



# Explotación de oro de aluvión

Evidencias a partir de percepción remota 2016

Mayo 2018





## **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA:**

Germán Arce Zapata, Ministro de Minas y Energía.

Carlos Andrés Cante Puentes, Viceministro de Minas.

Alonso Mayelo Cardona Delgado, Viceministro de Energía.

Nohora Ordoñez Vargas, Asesora Despacho del Viceministro de Minas.

## **UNODC:**

Bo Mathiasen, Representante en Colombia.

Hyarold Leonardo Correa Fajardo, Coordinador Técnico SIMCI.

Sandra Constanza Rodríguez Castillo, Analista Senior en Procesamiento Digital.

Orlando González, Analista Senior en Procesamiento Digital.

María Isabel Velandia Casallas, Analista Senior en Procesamiento Digital.

Zully Clara Sossa Suárez, Analista Senior en Procesamiento Digital.

Jerson Andrés Achicanoy Chicaiza, Analista en Procesamiento Digital.

Daniel Oswaldo León Prieto, Analista Junior en Procesamiento Digital.

Germán Andrés Clavijo Hincapié, Líder del Área Geográfica.

Omar Favián Pachón Quevedo, Analista SIG y Sensores Remotos.

Lina Paola Arévalo Méndez, Analista e Investigadora de Apoyo.

Mauricio González Caro, Ingeniero de Soporte SIG.

Guillermo Arturo Barbosa, Analista SIG y Sensores Remotos.

María Ximena Gualdrón Parra, Ingeniera de Campo.

Héctor Hernando Bernal Contreras, Líder Área de Análisis.

Miguel Serrano López, Líder Área Análisis Territorial.

Alejandro Triana Sarmiento, Asistente de Investigación.

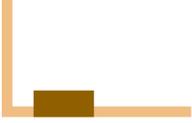
Ángela María Zamora Lesmes, Investigadora de Apoyo.

Rafael Gaviria, Administrador Web.

Angela Me, Jefe Sección de Investigación y Análisis de Tendencias, Viena.

Coen Bussink, Experto en Sensores Remotos, SIG, Sección de Investigación y Análisis de Tendencias, Viena.

Lorenzo Vita, Experto en Sensores Remotos, SIG, Sección de Investigación y Análisis de Tendencias, Viena.



## **AGRADECIMIENTOS**

Las siguientes organizaciones e individuos contribuyeron con la realización del estudio “Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota 2016” y la preparación del presente informe:

### **Gobierno de Colombia:**

Ministerio de Minas y Energía.

Servicio Geológico Colombiano

Agencia Nacional de Minería

Ministerio del Interior

Ejército Nacional, Brigada contra la Minería Ilegal.

Policía Nacional, Unidad Nacional contra la Minería Ilegal - UNIMIL.

Fuerza Aérea Colombiana, Comando Aéreo de Combate N.º 2.

Departamento Nacional de Planeación - DNP.

### **Cooperación internacional:**

Embajada de EE. UU. en Colombia, Sección de Asuntos Narcóticos y Aplicación de la Ley (INL).

### **Otros:**

World Wildlife Fund - WWF.

Gobernación de Antioquia.

Comunidad minera del municipio de San José del Fragua (Caquetá).

Comunidad minera, autoridades civiles y militares de los municipios de: Guapi (Cauca), Barbosa y Sta. Rosa de Osos (Antioquia).

La implementación del estudio “Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota 2016” ha sido posible gracias a los aportes de los Gobiernos de Colombia y Estados Unidos de América.

A menos que se especifique otra, todas las gráficas, tablas, ilustraciones y figuras de este informe tienen como fuente el Gobierno de Colombia dentro del contexto del Sistema de Monitoreo apoyado por UNODC.

Fotografías. UNODC/SIMCI, a menos que se especifique otra.

Imagen portada: Explotación de oro de aluvión en el municipio de Nóvita (Chocó)



# Tabla de contenido

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	9
<b>RESUMEN RESULTADOS</b> Evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>SECCIÓN I. MARCO DE REFERENCIA</b>	
ALCANCES .....	17
ACCIONES DE PREVENCIÓN Y APOYO AL CONTROL DE LA EXPLOTACIÓN ILÍCITA DE MINERALES REALIZADAS POR EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA .....	20
Estrategias diseñadas, coordinadas o desarrolladas en apoyo por el Ministerio de Minas y Energía y otras entidades para el control a la explotación ilícita de minerales .....	21
Capacitaciones a autoridades locales competentes como instrumento de prevención .....	25
ZONAS AFECTADAS CON EXPLOTACIÓN ILÍCITA DE MINERALES EN COLOMBIA .....	28
Estadísticas (Censo Minero 2010).....	28
FIGURAS DE LEY EN EL ESTUDIO .....	30
ESTRUCTURACIÓN E INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN RELACIONADA CON EL MARCO DE ÁREAS DEL SISTEMA DE MONITOREO DE UNODC Y GOBIERNO DE COLOMBIA .....	32
MODELO DE MONITOREO .....	35
<b>SECCIÓN II. HALLAZGOS EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN</b>	
EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN CON USO DE MAQUINARIA EN TIERRA EN EL TERRITORIO COLOMBIANO .....	41
Dinámica del fenómeno 2014-2016 .....	45
EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN EN ZONAS DE MANEJO ESPECIAL (EXCLUIBLES Y RESTRINGIDAS) .....	50
Parques Nacionales Naturales .....	50
Otras categorías de áreas protegidas registradas en el RUNAP .....	54

Resguardos indígenas.....	57
Tierras de las Comunidades Negras .....	58
Zonas Mineras de comunidades étnicas.....	59
Zonas de Reserva Forestal.....	61
TERRITORIO AFECTADO POR EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN Y CULTIVOS DE COCA.....	64
RELACIÓN ENTRE EVOA Y FIGURAS DE LEY .....	68
ACCIONES DEL GOBIERNO COLOMBIANO CONTRA LA EXPLOTACIÓN ILÍCITA.....	72
LÍNEA BASE DE EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN CON USO DE MAQUINARIA EN AGUA CON BASE EN ÍNDICES ESPECTRALES. ESTUDIO CASO RÍO APAPORIS, PNN SERRANÍA DE CHIRIBIQUETE.....	74
PNN Serranía de Chiribiquete .....	74
LÍNEA BASE COMPORTAMIENTO ESPECTRAL NATURAL DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN RÍO APAPORIS.....	77
DETECCIÓN DE CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO NATURAL MEDIANTE LA OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE ÍNDICES ESPECTRALES .....	81
VALIDACIÓN POR ASOCIACIÓN DE DATOS OBTENIDOS CON INFORMACIÓN SECUNDARIA .....	85

