UNODC
Oficina de las Naciones Unidas
contra la Droga y el Delito

Guía metodológica para la identificación y análisis de drivers de deforestación en el marco del informe técnico elaborado para el proyecto de Sistema de Alerta y Respuesta Temprana (SART)

Septiembre, 2021

Contenido

Prólogo 3
Presentación 4
Justificación 5
Metodología 6
Determinación del área de estudio 6
Variables a considerar 7
Producción de información primaria 9
Obtención de imágenes satelitales 9
Análisis de imágenes satelitales 11
Recolección de información secundaria 17
Principales hallazgos 18
Recomendaciones finales para futuros estudios 18
Bibliografía 20

Prólogo

La Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (Unodc) es la agencia del Sistema de Naciones Unidas que tiene como misión contribuir a la paz y la seguridad mundial, el desarrollo y los derechos humanos haciendo que el mundo sea más seguro frente a las problemáticas de las drogas, el crimen, la corrupción y el terrorismo.

Una de las acciones de Unodc es brindar a los Estados Miembros asistencia técnica en la lucha contra el tráfico de drogas, la corrupción, la delincuencia organizada y todos los desafíos que se han creado a lo largo de los años por estas actividades.

Unodc colabora con el Ecuador, desde el año 2006, en temas relacionados al monitoreo de cultivos ilícitos. Esta agencia con el apoyo económico de la Unión Europea, junto al Estado ecuatoriano representado por la Defensoría del Pueblo y la Secretaría de Derechos Humanos, sumaron esfuerzos para el desarrollo e implementación de un Sistema de Alerta y Respuesta Temprana (SART) en el ámbito de la frontera norte. El SART es una herramienta cuyo objetivo es monitorear la situación de los Derechos Humanos, alertando en tiempo real sobre las inminentes o potenciales amenazas que puedan presentarse por distintos factores en las provincias ecuatorianas de la frontera norte. El SART será un instrumento gestionado por la Defensoría del Pueblo del Ecuador por mandato constitucional; a nivel del Ejecutivo, la Secretaría de Derechos Humanos asegurará el cumplimiento del mismo.

En este contexto, Unodc aportó con estudios especializados enfocados en el análisis de la presencia de cultivos ilícitos, las dinámicas del tráfico ilícito de drogas y los impulsores de la deforestación. El objetivo principal de estos estudios fue el análisis de información primaria y secundaria de las tres temáticas antes mencionadas. El análisis fue utilizado como insumo para alimentar al SART de información confiable, fortaleciendo así el monitoreo, la recopilación de información y la capacidad de respuesta rápida de actores nacionales y locales.

Presentación

La presente guía metodológica busca explicar a detalle las técnicas utilizadas en la realización de los documentos entregados para el proyecto SART, específicamente en la temática de identificación y análisis de drivers de deforestación. Además de la explicación de los pasos utilizados, se incluyen alternativas y recomendaciones que se pueden tomar en cuenta en futuros proyectos y estudios similares.

En relación a la identificación y análisis de los drivers de deforestación, se explica cómo se obtuvieron los resultados y cómo estos pueden ser replicados en otras realidades geográficas, sociales y temporales. Se explica detalladamente el tipo de información primaria y secundaria que es necesaria recolectar y la manera en la que la información es producida, basándose principalmente en la utilización de sensores remotos para la identificación de los principales causantes de deforestación.

Es necesario indicar que el personal que haga uso de esta guía metodológica debe decidir qué actividades son pertinentes realizar en base a la realidad social, geográfica y económica en la que su entidad y el área de estudio se encuentren.

Una de las principales metas a conseguir es que estas guías metodológicas sean compartidas con las contrapartes nacionales, para que en un futuro se pueda tomar estos procedimientos como base para un monitoreo continuo de estos fenómenos sociales y ambientales.

Justificación

Una vez terminado el proceso de análisis de cultivos ilícitos, dinámicas del tráfico ilícito de drogas y drivers de deforestación en la frontera norte, se entregó esta información para que pueda alimentar al proyecto SART. El equipo técnico de Unodc ha recomendado la realización de tres guías metodológicas, una por cada temática principal del informe técnico. Estas guías deben explicar de manera detallada cómo se produjo la información ya que gran parte de los procedimientos realizados tuvieron que ser resumidos en los informes técnicos.

Las diferentes metodologías utilizadas para obtener la información primaria y secundaria en los informes técnicos, es de gran interés para el continuo monitoreo y análisis de las temáticas antes mencionadas. Por lo tanto, se considera necesario recopilar y exponer esta información de una manera más detallada. Cabe recalcar que las diferentes metodologías fueron completadas en los documentos técnicos en mención; sin embargo, se plantea complementar la información acerca de estos procedimientos técnicos en guías metodológicos más amplias. Estas guías permitirán realizar una explicación más profunda de los pasos tomados para llegar a los hallazgos expuestos.

Metodología

Previo al análisis y recolección de insumos primarios y secundarios en el documento técnico sobre la identificación y análisis de drivers de deforestación para proveer de información al proyecto SART, se menciona que el estudio pretende identificar los causantes de deforestación en la zona de estudio más no la cuantificación de la misma, por lo tanto, la presente guía metodológica se enmarca en las técnicas utilizadas para alcanzar estos objetivos. Esta metodología se basa en la interpretación y análisis de imágenes satelitales, así como en la sistematización y análisis de información producida por entidades estatales y organizaciones que producen información relacionada con la identificación de deforestación. Las técnicas utilizadas se detallan a continuación.

