel), combinación de bandas en la que se visualizarán las imágenes y período de tiempo.

Por último, las alertas son procesadas en el SIIF, para el cálculo de superficies y el cruce con información secundaria: departamentos, Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) y Planes aprobados por las provincias y cargados en el Registro Nacional de Planes.

b) Reportes y respuesta por parte de las provincias

Una vez finalizado el procesamiento, se envía a cada provincia un reporte con el detalle de las alertas y el requerimiento de información sobre la legalidad de cada evento de deforestación (si estaba autorizado o no, instrumento que autoriza el desmonte, número de expediente y medidas a tomar en caso de los eventos ilegales, entre otros datos). Los reportes incluyen una tabla resumen con información de cada polígono deforestado (superficie, OTBN, Plan y departamento) y a modo ilustrativo se presentan capturas de las imágenes de media resolución empleadas para la digitalización, que muestran la situación pre y post deforestación. Estos reportes se realizan utilizando una planilla modelo (elaborada en Power Point). Posteriormente, se realiza el envío por correo electrónico del reporte, coberturas SIG y nota del Director Nacional a las autoridades y referentes técnicos indicados por las provincias. La confección de estos reportes y el seguimiento vía correo electrónico demandan tiempo y se realizan de forma manual, por lo que la automatización de este tipo de salidas u otra similar, o parte de ella, es un requerimiento para disminuir los tiempos y evitar errores.

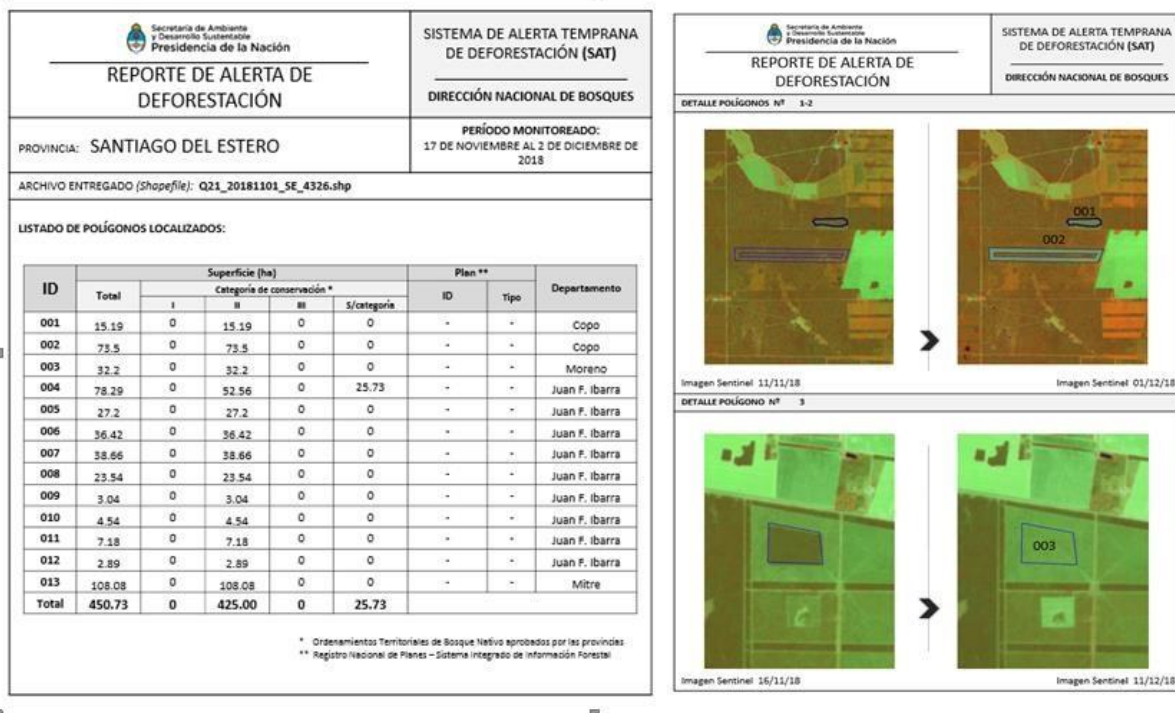


Figura 2. Formato del reporte de alertas

c) Generación de alertas de deforestación para Yungas y Selva Paranaense mediante Alertas GLAD