### SECCIÓN III. ESTUDIOS RELACIONADOS

MODELO INTEGRADO DE INFORMACIÓN PARA LA INTEGRACIÓN DE LA DIMENSIÓN MINERA EN EL ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO. ESTUDIO CASO GUAPI. ....	91
Principales hallazgos .....	91
Recomendaciones para la integración de la dimensión minero-energética en el ebot.....	97
MODELO INTEGRADO DE INFORMACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS RASGOS MÁS SOBRESALIENTES EN TORNO A LA DINÁMICA DE EXPLOTACIÓN DE ORO. CASO ANTIOQUIA .....	98
CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA DE COMUNIDADES RURALES EN ZONA DE EXPLOTACIÓN AURÍFERA DEL PACÍFICO COLOMBIANO .....	100
DINÁMICA DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS (MERCURIO, CIANURO E INSUMOS) CORRELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN DE ORO. ....	103

### SECCIÓN IV. ANEXOS METODOLÓGICOS

<b>ANEXO 1</b> METODOLOGÍA INTERPRETACIÓN EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN CON USO DE MAQUINARIA EN TIERRA.....	109
--	-----

Clave de interpretación para detección de EVOA.....	115
<b>ANEXO 2</b>	
METODOLOGÍA DETECCIÓN DE ALTERACIÓN DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN MEDIANTE ÍNDICES ESPECTRALES. ....	121
<b>ANEXO 3</b>	
MARCO DE ÁREAS MODELO DE MONITOREO PARA FENÓMENOS DE ILEGALIDAD EN EL TERRITORIO.....	125
Presencia de actividades ilegales.....	126
Información oficial de entidades territoriales y límites administrativos .....	128
Análisis espaciales en el marco de áreas .....	129
<b>GLOSARIO</b> .....	131
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	135
ÍNDICE DE MAPAS .....	140
ÍNDICE DE FOTOS . ....	140
ÍNDICE DE TABLAS .....	141
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	142
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	143



## RESUMEN EJECUTIVO

UNODC y el Gobierno de Colombia, representado por el Ministerio de Minas y Energía, presentan la actualización de la línea base de Evidencias de explotación de oro de aluvión con maquinaria en tierra correspondiente al año 2016. Se utilizó la misma metodología que en 2014, cuando se lanzó, con apoyo del Ministerio de Justicia y del derecho, el documento de línea base. La actualización permite caracterizar el fenómeno no solo desde la variable espacial sino temporal, al ofrecer información comparable en dos diferentes momentos de medición.

Colombia es uno de los principales productores de oro en latinoamérica. En 2016, con base en la liquidación de regalías, la Agencia Nacional Minera reportó una producción nacional de 61.805 kg; sin embargo, dado el carácter de informalidad e ilegalidad de una proporción importante de la explotación, estas cifras pueden estar subestimadas.

La metodología empleada para la detección de EVOA (evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra) no pretende caracterizar la actividad de explotación de oro de aluvión ni la legalidad de la misma; sin embargo, el marco de la normatividad colombiana confiere a la dimensión minera particularidades y alcances que deben ser observados a fin de obtener una visión territorial de este fenómeno. Este alcance busca que las entidades competentes encargadas de la formulación de política pública, manejo, gestión y control de recursos, cuente con información objetiva que permita mejorar la caracterización del fenómeno y por ello la visión integral del territorio afectado.

Los resultados de la detección de EVOA 2016, a cielo abierto con uso de maquinaria en tierra, identifican que para el año 2016, en 14 de los 32 departamentos del país, se detectaron evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra. Se

identificaron 83.620 hectáreas de EVOA, 6% más que lo detectado en 2014; el 76% de las cuales se concentra en dos departamentos: Chocó (39%) y Antioquia (37%).

Aunque Chocó sigue ocupando el primer lugar con el mayor porcentaje de EVOA detectada, es en Antioquia donde se registra la mayor producción de oro, con una participación de 41,04% en la producción total nacional (61.805 kg), seguido de Chocó con 23,50%. El hecho de que no exista una fuerte relación entre EVOA y participación en la producción nacional puede obedecer, entre otras razones, a la incidencia de la producción a partir de filón o de aluvión con uso de maquinaria en agua, a las diferencias en productividad, a que el oro no siempre se registra en la zona de explotación, o a que, como fue posible comprobar por medio de información obtenida en el territorio, el oro simplemente no se registra. Al respecto vale la pena mencionar que mineros entrevistados por UNODC en Cauca, Chocó y Guainía reportaron a Medellín como el destino final del oro que extraían.

Un 47% de las EVOA se encuentra en zonas de categoría especial (Parques Nacionales, Resguardos Indígenas, Consejos Comunitarios o en Zonas Mineras). En particular los Consejos Comunitarios están fuertemente afectados: 67 de 158 consejos reportan EVOA para 2016 y el 42% del total del área con EVOA se encuentra en esta categoría. Aunque menos del 1% de la detección para el año 2016 se encuentra en zonas de Resguardos Indígenas, llama la atención que casi la totalidad afecta a comunidades Embera Katío.

Solo en cuatro de los 52 parques del SNPNN se encontraron evidencias de alteración directa del paisaje debido a la explotación de oro de aluvión, es de resaltar que respecto al 2014 el área se duplicó, al pasar de 47 ha en 2014 a 111 ha en 2016. La

Reserva Nacional Natural Puinawai sigue registrando la mayor afectación con 57 hectáreas localizadas principalmente en la Serranía de Naquén.

En total, de los 131 municipios que tienen afectación por EVOA en 2016, 74 también están afectados por presencia de cultivos de coca. En Nariño, Putumayo y Caquetá se registra una coincidencia espacial entre áreas afectadas por EVOA y coca en más del 80% de los territorios detectados con EVOA.

Al integrar los hallazgos de EVOA en 2014 y 2016, se observa que el territorio afectado alcanza las 107.649 ha, la mitad de estas (54.910 ha) permanecen en EVOA durante el periodo, una cuarta parte (24.029 ha) no muestran actividad de explotación y tienen indicios de aparición de pastos y herbazales, y el resto (28.710 ha) son zonas de expansión de evidencias detectadas en 2014 (20.065 ha) o zonas totalmente nuevas (8.645 ha).

Aunque el estudio aborda de forma general cuatro figuras de ley para el desarrollo legal de la actividad minera, es necesario mencionar que el cruce espacial de las EVOA detectadas con estas figuras conlleva una interpretación diferente en dos dimensiones:

1. Marco normativo de inicio de actividad minera: implica el cumplimiento de requisitos para obtener el permiso de explotación.
2. Marco normativo ambiental: implica la obtención del permiso ambiental para el inicio de explotación, pero además conlleva una serie de obligaciones, requisitos y condiciones ambientales a las que se ha comprometido el dueño del título para garantizar la buena ejecución ambiental de la obra.