Determinación del área de estudio

Al igual que en todos los estudios que involucren un componente de localización geográfica, el primer paso que se llevó a cabo en la realización del estudio técnico en mención fue la determinación del área de estudio. Es necesario tomar en cuenta el alcance geográfico del proyecto en el cual se está trabajando. En el caso de la guía técnica para la identificación y análisis de drivers de deforestación en el marco del informe técnico elaborado para el proyecto de Sistema de Alerta y Respuesta Temprana (SART), el alcance geográfico se limita a las provincias de la frontera norte del Ecuador; Esmeraldas, Carchi, Imbabura y Sucumbíos. Además de tomar en cuenta las provincias previamente mencionadas, se consideró la zona de seguridad de frontera establecida por el Gobierno Ecuatoriano, la cual comprende 20 kilómetros desde los límites fronterizos al interior del país. Este espacio fue creado con el objetivo de garantizar la protección ante eventuales amenazas de seguridad (CONASIF, 2018) (Figura 1).

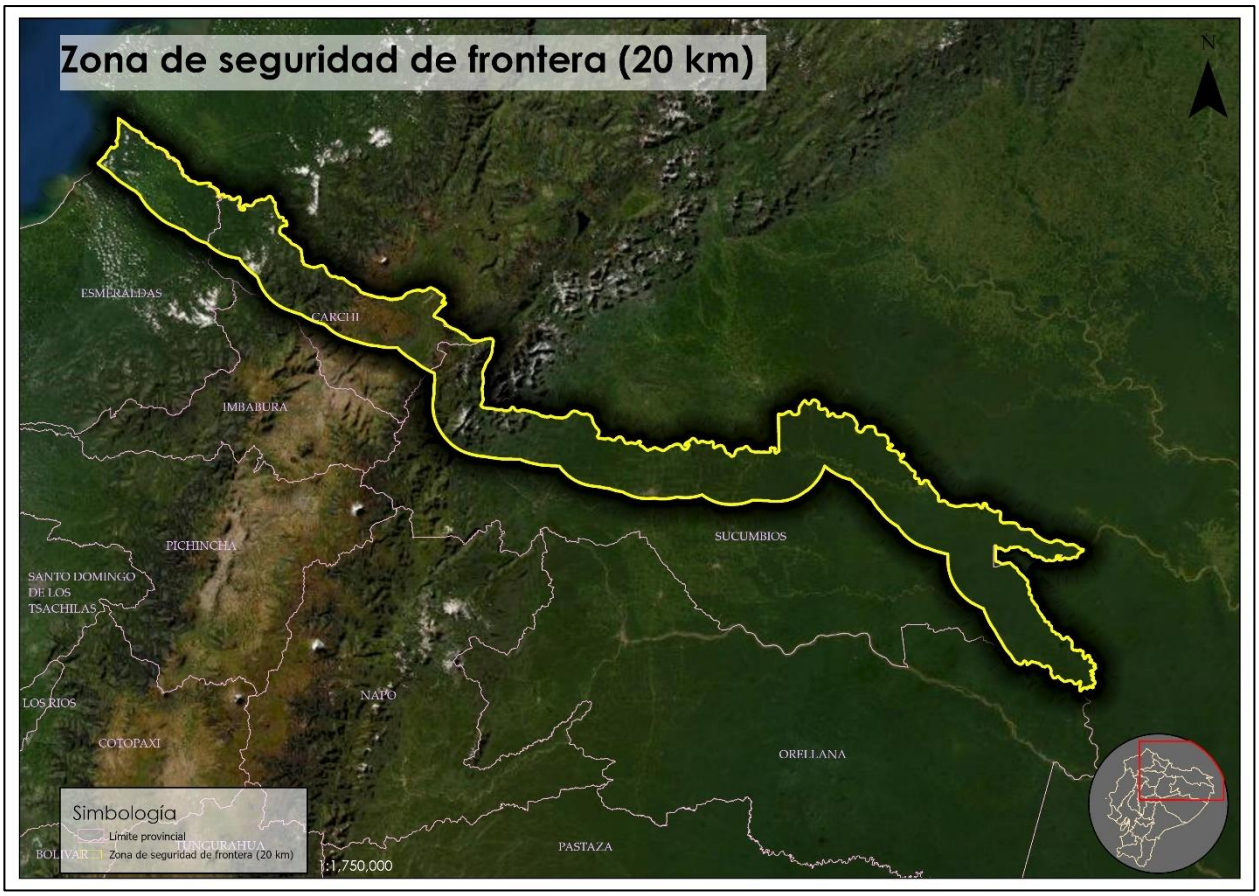

Figura 1. Zona de seguridad de frontera

La zona de seguridad de frontera redujo el espectro geográfico y fue la zona donde se concentraron los esfuerzos de análisis.

Variables a considerar

Una vez determinada el área geográfica en donde se requiere continuar con el proceso de identificación de cultivos ilícitos, es necesario considerar la ubicación de ciertas variables relacionadas con este fenómeno. Para el caso del informe técnico elaborado para el SART, se consideraron las siguientes variables para las zonas determinadas:

- Cobertura de suelo
- Concesiones mineras
- Zonas de deforestación

Cobertura de suelo.

La cobertura de suelo es de gran utilidad al momento de realizar análisis geoespaciales que tengan como objetivo la identificación de cambios o alteraciones a través del tiempo. Para el caso del presente estudio, la cobertura de suelo fue tomada del portal oficial SIGTIERRAS del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Es necesario tomar en cuenta que esta cobertura fue terminada en el año 2015, consideración que será fundamental más adelante en el análisis.