El equipo GLAD (Global Land Analysis and Discovery) de la Universidad de Maryland (USA) genera diariamente alertas de deforestación para los bosques y forestaciones ubicadas en los trópicos. En Argentina, el área de análisis cubre desde el extremo norte hasta la latitud 30°S (norte de la provincia de Córdoba aproximadamente). Si bien las alertas están disponibles en toda esta área, durante el desarrollo del algoritmo fueron probadas y analizadas con detalle en la selva tropical húmeda de Perú, república del Congo e Indonesia.

Para la generación de las alertas utiliza datos provenientes de imágenes Landsat 7 y Landsat 8. Para un sitio dado, la resolución temporal de las alertas es de 7 días. El algoritmo básicamente realiza una clasificación automática utilizando un clasificador previamente entrenado para determinar si el dato en análisis corresponde a un evento de deforestación [Humid tropical forest disturbance alerts using Landsat data \(Hansen et al. 2016\)](#). Las alertas generadas están clasificadas en “alertas probables” y “alertas confirmadas”. El producto que obtiene el equipo diariamente es subido a la plataforma GEE y está disponible para cualquier usuario.

d) Desarrollo propio para la descarga de alertas GLAD

Si bien las alertas generadas por el equipo GLAD están disponibles directamente en la plataforma GEE, se encuentran en formato raster y contiene la codificación asignada por el equipo para la etiquetación de los distintos tipos de alertas y las fechas de detección de los cambios. Por este motivo, se desarrolló una aplicación en código Python que procesa dichas alertas utilizando la API de GEE y permite descargar en formato vectorial (polígonos) las alertas disponibles para el período deseado.

4) Otras alertas de deforestación globales

En cuanto a nuevas fuentes de información globales con otro tipo de sensor, es posible indagar acerca de del sistema de alerta temprana de deforestación de JJ-FAST diseñado para bosques tropicales que utiliza imágenes radar SAR (Synthetic Aperture Radar), las cuales emiten microondas y usan la reflexión del suelo para obtener información. El sistema alcanza el norte de Argentina. <https://www.eorc.jaxa.jp/jjfast/system.html>

5) Evaluación del desempeño del sistema

Los indicadores actualmente empleados para evaluar la calidad del sistema de generación de alertas son la precisión y la exhaustividad. La primera mide cuántos de los eventos que se etiquetaron como deforestados son efectivamente eventos de deforestación, mientras que la exhaustividad mide cuántos de los eventos deforestados que había para detectar, se encontraron efectivamente. Se calculan como,

$$P= 100*VP/(VP+FN) \quad E= 100*VP/(VP+FP)$$

siendo VP los verdaderos positivos, FN los falsos negativos y FP los falsos positivos.

Como indicador integral de la *performance* del sistema, se emplea el *f-score*, que es una métrica que engloba la precisión y la exhaustividad, y se calcula como:

$$F\text{-score} = 2 * (P*E)/(P+E)$$

La consultora podrá sugerir otros parámetros equivalentes que se acuerden con la DNB.

6) Requerimientos de resolución temporal y espacial para la generación de alertas

La frecuencia de generación de las alertas para las regiones Parque Chaqueño, Selva Paranaense y Yungas no podrá ser mayor a 15 días, que es la frecuencia del SAT operativo actual. Por otro lado, la resolución espacial de los satélites que generan las alertas no podrá ser menor a los 30m y la unidad mínima de alerta debe ser igual o inferior a 1 ha.

7) Diseño e implementación de módulo SAT en el Sistema Integrado de Información Forestal (SIIF)

Se adjunta documento con características del SIIF y Redmine, y los lineamientos de la Dirección de Sistemas Informáticos y Tecnología del MAYS, disponible en

<https://drive.google.com/drive/folders/1CfXiT1BbaOGrkuGzqiAkbXH7VsC-KT6F?usp=sharing>