En este punto, es preciso señalar que la magnitud y naturaleza de las evidencias detectadas independiente de ubicarse bajo una figura de ley, implican fuerte impacto en el paisaje que sugiere la ausencia en el cumplimiento de estas obligaciones ambientales. Por otra parte, vale la pena resaltar, que no siempre las áreas bajo la figura de “*amparo de títulos*”, con presencia de EVOA, son explotadas por lo titulares de los mismos.

Con respecto al análisis geográfico de las EVOA con figuras autorizadas por la ley, para 2016, 20% de la

detección de las EVOA se encuentran en la modalidad “*amparo de títulos*”, con respecto a “*solicitudes de legalización*”, 7% de las evidencias detectadas se cruzan espacialmente con esta figura, donde 6,5% corresponden a solicitudes bajo el Decreto 0933 de 2013 y 0,5% a solicitudes bajo la Ley 685 de 2001, 7% de las evidencias detectadas se encuentran bajo la figura de “*licencias ambientales*” y se concentran en su totalidad en el departamento de Antioquia. El 66% restante de las EVOA no se encuentra bajo ninguna figura de ley.

Por otra parte, en 2016, la intervención del Gobierno colombiano frente a las explotaciones de oro no amparadas bajo ninguna figura de ley fue de 1.708 operaciones<sup>1</sup> de control en el país; dentro de estas se incluye intervención a minas-bocaminas, incautación de maquinaria y equipos relacionados, implementos (entables, mangueras, botes, vehículos, picas, palas), municiones y explosivos, insumos sólidos y líquidos utilizados durante las actividades de explotación del mineral, entre otros.

Las operaciones de intervención son ejecutadas por los grupos operativos de las Fuerza Militares y Policía Nacional, en algunos casos, de acuerdo con la naturaleza del delito, se realizan con el acompañamiento de otras instituciones, como la Fiscalía General de la Nación, el Cuerpo Técnico de Investigación (CTI), las Corporaciones Autónomas Regionales, la SIJIN, entre otros. Del total de operaciones, se destaca que 355 fueron realizadas por el Ejército Nacional, 285 en conjunto Ejército Nacional y Policía Nacional y 2 con el Ejército Nacional de Perú.

De manera general, 45% de las intervenciones de control realizadas se concentra en la categoría *maquinaria y equipos*, la cual reúne incautaciones de motores, motobombas, dragas, excavadoras, trituradoras, entre otros. En un segundo lugar se tienen las operaciones de control a la explotación y exploración ilícita con 15% del total nacional; esta acción está relacionada directamente con la captura de personas: 870 para el año 2016<sup>2</sup>. Le siguen con menos de un 7% de representación, las operaciones relacionadas con incautación de explosivos (anfo, indugel, mecha lenta, pólvora negra) y minas intervenidas.

1 Consolidado de operaciones reportadas por la Brigada contra la Minería Illegal del Ejército Nacional y UNIMIL de la Policía Nacional entre enero y diciembre de 2016.

2 Las personas capturadas se judicializan con los cargos de explotación ilícita de yacimientos y contaminación ambiental; si el proceso de investigación se amplía a una red criminal se procede a abrir investigaciones a delitos conexos como lavado de activos, trata de personas, entre otros.

# RESUMEN RESULTADOS

## Evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra

Departamentos afectados por EVOA				
Área de EVOA detectada nacional	78.939 ha		83.620 ha	
Departamento	EVOA 2014 (ha)	Porcentaje total nacional 2014 (EVOA)	EVOA 2016 (ha)	Porcentaje total nacional 2016 (EVOA)
Chocó	36.185	46%	33.024	39%
Antioquia	26.323	33%	30.897	37%
Bolívar	7.361	9%	7.820	9%
Cauca	1.408	2%	3.702	4%
Córdoba	3.544	4%	3.592	4%
Nariño	1.676	2%	2.677	3%
Valle del Cauca	1.570	2%	1.023	1%
Otros	872	1%	885	1%
Municipios con mayor afectación por EVOA 2016				
Municipio	Departamento	EVOA (ha)	Porcentaje participación nacional	
Zaragoza	Antioquia	6.186	7%	
Nechí	Antioquia	5.916	7%	
Nóvita	Chocó	4.797	6%	
El Cantón de San Pablo	Chocó	4.385	5%	
El Bagre	Antioquia	4.377	5%	
Zonas de Manejo Especial				
EVOA 2016 (porcentaje del total nacional)				
	EVOA (ha)	Porcentaje EVOA nacional		
Tierras de las Comunidades Negras	34.858	42%		
Parques Nacionales Naturales	111	Menos de 1%		
Otras áreas del Sistema nacional de Áreas protegidas - SINAP	3.776	4,5%		
Resguardos Indígenas	780	1%		
Parques Nacionales Naturales con EVOA				
Parque	Departamento(s)	EVOA dentro PNN (ha) 2014	EVOA dentro PNN (ha) 2016	
Puinawai	Guainía	25	57	
Paramillo	Antioquia, Córdoba	14	31	
Los Katíos	Antioquia, Chocó	5	19	
Selva de Florencia	Caldas	1	4	
<b>Total</b>		<b>45</b>	<b>111</b>	
EVOA bajo figuras de ley				
Sin figuras de ley		66%		
Licencias ambientales		7%		
Amparo de Títulos		20%		
Solicitudes de Legalización		7%		
Dinámica de EVOA 2014 - 2016		Área (ha)		
Estable		54.910		
Abandonada		24.029		
Nueva		28.710		
Territorio afectado		107.649		



# INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos para el Gobierno y la sociedad colombiana es transformar los territorios rurales que históricamente han quedado al margen del desarrollo que ha logrado el país. Para ello es necesario entender integralmente la situación en medio de la cual las comunidades han desarrollado estrategias para su propia supervivencia en territorios donde confluyen tanto deficiencias de Estado que han exacerbado las vulnerabilidades como estrategias de ilegalidad que aprovechan estas vulnerabilidades para soportar negocios ilícitos altamente lucrativos.

La Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito - UNODC y el Ministerio de Minas y Energía, con el apoyo de la Embajada de los Estados Unidos en Colombia, presentan el documento “Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota 2016”, como una contribución para mejorar el conocimiento de esos territorios.

El reporte constituye una actualización de la línea base 2014, para el año 2016. La metodología se basa en el uso de imágenes de satélite para la detección de evidencias de explotación de oro de aluvión - EVOA. A partir de las EVOA se incorpora la dimensión geográfica al fenómeno de explotación ilegal de minerales (oro) y se posibilita la integración de este fenómeno en una base de datos espaciales que recoge, además, información secundaria sobre los territorios afectados y sobre la actividad minera en sí misma.