Concesiones mineras.

Uno de los principales causantes de deforestación es la minería ilegal. Para el presente estudio se toma en cuenta el catastro minero nacional. Uno de los atributos más importantes del mismo es el estado de las áreas mineras (inscritas, en trámite o archivadas) además del tipo de material para el que fueron concesionadas, entre otros datos importantes. Las áreas mineras pueden indicar los lugares en donde se ha deforestado para lograr esta actividad.

Zonas de deforestación.

El Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica elabora periódicamente capas de cobertura geográfica en donde se indica los nuevos parches de deforestación. Para el caso del presente estudio se descargaron estas coberturas geográficas con el objetivo de identificar los lugares donde ya no existe bosque nativo o donde este haya sido alterado. Uno de los atributos más importantes de esta cobertura es la transición de estas zonas, es decir, se indica los motivos por el cual ha existido actividades de deforestación; de esta manera se puede realizar un acercamiento a los causantes de nuevos parches de deforestación.

Es importante considerar en cualquier estudio que tenga un componente geográfico, la información cartográfica base producida por entidades estatales y privadas. Las zonas de mayor convergencia de las variables previamente mencionadas y las variables consideradas para el análisis de cultivos ilícitos y rutas de narcotráfico fueron escogidas como las zonas finales de análisis.

Una vez analizadas las variables se escogieron 4 zonas; en estos lugares se solicitó la compra de imágenes satelitales con las características descritas a continuación.

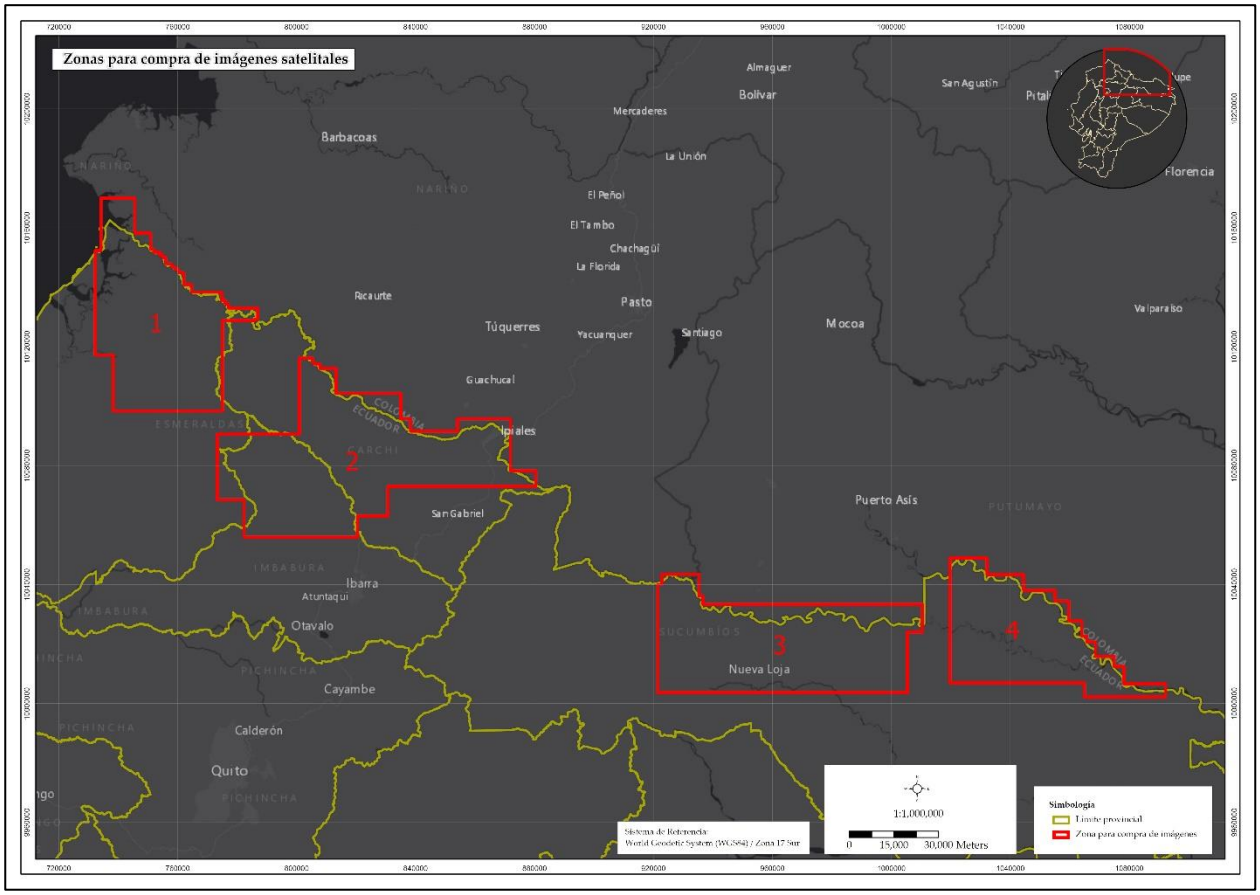

Figura 2. Zona final de análisis

Producción de información primaria

Obtención de imágenes satelitales

Debido a la problemática sanitaria mundial, el análisis y recopilación de información por parte de UNODC tuvo que excluir las visitas a campo, por lo que los análisis se basaron en

el tratamiento y estudio de imágenes satelitales multiespectrales y de alta resolución espacial. No visitar las zonas de manera personal presenta una limitación; sin embargo, trabajar con tecnologías geoespaciales como imágenes satelitales puede representar varias ventajas a la hora de ser utilizadas como proveedoras de información primaria. Por ejemplo, el amplio margen de superficie que se pudo analizar, la multitemporalidad que se pudo considerar, la visualización en lugares de difícil acceso, entre otras. La figura 3 indica los diferentes precios de imágenes satelitales según los diferentes proveedores del mercado.