Una vez que las alertas están validadas por la fotointerpretación de un técnico, son cargadas al SIIF, el cual permite a la autoridad nacional de aplicación (ANA) sistematizar e integrar la información de gestión y control de los bosques nativos. A través del mismo, se cruza la información georreferenciada de las alertas de desmontes, con los límites políticos (provinciales y departamentales), con los ordenamientos territoriales de bosques nativos (OTBN) y con los planes o proyectos de intervención cargados por cada provincia (Autoridades Locales de Aplicación - ALA). Como resultado se obtiene una tabla que informa para cada alerta de desmonte: la provincia, el o los departamentos que incluye, las superficies que abarca en cada una de las categorías del OTBN, y en caso de estar alcanzado por un plan o proyecto de intervención informa el ID, el tipo, la superficie del Plan operativo anual (POA) y el estado del mismo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	ID AT	Sup.AT	CAT I	CAT II	CAT III	Sin CAT	Sup.Plan	Sup.POA	N/OTBN	N/Plan	N/POA	Provincia	Departamento	Planes	Tipos	Estado	Categorías
2	13	1,3	0	1,3	0	0	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				amarillo
3	14	1	0	1	0	0	1	2	1	1	2	Santiago del Estero	Copo	22-20-2017	PC	Dado de alta	amarillo
4	15	0,7	0	0,7	0	0	0,7	1,4	1	1	2	Santiago del Estero	Copo	22-20-2017	PC	Dado de alta	amarillo
5	16	0,6	0	0,6	0	0	0,6	1,2	1	1	2	Santiago del Estero	Copo	22-20-2017	PC	Dado de alta	amarillo
6	17	0,2	0	0,2	0	0	0,2	0,4	1	1	2	Santiago del Estero	Copo	22-20-2017	PC	Dado de alta	amarillo
7	18	1,5	0	1,5	0	0	1,5	3	1	1	2	Santiago del Estero	Copo	22-20-2017	PC	Dado de alta	amarillo
8	19	1,7	0	1,7	0	0	1,7	3,4	1	1	2	Santiago del Estero	Copo	22-20-2017	PC	Dado de alta	amarillo
9	20	0,7	0	0,7	0	0	0,7	1,4	1	1	2	Santiago del Estero	Copo	22-20-2017	PC	Dado de alta	amarillo
10	21	0,2	0	0,2	0	0	0,4	0,4	1	2	2	Santiago del Estero	Copo	1820-20-2011, 22-20-2017	PC, PM	Dado de alta	amarillo
11	22	0,4	0	0,4	0	0	0,8	0,8	1	2	2	Santiago del Estero	Copo	1820-20-2011, 22-20-2017	PC, PM	Dado de alta	amarillo
12	23	0,6	0	0,6	0	0	1,2	1,2	1	2	2	Santiago del Estero	Copo	1820-20-2011, 22-20-2017	PC, PM	Dado de alta	amarillo
13	24	0,4	0	0,4	0	0	0,8	0,8	1	2	2	Santiago del Estero	Copo	1820-20-2011, 22-20-2017	PC, PM	Dado de alta	amarillo
14	25	0,5	0	0,5	0	0	1	1	1	2	2	Santiago del Estero	Copo	1820-20-2011, 22-20-2017	PC, PM	Dado de alta	amarillo
15	26	1,2	0	1,2	0	0	1,2	2,4	1	1	2	Santiago del Estero	Copo	22-20-2017	PC	Dado de alta	amarillo
16	27	1,8	0	1,8	0	0	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				amarillo
17	37	104,5	0	104,5	0	0	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				amarillo,Sin Categoría
18	38	41,5	0	27,4	0	14,1	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				amarillo,Sin Categoría
19	39	8	8	0	0	0	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				rojo
20	40	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				rojo
21	41	0,8	0,8	0	0	0	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				rojo
22	42	9,5	0	9,5	0	0	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				amarillo
23	43	2,9	0	2,9	0	0	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				amarillo
24	44	0,5	0	0,1	0	0,4	0	0	1	0	0	Santiago del Estero	Pellegrini				amarillo,Sin Categoría

Figura 3. Resultado de un cruce de alertas con la información cargada en el SIIF

En cuanto a la interacción del SAT y SIIF, sería deseable poder ajustar los sistemas de cálculos de superficies que utiliza este último (SIIF) y adaptar el formato en el que se descargan los resultados del cruce de datos, para generar un proceso más eficiente y eficaz en el momento de estructurar los

reportes que se le envían a las ALA desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (ANA). Asimismo, se espera generar salidas que brinden estadísticas compiladas con la información asociada a cada alerta y la posibilidad de realizar backups de forma automática de la base de datos.