Si bien el documento se centra en la explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra, se incluye una evaluación de las evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en agua en el río Apaporis, específicamente en el sector del Parque Nacional Natural Serranía del Chiribiquete, es importante mencionar que la detección de evidencia de explotación de oro de filón aún está en fase de investigación.

El documento está conformado por cuatro secciones:

La primera se dedica al marco de referencia, donde se recogen los principales antecedentes de la investigación, se presenta el sector minero colombiano enmarcado en un enfoque territorial,

destacando las figuras de ley como instrumento geográfico para evaluar la actividad formal frente a las EVOA como instrumento geográfico para la actividad autorizada o no autorizada.

La segunda sección se dedica a los principales hallazgos incluyendo tanto las EVOA para maquinaria en tierra como para maquinaria en agua (caso Apaporis). Esta sección hace énfasis en la relación de las EVOA con los territorios y ofrece datos sobre la dinámica del fenómeno al comparar la situación observada con aquella reportada en 2014.

La tercera sección comprende los estudios que complementan la línea base. Presenta el modelo de información para la integración de la dimensión minera en el ordenamiento del territorio (caso Guapi); el modelo de investigación para la identificación de los rasgos más sobresalientes en torno a la dinámica de la explotación de oro de aluvión (caso Antioquia); la caracterización social y económica de comunidades rurales en zona de explotación aurífera del Pacífico colombiano y la dinámica de las sustancias químicas relacionadas con la explotación del oro (mercurio y cianuro). Esta sección presenta las bases para la implementación de un modelo integrado de monitoreo de la explotación de oro en Colombia.

Finalmente, la cuarta sección trata los aspectos metodológicos con énfasis en la detección de las EVOA tanto en agua como en tierra y en la integración de esa información en el marco de áreas para el monitoreo de fenómenos de ilegalidad en el territorio.

El documento se apoya en la experiencia del proyecto SIMCI, que ha monitoreado el fenómeno de los cultivos ilícitos por más de 15 años en Colombia y en la experiencia del Ministerio de Minas y Energía (cabeza del sector minero y rector de la política minera del país) en el estudio de la explotación de minerales; una sinergia que abre el camino para la implementación de un sistema de monitoreo centrado en la explotación ilícita de minerales y que promueva una mayor comprensión de las complejidades de los territorios afectados por actividades ilegales en Colombia.





# SECCIÓN

## MARCO DE REFERENCIA

*La primera sección se dedica al marco de referencia; en ella se recogen los principales antecedentes de la investigación y se presenta el sector minero colombiano enmarcado en un enfoque territorial. La sección destaca las figuras de ley como instrumento geográfico para evaluar la actividad formal; esta información se contrasta con las EVOA, que se utilizan a su vez como instrumento geográfico para la actividad no autorizada.*



## ALCANCES

La explotación aurífera en Colombia contempla dos tipos de yacimiento de acuerdo con las condiciones geológicas de formación: i) primarios, conocidos como de filón o veta<sup>3</sup>, caracterizados en su gran mayoría por explotación de tipo subterráneo, y ii) secundario o de aluvión<sup>4</sup>, con explotación de tipo cielo abierto [1] [2] [3]. El Sistema de Información Minero Colombiano - SIMCO<sup>5</sup> [4] reporta que durante el año 2011 el 18% (10,06 toneladas) de la producción de oro<sup>6</sup> en Colombia provino de explotaciones de filón y el 82% (45,84 toneladas) de explotaciones de aluvión. En la misma línea, con respecto al carácter de legalidad de la explotación en ambos tipos de yacimientos, de los datos reportados por el censo minero se deduce que el 95% de las minas de aluvión censadas carece de titulación<sup>7</sup>, mientras que el porcentaje sin titulación para minas de filón es de 77%.

La explotación de los yacimientos, tanto de los de veta y filón como de los de aluvión, presenta dos modalidades básicas en cuanto a la explotación y beneficio de acuerdo con el nivel tecnológico aplicado: i) se desarrolla por medios manuales, sin uso de maquinaria, y ii) técnicas y herramientas rudimentarias. La minería de subsistencia corresponde a la primera modalidad, y se lleva a cabo por personas naturales que dedican su fuerza de trabajo a la explotación de algún mineral mediante métodos manuales para generar

ingresos de subsistencia; este tipo de minería está contemplado como minería de subsistencia [5]. En esta actividad no se utiliza maquinaria especializada (retroexcavadoras, dragas, etc.) sino que por el contrario es la mano del hombre la que extrae de manera muy artesanal el mineral y en pequeñas cantidades [6]; algunas modalidades de esta minería son el barequeo y el machaqueo<sup>8</sup> [4]. Para el caso del barequeo<sup>9</sup>, se plantea que es una explotación de subsistencia en condiciones amigables con el medio ambiente, ya que no debe utilizar ningún químico para la recuperación del oro y el área intervenida es imperceptible. La minería de subsistencia es un fenómeno frecuente y no se aborda en el presente estudio [7].

En consecuencia, el tipo de explotación, las herramientas y la maquinaria utilizadas generan en el territorio evidencias físicas<sup>10</sup>: en el caso de la explotación tipo subterráneo se identifican principalmente como aquellas derivadas de la contaminación atmosférica, auditiva, hídrica y de desestabilización del medio subterráneo (subsidiencias), mientras que la explotación a cielo abierto genera evidencias físicas sobre la cobertura terrestre, con fuerte impacto visual por cambios en el paisaje circundante relacionado con alteraciones en los cuerpos de agua, deforestación y degradación de suelos, entre otros.

3 Yacimientos primarios hacen referencia a depósitos de mineral in situ.

4 Yacimientos secundarios son aquellos que posterior a procesos de meteorización de un yacimiento primario hay una disgregación mecánica natural y por acción del agua las partículas de oro son transportadas a ciertas distancias, estas tienden a concentrarse en cauces hídricos lo que da lugar a los conocidos "placeres auríferos" [103].

5 Sistema de Información Minero Colombiano, que contiene la información integrada, confiable y oportuna del sector minero colombiano y además suministra las estadísticas oficiales del sector. El administrador es el Ministerio de Minas y Energía [6].

6 Las producciones reportadas no discriminan el carácter legal o ilegal de la explotación puesto que mineros informales o ilegales pueden registrar producción ficticia en un municipio diferente del cual se produjo la explotación con el fin de evadir el control de las autoridades [104].

7 Se hace referencia a titulación en las modalidades de exploración y explotación indistintamente para el aprovechamiento de recursos minerales.

8 "Barequeo" en ríos y quebradas, el "machaqueo" en sitios de explotación con depósitos residuales in situ o como sobrantes de las pilas de estériles de minería de mayor envergadura, el "monitoreo" de terrazas y aluviones [51].