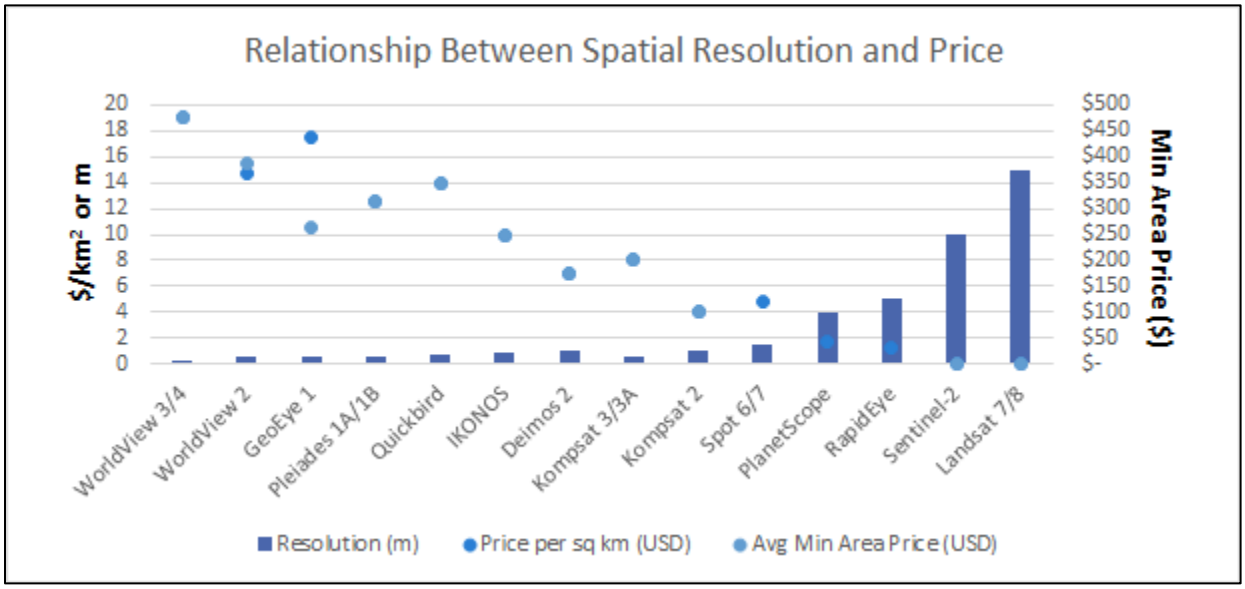

Figura 3. Relación entre relación espacial y precio de diferentes proveedores de imágenes satelitales (Precios a Enero de 2021) (Nikita, 2021)

Existen imágenes satelitales gratuitas y de paga. En el caso del presente proyecto se utilizaron imágenes de paga de las constelaciones SPOT y PLEIADES. UNODC realizó la compra de imágenes en un área 16495 km2, estas imágenes fueron tomadas en los años 2017 y 2019. Las imágenes satelitales adquiridas, al contar con una alta resolución espacial, espectral y temporal sirvieron para poder identificar varios fenómenos asociados al cultivo ilícito como la deforestación, minería ilegal, entre otras actividades ilícitas que se realizan en estas zonas.