8) Definición de bosque nativo para Argentina

La definición de bosque nativo de la Ley N° 26.331, su decreto reglamentario y la resolución COFEMA 230/2012, pauta 1.2., contempla a todos los ecosistemas forestales naturales en distinto estado de desarrollo de origen primario o secundario, que presentan una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20% y con árboles que alcanzan una altura mínima de 3m, incluyendo palmares.

Definición de las clases de cobertura de la tierra del nivel 1 de la leyenda del PINBN y de sus actualizaciones (clasificación adaptada del FRA 2000 de FAO):

Clase de cobertura de la tierra	Definición
Tierras Forestales (TF)	Tierras que constituyen un ecosistema natural que presentan una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20% con árboles que alcanzan una altura mínima de 7 m.
Otras Tierras Forestales/Otras Formaciones Leñosas (OTF)	Tierras que constituyen un ecosistema natural con una cobertura arbórea de especies nativas entre 5 y 20% con árboles que alcanzan una altura mínima de 7 m; o con una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20% donde los árboles presentan una altura menor a 7 m; o que presentan al menos un 20 % de cobertura arbustiva de especies nativas con arbustos de altura mínima de 0,5 m. Se incluyen palmares y cañaverales.
Otras Tierras (OT)	Tierras no clasificadas como Tierras Forestales u Otras Tierras Forestales. Incluye pastizales, cultivos, vegetación herbácea hidrófila, plantaciones forestales, cuerpos de agua, salinas, superficies sin vegetación, áreas urbanas e infraestructura.

9) Coberturas digitales disponibles para la región Espinal (distrito del Caldén):

- Cobertura digital de Bosques Nativos - Año 2006. Archivo: Espinal_calden_act02_2006. Fuente: UMSEF. Estas coberturas integran información previa del PINBN, actualizaciones, rectificaciones y ajustes de límites. El oferente que resulte seleccionado dispondrá de las coberturas originales e intermedias si así lo requiere.
- Cobertura digital de Bosques Nativos - Año 2006. Archivo: Estr_esp_cal. Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). 2007. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Regional Espinal. Segunda Etapa. 129 pp.

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/primer_inventario_nacionespinal_2da_etapa.pdf.

Los niveles jerárquicos de estratificación a considerar se mencionan en la página 27 y se describen en las páginas 28 a 34.

- Coberturas digitales del Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina, períodos: 2007, 2008-2011, 2012-2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. Archivo: esp_2006_2018_cg. Fuente: Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF). 2018. Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina. Año 2017. Regiones Forestales Parque Chaqueño, Yungas, Selva Paranaense y Espinal. Tomo I. Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires, Argentina. 61 pp.

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/monitoreo_de_la_superficie_de_bosque_nativo_de_la_argentina_2018_01.rar

- Cobertura digital del Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos. Provincias: Buenos Aires, Córdoba, La Pampa y San Luis. Archivos: OTBN_BA_WGS84; OTBN_CD_WGS84; OTBN_LP_WGS84; OTBN_SL_WGS84. Fuente: Unidad Ejecutora Provincial.

Las coberturas antes mencionadas se pueden consultar en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1CfXiT1BbaOGrkuGzqiAkbXH7VsC-KT6F?usp=sharing>

10) Antecedentes Programa ONU-REDD

Se ponen a disposición los informes realizados en el marco del Programa ONU-REDD sobre “Diseño metodológico para la detección y reporte de superficies afectadas por incendios. Región del Espinal” e “Informe con revisión de antecedentes sobre experiencias exitosas de estimación de

cobertura de copa en la región del Espinal o regiones ecológicas similares y análisis de potencial aplicación”. Disponibles en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1CfXiT1BbaOGrkuGzqiAkbXH7VsC-KT6F?usp=sharing>



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2020 - Año del General Manuel Belgrano

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: Anexo Técnico Consultoría Optimización y Ampliación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) de Deforestación de la República Argentina

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 10 pagina/s.