9 (Artículo 155 del Código de Minas). Actividad popular de los habitantes de terrenos aluviales actuales. De acuerdo con el citado precepto legal, esta actividad está exclusivamente supeditada al lavado de arenas por medios manuales, quedando prohibida la utilización de maquinaria o medios mecánicos para su ejercicio. La minería de barequeo tiene como objetivo específico, separar y recoger metales preciosos contenidos en esas arenas [9].

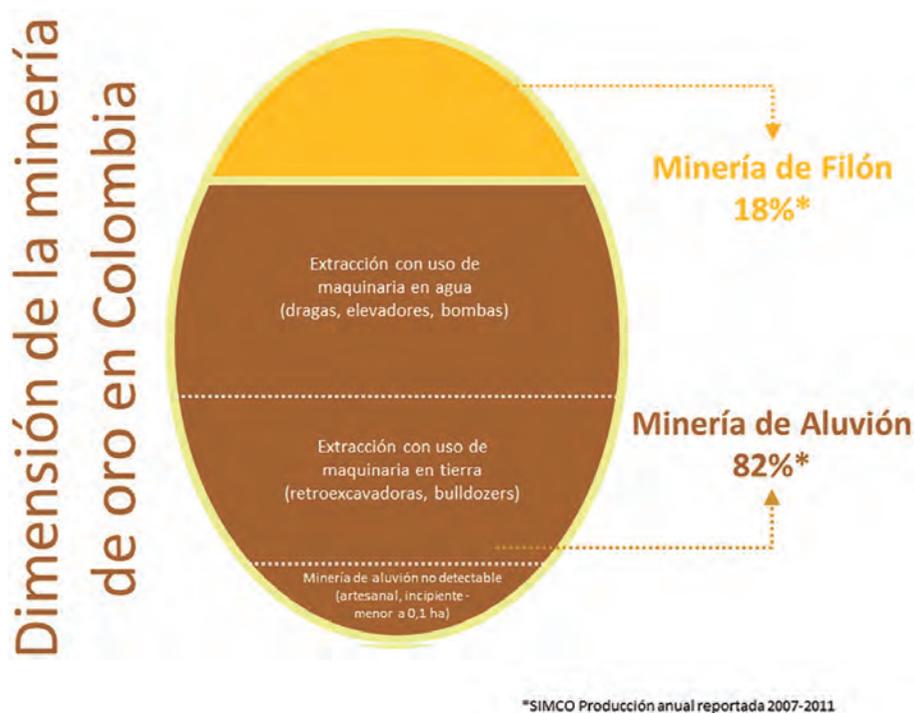
10 La evidencia física es todo material sensible significativo que se percibe con los sentidos y que tiene relación con un hecho [105].

Las evidencias físicas pueden detectarse por técnicas *in situ* y mediante técnicas de percepción remota<sup>11</sup> de acuerdo con el objetivo de estudio. Las técnicas *in situ* se focalizan en zonas y estudios específicos de contaminación atmosférica e hídrica debido al alto costo de implementación. Por otra parte, la percepción remota ofrece herramientas que permiten, entre otros, mayor cubrimiento de territorio a menor costo, con tiempos de visita cortos que potencian su utilidad en estudios de monitoreo. La aplicabilidad de esta técnica en estudios relativos a explotación minera va desde la detección de áreas potenciales en minerales (con el uso de imágenes hiperespectrales) hasta la detección y monitoreo de la dinámica de las actividades de explotación basada en evidencias físicas sobre el paisaje.

El reporte se concentra en la actualización de la línea base de detección de EVOA mediante el uso de imágenes de satélite. La información actualizada se integra en el marco de área del proyecto SIMCI, que ofrece información sobre los territorios afectados por EVOA; adicionalmente, en la base de datos geográficos también se integra la información disponible sobre las figuras de ley que reglamentan la minería en Colombia.

El estudio tiene alcances definidos respecto a la cobertura del fenómeno de explotación de oro; en particular es importante destacar los siguientes:

- Solamente se cubre la explotación de oro de aluvión; la metodología para detección de explotación ilegal de oro subterráneo, sigue en proceso de investigación.
- La explotación de oro de aluvión con maquinaria en agua se cubre solamente en el río Apaporis.
- Se identifica la explotación de oro de aluvión con maquinaria en tierra que deja evidencias en el paisaje; en este sentido las pequeñas explotaciones o aquellas que se realicen en condiciones de manejo adecuadas, no dejarán huellas muy detectables.
- El análisis temporal contempla los años 2014 y 2016.
- El análisis de las figuras de ley está limitado a aquellas que cuentan con registro geográfico en catastro minero. SIMCI realizó ajustes en la topología de algunas bases de datos geográficos consultadas para facilitar la integración de la información.



**Ilustración 1.** Distribución de la producción según tipo de yacimiento (Fuente SIMCO).

11 La percepción remota se define como la ciencia y arte de obtener información útil sobre los objetos, áreas o fenómenos en investigación, mediante análisis de datos adquiridos por dispositivos que no están en contacto físico con estos por intermedio de imágenes que ofrecen observación periódica y amplia perspectiva de la superficie terrestre. Las imágenes satelitales se han convertido en una fuente valiosa de información para numerosas aplicaciones, tales como el inventario de recursos naturales, planificación urbana y rural, monitoreo y gestión del medioambiente, agricultura, infraestructuras, obras civiles, exploraciones mineras, respuestas rápidas a desastres y operaciones militares, entre muchas otras [106].

El proyecto desarrolla la detección de evidencias físicas caracterizadas por cambio de paisaje, generadas en las explotaciones en tierra con maquinaria tipo retroexcavadoras y define los lineamientos metodológicos para la detección de EVOA en cuerpos de agua con alteración de los sedimentos en suspensión, resultante del empleo de maquinaria tipo dragas. La detección de EVOA generadas por ambos tipos de explotación se aborda mediante técnicas de percepción remota.

Aunque la evidencia física visible más característica de la utilización de maquinaria pesada en tierra es la alteración del paisaje circundante a los cuerpos hídricos o en terrenos aluviales, la naturaleza de la explotación (remoción de material, beneficio con agua, etc.) altera los sedimentos en suspensión en el medio acuático; esto quiere decir que las actividades de explotación con uso de maquinaria en tierra dejan evidencias que pueden ser detectadas tanto por interpretación visual como por índices espectrales<sup>12</sup>.

12 Los índices espectrales se basan en la combinación algebraica de bandas con valores espectrales corregidos y calibrados radiométricamente (reflectancias); el objetivo es agrupar y minimizar las diferentes respuestas de los sensores en un único valor por píxel, que pueda relacionarse con éxito con un fenómeno a investigar [90].