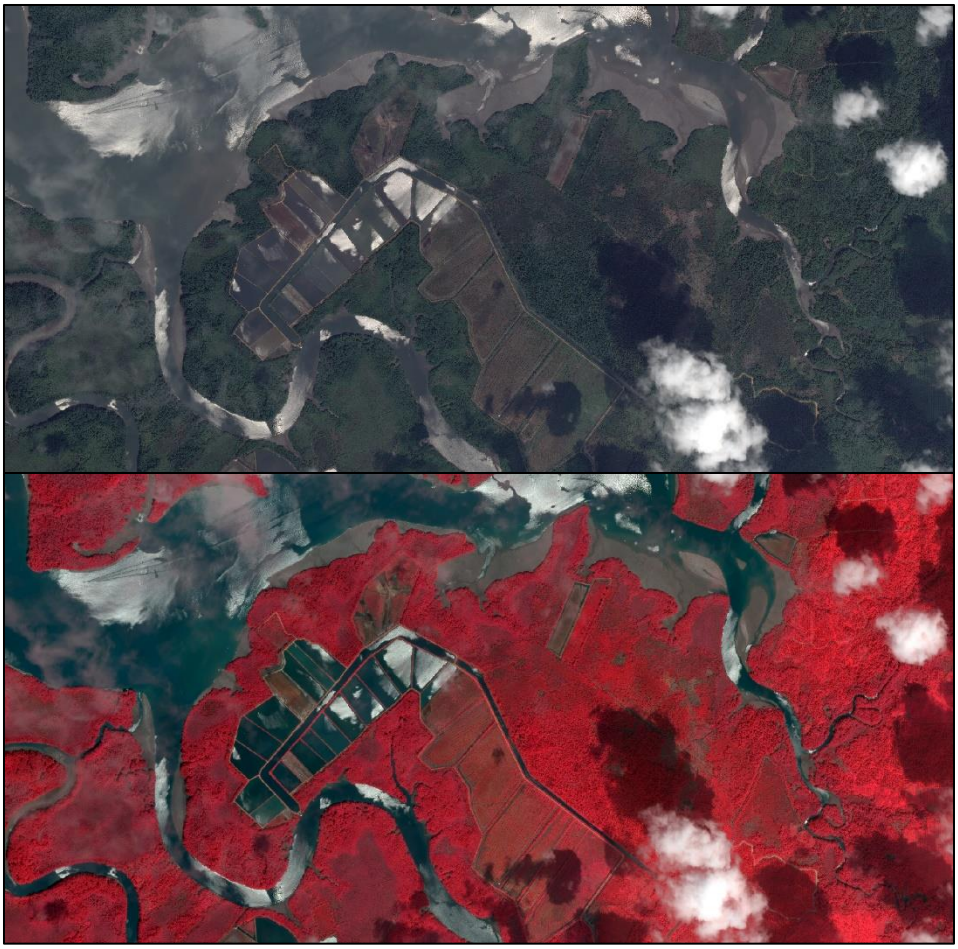

Figura 4. Ejemplo de una imagen multiespectral – combinación infrarroja

Análisis de imágenes satelitales

El objetivo planteado, en cuanto al análisis de imágenes satelitales es diferenciar las áreas de bosque nativo y las áreas alteradas por actividades antrópicas. Una vez identificada la zona de interés, el proceso continúa con el tratamiento de las imágenes satelitales mediante la utilización de varios sistemas de información geográfica (SIG). El análisis inicia con la importación de las imágenes multiespectrales al software que se utilizará para el estudio y se procede a realizar una observación de calidad de estas, principalmente en términos de porcentaje de nubosidad, vacíos o ´gaps´ de información, entre otros.

Clasificación supervisada.

Para llevar a cabo el proceso de clasificación de cobertura de suelo de manera automática se realizó una clasificación supervisada en todas las imágenes adquiridas. El proceso de clasificación supervisada comienza con la creación de un esquema de clasificación, en donde se definen las clases a las que cada píxel de la imagen será asignado; las clases para este ejercicio fueron las siguientes: bosque, área alterada, agua y nubes. Posteriormente, es necesario dibujar polígonos de entrenamiento para cada una de las clases, estos polígonos guardan información de la firma espectral de la imagen en la que fueron dibujados para sus respectivas zonas. Estos polígonos de entrenamiento sirven para realizar la clasificación mediante el algoritmo de máxima probabilidad (ML, por sus siglas en inglés). Se puede visualizar un ejemplo de los resultados del proceso de supervisión clasificada en la figura 5.

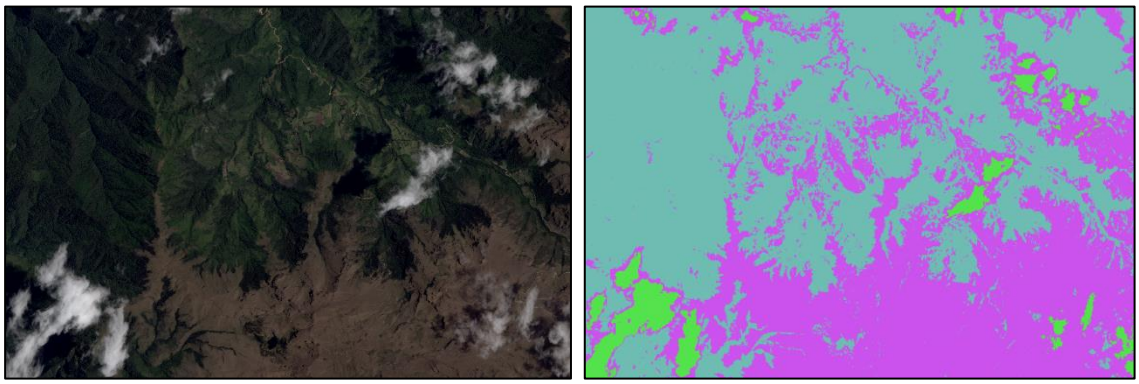

Figura 5. Ejemplo de imagen RGB y clasificación supervisada

Álgebra de mapas.

Una vez obtenida la clasificación de las imágenes, es necesario relacionar estos rasters con las capas de información de las variables mencionadas previamente. Para determinar las zonas más importantes a analizar, se ha tomado en cuenta la cobertura de usos de suelos la cual fue actualizada en el año 2015 por lo que se relacionó esta información con la clasificación supervisada de cada una de las imágenes, con la siguiente fórmula:

$$(\text{"Raster_A"}==1)\ \&\ (\text{"Raster_B"}==2) \qquad Eq.\ (1)$$

En donde “Raster_A” es la cobertura de suelos realizada por el programa SIGTIERRAS y “Raster_B” es la clasificación supervisada resultante del proceso en cada una de las imágenes satelitales. La ecuación toma en cuenta las áreas que para el año 2015 fueron catalogadas o clasificadas como bosque (“Raster_A”==1) y que para el año 2017 y 2019 fueron clasificadas como área alterada (“Raster_B”==2). Al combinar estos píxeles mediante la ecuación mencionada, se generó un ráster que señala de manera general las áreas donde se ha perdido cobertura boscosa entre los años 2015 a 2019 y, por ende, las más importantes a considerar para realizar un análisis visual a mayor detalle.