# ACCIONES DE PREVENCIÓN Y APOYO AL CONTROL DE LA EXPLOTACIÓN ILÍCITA DE MINERALES REALIZADAS POR EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

La *Explotación Ilícita de Minerales*, según lo estipula la Ley 685 del 2001 (Código de Minas), se define como:

*“Artículo 159. Exploración y explotación ilícita. La exploración y explotación ilícita de yacimientos mineros, constitutivo del delito contemplado en el artículo 244 del Código Penal, se configura cuando se realicen trabajos de exploración, de extracción o captación de minerales de propiedad nacional o de propiedad privada, sin el correspondiente título minero vigente o sin la autorización del titular de dicha propiedad”.*

Además, se establece las competencias sobre el control a la Explotación Ilícita de Minerales, así:

*“Artículo 306. Minería sin título. Los alcaldes procederán a suspender, en cualquier tiempo, de oficio o por aviso o queja de cualquier persona, la explotación de minerales sin título inscrito en el Registro Minero Nacional. Esta suspensión será indefinida y no se revocará sino cuando los explotadores presenten dicho título. La omisión por el alcalde de esta medida, después de recibido el aviso o queja, lo hará acreedor a sanción disciplinaria por falta grave”.*

Fortaleciendo y complementando lo anterior, encontramos en el Código Nacional de Policía y Convivencia, Ley 1801 del 2016, TÍTULO X, “MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA EXPLOTACIÓN Y APROVECHAMIENTO ILÍCITA DE MINERALES”, la potestad de aplicación de medidas preventivas y correctivas ambientales y mineras (arts. 96 y 97); así como también, la enunciación taxativa de actividades

de explotación de minerales son contrarias a la minería y, en consecuencia, son objeto de control y dan “...lugar a medidas correctivas o a la imposición de medidas preventivas de que trata la Ley 1333 de 2009, según sea el caso y sin perjuicio de las de carácter penal o civil que de ellas se deriven...” (Art. 105).

Adicionalmente, encontramos que la *Explotación Ilícita de Minerales*, se encuentra tipificada como delito en el Código Penal, “ARTÍCULO 338. EXPLOTACIÓN ILÍCITA DE YACIMIENTO MINERO Y OTROS MATERIALES. El que sin permiso de autoridad competente o con incumplimiento de la normatividad existente explote, explore o extraiga yacimiento minero, o explote arena, material pétreo o de arrastre de los cauces y orillas de los ríos por medios capaces de causar graves daños a los recursos naturales o al medio ambiente, incurrirá en prisión...”.

La *explotación ilícita de minerales* es un fenómeno que viene mutando en sus prácticas con el tiempo, es flotante por lo que hace complicado su monitoreo en tiempo real y deja a su paso innumerables impactos negativos en materia económica, ambiental, social, en la salud y en algunos casos trae consigo escenarios que afectan la seguridad pública.

Es imperioso considerar que el negocio minero se desarrolla en diferentes etapas, no necesariamente involucra los mismos actores ni lugares; en este sentido, es inevitable que todos aquellos relacionados en algún eslabón de la cadena, soportando el suministro de insumos como el

combustible, maquinaria, equipos, explosivos, químicos, maderas, entre otros; los actores que intervienen en el desarrollo de actividades como la explotación, el beneficio de minerales, transporte, la comercialización de insumos y minerales, proveen los insumos como el mercurio, cianuro, sean igualmente vinculados como actores principales en el control de la explotación ilícita de minerales.

Adicionalmente, se debe considerar con más detalle las zonas donde se explotan los minerales, zonas que en muchas oportunidades son restringidas o excluibles para el desarrollo de actividades mineras legales, que no cuentan con suficiente infraestructura para el transporte en su área, restringiendo el acceso a sus poblaciones.

### Estrategias diseñadas, coordinadas o desarrolladas en apoyo por el Ministerio de Minas y Energía y otras entidades para el control de la explotación ilícita de minerales

La formalización de la pequeña minería en muchas zonas del país se desarrolla como una estrategia para el control de la ilegalidad, porque aquí se logra diferenciar a los pequeños mineros tradicionales, que requieren apoyo para hacer las cosas bien, dentro del marco legal, para poder fortalecerlos para que mantengan su condición de legalidad y cumplan los estándares requeridos para realizar la minería bien hecha.

En este sentido, luego de ser identificadas o caracterizadas las unidades de producción minera en las regiones, si la actividad extractiva se desarrolla sin el marco de la legalidad, pero los actores que la realizan son tradicionales y quieren trabajar bajo el amparo de un título minero, se da inicio a la etapa de **regularización**, que es la etapa preliminar al ingreso al programa de formalización, donde se acompaña a las unidades de producción en la evaluación de los diferentes mecanismos que establece la normatividad actual, para que puedan trabajar bajo el amparo de un título minero y hacer parte del programa de formalización minera.

El programa de Formalización minera es un conjunto de acciones o actividades desarrolladas por el Ministerio de Minas y Energía enfocadas a las unidades de producción minera de pequeña minería para que trabajen bajo el amparo de un título minero y cuenten con instrumento ambiental o lo tengan

en trámite. Los beneficiarios de estas unidades de producción minera deberán comprometerse previamente a dar cumplimiento a los estándares establecidos en la política de formalización, con el fin de lograr las mejores prácticas mineras.

Por otra parte, este Ministerio viene trabajando y apoyando el desarrollo de las diferentes estrategias del Gobierno nacional para avanzar en el control de la explotación ilícita de minerales y delitos conexos a partir de las siguientes acciones:

- Apoyo en la generación de un marco normativo para el control de la explotación ilícita de minerales, así:

#### Herramientas propuestas en los Planes de Desarrollo:

**Ley 1450 de 2011:** En el período comprendido entre el 2011- 2014 se contó con el Plan Nacional de Desarrollo.

Artículo 106, que señala: “CONTROL A LA EXPLOTACIÓN ILÍCITA DE MINERALES; a partir de la vigencia de la presente ley, se prohíbe en todo el territorio nacional la utilización de dragas, minidragas, retroexcavadoras y demás equipos mecánicos en las actividades mineras sin título minero inscrito en el Registro Minero Nacional. El incumplimiento de esta prohibición, además de la acción penal correspondiente y sin perjuicio de otras medidas sancionatorias, dará lugar al decomiso de dichos bienes y a la imposición de una multa hasta de mil salarios mínimos legales mensuales vigentes, que impondrá la autoridad policiva correspondiente. El Gobierno nacional reglamentará la materia”.

**Ley 1753 del 9 de junio de 2015**, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “TODOS POR UN NUEVO PAÍS” en su Artículo 5° define las Estrategias Transversales y Objetivos del Plan de Inversiones y contempla al sector Minero-Energético como uno de los componentes de la estrategia de Competitividad e infraestructura. Dicha Ley 1753 del 2015, mantiene la vigencia del artículo 106 “Control a la Explotación Ilícita de Minerales”, relacionado en el párrafo anterior.