Análisis visual.

Una vez obtenidas las zonas de interés es necesario realizar un análisis visual con el objetivo de establecer las actividades antrópicas que se llevan a cabo en estos lugares. La alta resolución espacial de las imágenes adquiridas por UNODC permite que se haga un detallado análisis visual; sin embargo, es necesario acompañar este análisis con otras variables que se consideraron. Por ejemplo, en el análisis visual se tomaron en cuenta las áreas mineras que constan como archivadas en el catastro minero.

Índice óxido de hierro.

Las características multiespectrales de las imágenes satelitales permiten que se pueda aplicar índices que muestren características del terreno relacionadas con las respuestas espectrales de los materiales en la superficie. En el Ecuador, uno de los causantes más importantes de la deforestación y además uno de los principales causantes del deterioro ambiental es la actividad minera ilegal. Su identificación se ha convertido en un desafío para autoridades y entidades de control debido al difícil acceso a los lugares de extracción de minerales y a la poca o nula capacidad de monitoreo y control. Como se ha mencionado anteriormente, las tecnologías geoespaciales se han convertido, en la actualidad, en opciones de monitoreo y control mediante la utilización de imágenes que provienen de sistemas aéreos no tripulados o imágenes satelitales.

Las imágenes satelitales multiespectrales tienen la capacidad de exponer y desplegar patrones que se hacen difíciles de reconocer a simple vista o mediante cámaras o sensores convencionales. Los índices multiespectrales son ampliamente reconocidos y utilizados en diferentes aplicaciones, por ejemplo, para la identificación de características en vegetación mediante índices como el de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) o el índice de clorofila verde (GCI). Sin embargo, en la actualidad los índices multiespectrales también han sido utilizados en otras aplicaciones, como en la identificación de minerales y materiales metálicos en el suelo. Los índices geológicos más comunes son los índices de minerales de arcilla, los índices de minerales no ferrosos y los índices de óxidos de hierro, estos índices proporcionan una base para el monitoreo de niveles de metal en el suelo e inclusive para la identificación de contaminantes (Song & Haihong, 2020).

En el estudio relacionado con la identificación de drivers de deforestación se utilizó el índice de óxido de hierro para la identificación de posibles lugares donde se realiza minería. Este índice es una relación geológica que sirve para identificar de una manera más precisa a las rocas que han experimentado una oxidación de sulfuros con contenidos de hierro. Esta relación utiliza las bandas rojas y azul de la imagen. Generalmente, el índice de óxido de hierro se utiliza para realizar mapeos e identificación de composición mineral.

Los filosilicatos con presencias limoníticas y la alteración por óxido de hierro de tipo limonítico provocan absorción de energía en la banda azul y la reflectancia en la banda roja, esto causa que las áreas con gran absorción de hierro se vean brillantes, además, la naturaleza de esta relación entre bandas permite que el índice reduzca las diferencias de iluminación causadas por sombras del terreno (Arcgis Pro, 2021). En la figura 6 se puede observar un ejemplo de cómo el índice es aplicado en una imagen multiespectral. Como se puede observar, las áreas donde se han efectuado actividades mineras se visualizan mucho más brillantes que las áreas boscosas o alteradas por otro tipo de actividades antrópicas.

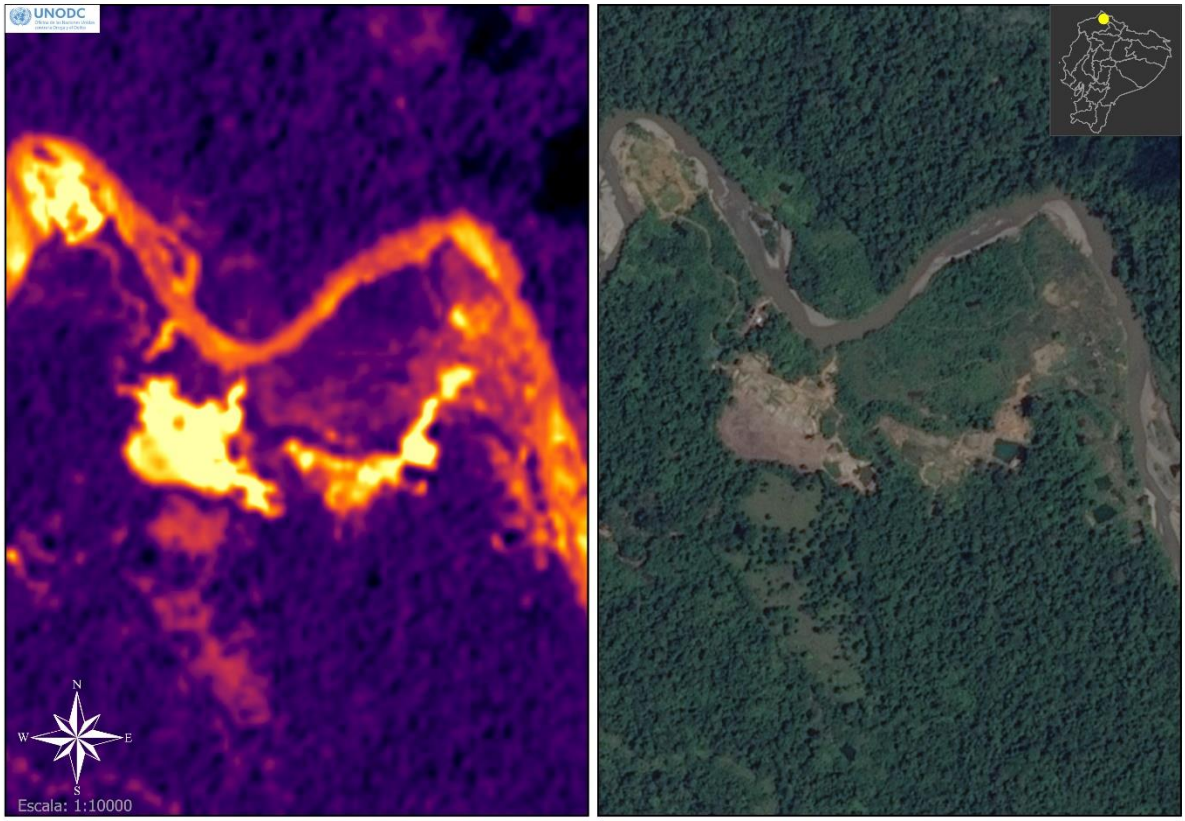

Figura 6. Comparación en polígono con posible plantación de coca en 2 años diferentes

A continuación (Figura 7), se muestra un esquema que representa la metodología y las técnicas utilizadas para una correcta identificación y monitoreo de cultivos ilícitos.

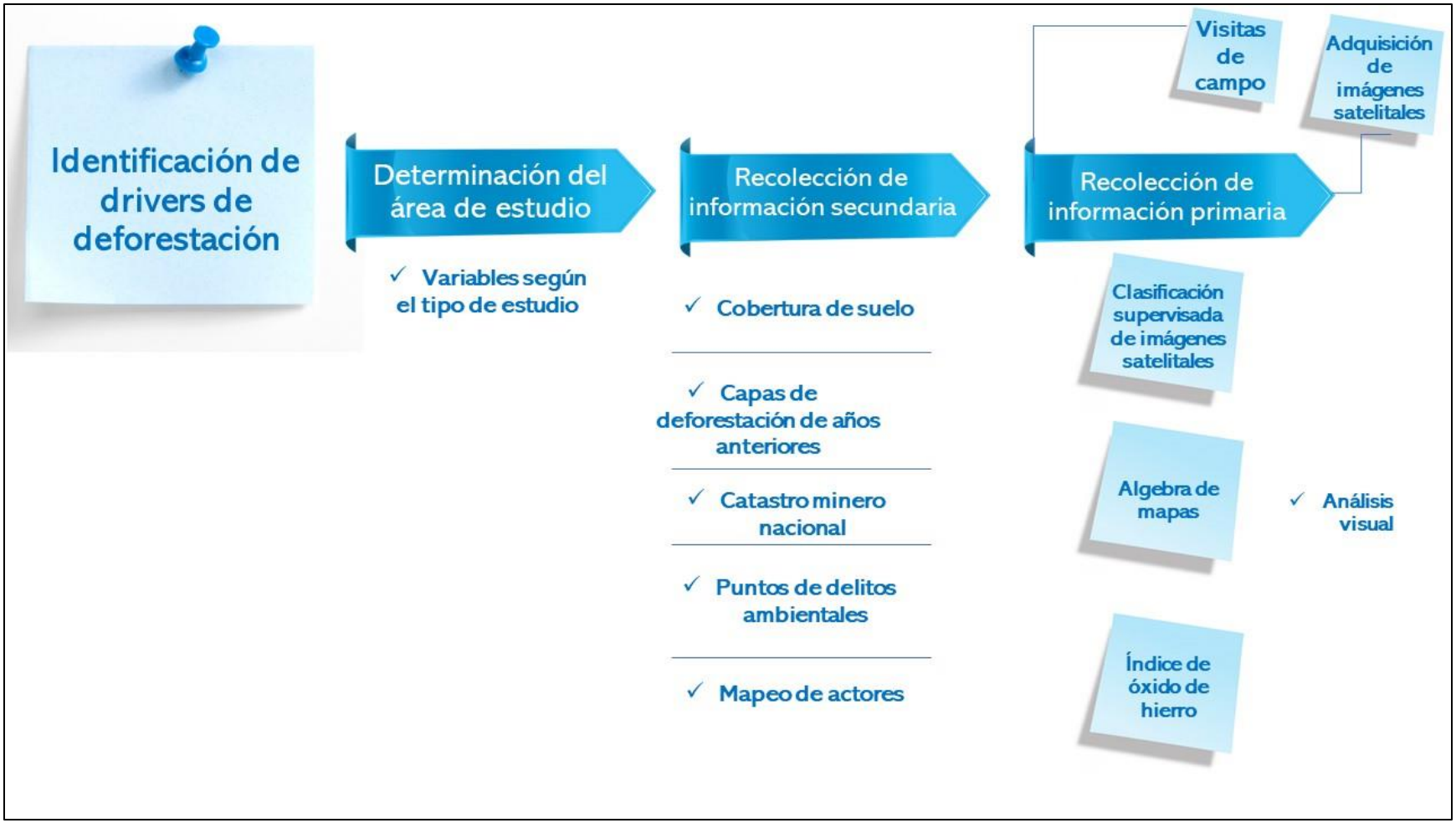

Figura 7. Resumen de la metodología utilizada para la identificación de drivers de deforestación

Recolección de información secundaria

Previo al análisis de imágenes satélites es importante realizar un levantamiento de información secundaria de diferentes fuentes. En el caso del estudio en mención, para el levantamiento de información secundaria se tomó en cuenta las provincias de Esmeraldas, Carchi, Imbabura y Sucumbíos.