Se generaron mecanismos para el trabajo bajo el amparo de un título minero: se establecieron herramientas jurídicas con mecanismos para que los pequeños mineros tradicionales puedan desarrollar la actividad minera bajo el amparo de

un título minero y de esta forma lograr separar a la comunidad minera tradicional de los oportunistas, que solo desean extraer los metales o minerales, sin el adecuado manejo técnico, social y ambiental, en este sentido se incluyó el siguiente artículo:

- Artículo 19. Se incluyen los mecanismos para el trabajo de un título en la pequeña minería.

Subcontrato de formalización minera.

Devolución de áreas para la formalización minera.

También fueron incluidos los siguientes artículos:

- Artículo 20. Áreas de reserva para la formalización.
  - Artículo 21. Clasificación de la minería. Para implementar una política pública diferencial, las actividades mineras estarán clasificadas en minería de subsistencia, pequeña, mediana y grande.
  - Artículo 152. Custodia de oro por parte del Banco de la República.
- Mecanismos de apoyo y estrategias de trabajo a nivel nacional e internacional, a partir de las cuales el Ministerio de Minas y Energía desarrollo acciones de articulación con otras autoridades y países, teniendo:

**Comité Andino Contra la Minería Ilegal:** La Decisión 774 del 30 de julio de 2012 de la CAN, establece y adopta la “Política Andina de Lucha contra la Minería Ilegal”, en donde se desarrollaron algunas medidas de control, como la destrucción de maquinaria pesada que esté siendo utilizada en la exploración y explotación de minerales sin el correspondiente título minero inscrito en el Registro Minero Nacional. Es la Policía Nacional la autoridad competente para ejecutar dicha acción. Lo anterior en el marco del Decreto 2235 de 2012<sup>13</sup>.

A raíz de esta decisión, promulgada en el marco de la articulación internacional de políticas para el control a la explotación ilícita de minerales se reglamentó lo siguiente:

**Decreto 2235 de 2012:** “Por el cual se reglamentan el artículo 6° de la Decisión número

774 del 30 de julio de 2012 de la Comunidad Andina de Naciones y el artículo 106 de la Ley 1450 de 2011 en relación con el uso de maquinaria pesada y sus partes en actividades mineras sin las autorizaciones y exigencias previstas en la ley”, es la Policía Nacional la autoridad competente para ejecutar dicha acción.

**Decreto 723 del 10 de abril de 2014.** Por el cual se establecen medidas para regular, registrar y controlar la importación y movilización de la maquinaria clasificable en las subpartidas y se dictan otras disposiciones.

**Ley 1658 de 2013.** Por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones. En su artículo 11 se establecieron las herramientas para la formalización minera el *Subcontrato y la devolución de áreas* para este fin.

- **Decreto 480 del 06 de marzo de 2014.** Por el cual se reglamentan las condiciones y requisitos para la celebración y ejecución de los subcontratos de formalización minera.
- En materia minera, se expidió el **Decreto 0933 de 2013 (hoy con suspensión provisional declarada por el Consejo de Estado)**. Con este decreto se buscó dar una salida jurídica para la evaluación de las solicitudes de legalización radicadas en virtud del artículo 12 de la Ley 1382 de 2010 declarada inexecutable. Estas solicitudes se encuentran suspendidas y por lo tanto no pueden explotar minerales en el marco de este proceso.
- En materia ambiental existe la Ley 1333 de 2009 “Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones”.
- Mecanismos (operacionales) de control generados por el Ministerio de Defensa Nacional en articulación con el Ministerio de Minas y Energía junto con otras entidades para contrarrestar la problemática de la explotación ilícita de minerales.

**Ley 1801 de 2016,** por la cual se expide el *Código Nacional de Policía* y Convivencia, en donde se

13 “Por el cual se reglamentan el artículo 6° de la Decisión número 774 del 30 de julio de 2012 de la Comunidad Andina de Naciones y el artículo 106 de la Ley 1450 de 2011 en relación con el uso de maquinaria pesada y sus partes en actividades mineras sin las autorizaciones y exigencias previstas en la ley”.

establece en su título X medidas de control a la actividades que se desarrollen por fuera del marco normativo minero y se amplían las competencias en esta materia a la Policía Nacional.

**Decreto 1421 del 1 de septiembre de 2016**, “por el cual se adiciona y modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, respecto de la adopción de medidas relacionadas con el Beneficio y Comercialización de minerales y se adiciona y modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1076 de 2015, respecto del licenciamiento ambiental para plantas de beneficio”.

**Decreto 2133 del 22 de diciembre del 2016**, “por el cual se establecen medidas de control a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contienen, en el marco de lo establecido en el artículo 5 de la Ley 1658 de 2013”.

**Decreto 1102 del 27 de junio del 2017**, “por el cual se adiciona y modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, respecto de la adopción de medidas relacionadas con la Comercialización de Minerales”.

Como una estrategia a la preventiva, para el desarrollo de una minería bien hecha, con estándares en aspectos técnicos, ambientales, sociales, laborales y demás, independientemente del tamaño de su desarrollo, se estableció la Política Minera Nacional, definiéndola así:

### Política Minera Nacional:

**Resolución N.º 40391 del 20 de abril de 2016**, por la cual se adopta la Política Nacional Minera, a través de la cual se definen pilares y líneas de acción para promover la regularización minera y que la actividad minera se desarrolle en condiciones de formalidad legal, técnica, laboral, ambiental, económica y social. En esta misma, se desarrolla los detalles que para cada tipo de minería se evaluaron, tanto en diagnóstico, como en oferta.

Como una necesidad para la organización del sector minero, fue expedido el **Decreto 1666 del 21 de octubre de 2016**, “por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, relacionado con la clasificación minera”.

**Resolución 40103 del 9 de febrero de 2017**, por la cual se establecen los volúmenes máximos de producción en la minería de subsistencia.

MINERAL Y/O MATERIALES		VALOR PROMEDIO MENSUAL	VALOR MÁXIMO DE PRODUCCIÓN ANUAL
Metales preciosos (oro, plata, platino)		35 gramos (g)	420 gramos (g)
Arenas y gravas de río (destinados a la industria de la construcción)		120 metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	1.440 metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Arcillas		80 toneladas (ton)	960 toneladas (ton)
Piedras preciosas	Esmeraldas	50 quilates	600 quilates
	Morrallas	1.000 quilates	12.000 quilates
Piedras semipreciosas		1.000 quilates	12.000 quilates

**Tabla 1.** Volúmenes máximos de producción minera de subsistencia.

**Proyecto de Ley N.º 169 de 2016 de control a la Explotación ilícita de minerales.** Establece medidas contra la explotación ilícita de minerales. El Gobierno radicó ante el Congreso de la República un proyecto de Ley que brindarán herramientas legales para perseguir la explotación ilícita de minerales en todos los eslabones de la cadena delictiva: explotación, beneficio, transporte y comercialización. La estrategia estará concentrada en combatir las mafias. No busca perseguir a los pequeños mineros ni estigmatizar la actividad.