Una de las primeras fuentes de información secundaria para poder analizar actividades de deforestación es la cobertura de suelo elaborada por el programa SIGTIERRAS. Una vez obtenida esta cobertura será necesario identificar otro tipo de información importante como el estado de las áreas protegidas aledañas, actividades de agricultura, puntos identificados de tala ilegal o de actividades ilícitas; para el caso de la minería es necesario investigar el catastro minero nacional. En el Ecuador, está elaborado por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Es importante analizar el estado en el que se encuentran las áreas mineras donde se encuentren señales de actividades mineras para poder catalogar las mismas como ilegales.

Posteriormente, para este tipo de estudios es necesario levantar información sobre la situación de la agricultura, minería, tala, actividades ilícitas y cualquier actividad económica que se haya identificado como causante de deforestación en las zonas a analizar. Por ejemplo, en el informe técnico presentado para el proyecto SART se encontró en base a investigación de fuentes secundarias que la provincia de Esmeraldas se ve amenazada por actividades mineras aluviales que presumiblemente sean ilegales, que la provincia de Sucumbíos sufre cada vez más de tala ilegal y que en provincias como Carchi e Imbabura la agricultura es cada vez más agresiva. Esta información provee de un primer acercamiento para la identificación de drivers de deforestación.

Finalmente, es de gran importancia identificar los actores en territorio y realizar un mapeo general de los mismos, que se relacionen con esta temática. Para el caso del Ecuador y de este estudio en específico se ha considerado por parte de los técnicos de Unodc como actores principales a personal del Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica, el Ministerio de Agricultura, la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos

Naturales no Renovables, Ministerio de Inclusión Económica y Social, Gobiernos Autónomos Descentralizados, Fiscalía, Defensoría del Pueblo, Defensoría Pública, varias Organizaciones No Gubernamentales y Sociales, entre otras agencias del sistema de Naciones Unidas como UNFPA, ACNUR, etc. El personal técnico de Unodc consideró que cada una de estas agencias puede ser de gran utilidad en el levantamiento de información secundaria por lo que se recomienda analizar la participación de estas y otras entidades en este tipo de estudios.

Principales hallazgos

Los principales hallazgos que se obtuvieron a partir de la metodología previamente descrita fueron los siguientes:

- Varios puntos de minería ilegal fueron encontrados en lugares que no han sido concesionados como áreas mineras o que fueron concesionados pero que en la actualidad dichas áreas mineras se encuentran archivadas.
- Además del crecimiento alarmante de la agricultura en los últimos años, se ha encontrado que algunos parches de deforestación intersecan con áreas protegidas y los servicios ambientales y ecológicos que pueden prestar se ven cada vez más afectados mientras que la frontera agrícola alrededor de estas áreas se sigue expendiendo
- Las provincias de Sucumbíos y Esmeraldas son las más afectadas por la tala ilegal debido a las especies de árboles presentes en la zona.
- Los posibles sembríos de coca no representan un área considerable en términos de deforestación, sin embargo, es importante señalar que esta actividad conlleva a la articulación de organizaciones criminales en varios ámbitos, que a la larga se transforma en la generación de actividades económicas ilícitas

Recomendaciones finales para futuros estudios

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los objetivos de esta guía metodológica es que pueda ser utilizada en futuros proyectos de la misma índole. En base a la experiencia adquirida en la elaboración del informe técnico elaborado para el proyecto SART sobre la identificación de drivers de deforestación, se exponen a continuación recomendaciones que pueden contribuir a una mejor realización de este tipo de estudios.

- Considerar el nivel de detalle de estudio. Es importante considerar el nivel de precisión e identificación que se quiere lograr mediante la visualización de imágenes satelitales. Como se mencionó previamente, la resolución espacial de las imágenes es un factor importante a considerar, sobre todo en la identificación de actividades antrópicas que se desarrollan en el lugar.
- Determinar el área de estudio de manera correcta. Es necesario determinar el área de estudio de manera exacta y detallada. Esto puede ayudar a ahorrar recursos económicos y de tiempo además de poder obtener resultados más precisos.
- Considerar información secundaria de la zona. Como se menciona en el presente documento, la información secundaria puede ser de gran ayuda para la identificación de actividades antrópicas. La información cartográfica de cobertura y uso de suelo pueden ser utilizadas como un acercamiento al tipo de actividades que se realizan en zonas alteradas.
- Realizar inspecciones de campo posteriores al análisis. Una vez se hayan identificado las zonas deforestadas o donde se ha producido algún tipo de alteración, es importante poder comprobar en campo el tipo de actividades antrópicas que se realizan.

Bibliografía

- Arcgis Pro. (2021). Arcgis Pro. Obtenido de IronOxide.: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/ironoxide.htm
- CONASIF. (2018). Plan Estratégico de Seguridad Integral Fronteriza Frontera Norte. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/Plan_Estrategico_De_Seguridad_Integral_Fronteriza_Frontera_Norte_ok.pdf
- Nikita, K. (Enero de 2021). A Definitive Guide to Buying and Using Satellite Imagery. Obtenido de https://up42.com/blog/tech/a-definitive-guide-to-buying-and-using-satellite-imagery
- Song, W., & Haihong, G. (2020). Progress in the Remote Sensing Monitoring of the Ecological Environment in Mining Areas.