- **Estrategia de prevención y control**

- Proyecto de inversión **“Control a la Explotación Ilícita de Minerales Colombia”** vigencia 2017.

El Ministerio de Minas y Energía, formuló el Proyecto de Inversión: **“Control a la explotación ilícita de minerales Colombia”**, el cual busca apoyar acciones de control y prevención de las diferentes autoridades competentes mediante el suministro de información o evidencia de la actividad de la explotación ilícita de minerales y facilitar la toma de decisiones, el cual contempla entre otras las siguientes tres actividades relacionadas:

- Registrar información georreferenciada de las zonas definidas en las líneas de vuelo, con equipos y organización logística definida.
- Identificar casos de explotación ilícita de minerales sujetos a intervención operacional por parte de la autoridad competente.
- Apoyar las acciones de coordinación para el desarrollo de prevención y operación de control de explotación ilícita de minerales.

Para materializar lo anterior, se celebraron convenios interadministrativos de cooperación con el fin de articular y desarrollar actividades aéreas que permitan identificar los lugares destinados a la explotación ilícita de yacimientos mineros, igualmente, el ministerio apoya el fortalecimiento de las unidades de Policía, mediante el suministro de instrumentos técnicos indispensable para la detección de sustancias, elementos o insumos químicos utilizados en la actividad minera, y todo el soporte técnico y jurídico necesario para la ejecución de operaciones y acciones de judicialización realizadas por las autoridades competentes en el territorio nacional.

Los convenios suscritos en el marco del proyecto de inversión **“Control a la explotación ilícita de minerales Colombia”** son:

- **CONVENIO GGC 196 DE 2014.**

OBJETO: Aunar esfuerzos entre las partes para la prevención y el control de la explotación ilícita de minerales, mediante el uso de la capacidad de aerofotografía, reconocimiento aéreo, análisis e interpretación de la información del Ministerio de Defensa Nacional - Fuerzas Militares de Colombia - Fuerza Aérea Colombiana, y la utilización conjunta de dicha información con el Ministerio de Minas y Energía, como aporte en diferentes procesos para las autoridades competentes, relacionadas con la finalidad de coordinación para el control que debe desarrollar el Ministerio.

INICIO: 13 de agosto del 2014

FINALIZACIÓN: 31 de diciembre del 2015

- **CONVENIO GGC 277 DEL 2015:**

OBJETO: Aunar esfuerzos entre el Ministerio de Minas y Energía y la Policía Nacional para la articulación y desarrollo de actividades helicoportadas para la priorización de casos de explotación ilícita de minerales, sujetos a intervención por parte de las autoridades competentes, con el fin de generar acciones de control a este flagelo en el territorio nacional.

INICIO: 31 de julio del 2015

FINALIZACIÓN: 30 de abril del 2016

- **CONVENIO GGC-207 DEL 2016:**

OBJETO: Apoyar al Ministerio de Minas y Energía, según sus necesidades, con la información, producto de su capacidad de aerofotografía, reconocimiento aéreo, análisis e interpretación de información. Anudar esfuerzos entre las partes para la prevención y el control de la explotación ilícita de minerales, mediante el uso de la capacidad de aerofotografía, reconocimiento aéreo, análisis e interpretación de la información del Ministerio de Defensa Nacional - Fuerzas Militares de Colombia - Fuerza Aérea Colombiana y la utilización conjunta de dicha información con el Ministerio de Minas y Energía, como aporte en diferentes procesos para las autoridades competentes, relacionadas con la finalidad de coordinación para el control que debe desarrollar el ministerio.

INICIO: 05 de mayo del 2016

FINALIZACIÓN: 31 de enero del 2017

- **CONVENIO GGC-232 DEL 2016:**

OBJETO: Aunar esfuerzos técnicos y administrativos, entre el Ministerio de Minas y Energía y la Policía

Nacional, para la articulación y desarrollo de actividades aéreas para la identificación y priorización de casos de explotación ilícita de minerales sujetos a intervención por parte de las autoridades competentes, con el fin de generar acciones de control en el territorio nacional.

INICIO: 21 de junio del 2016

FINALIZACIÓN: 15 de diciembre del 2016

- **CONVENIO GGC-284-2017:**

OBJETO: Aunar esfuerzos técnicos, humanos, financieros y logísticos entre el Ministerio de Minas y Energía y la Policía Nacional a través de la dirección de carabineros y seguridad rural -unidad nacional contra la minería ilegal y antiterrorismo UNIMIL, y la Dirección de Antinarcóticos- Aérea de aviación policial, para el desarrollo de acciones de coordinación, prevención y control de la explotación ilícita de minerales, con el fin de proteger los recursos naturales.

INICIO: 31 de mayo del 2017

FINALIZACIÓN: 31 de diciembre del 2017

- **CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL 243 DEL 2017:**

OBJETO: Aunar esfuerzos entre el Ministerio de Minas y Energía y la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) para establecer mecanismos de cooperación técnica y económica, para coadyudar el control a la explotación ilícita de minerales mediante la ampliación de la línea base de información relacionada con la explotación de oro de aluvión (EVOA) y la estructura de investigación para soportar un Sistema integrado de monitoreo de la explotación Ilícita de oro con enfoque territorial y estudio de caso.

INICIO: 07 de abril del 2017

En ejecución

- **CONVENIO GGC 549 de 2017**, suscrito el 28 de noviembre de 2017, entre la Fiscalía General de la Nación, la Agencia Nacional de Minería y el Ministerio de Minas y Energía, cuyo objeto es: aunar esfuerzos institucionales, técnicos, tecnológicos, humanos y logísticos con el propósito de facilitar el acceso a las herramientas informáticas y bases de datos de la ANM y el Ministerio, que sean necesarias para apoyar la actividad misional de la Fiscalía proporcionando y/o permitiendo el acceso más eficiente posible

a la información que administran estas entidades referentes a temas mineros y de hidrocarburos.

## Capacitaciones a autoridades locales competentes como instrumento de prevención

El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con la Fiscalía General de la Nación, el Cuerpo Técnico de Investigación - CTI, los Parques Nacionales Naturales de Colombia, la Agencia Nacional de Minería - ANM, la Policía Nacional, el Ministerio de Defensa, ANLA; Migración Colombia y la DIAN desarrollan jornadas de coordinación y capacitación en las diferentes regiones del país con el fin de dar a conocer las competencias, procedimientos, aclarar inquietudes y apoyar las labores de control a la explotación ilícita de minerales.

- **CAPACITACIONES**

### Capacitaciones para las comunidades

En las regiones donde se viene desarrollando actividad de pequeña minería de forma tradicional y no se generan mayores impactos ambientales y que quienes la desarrollan, no conocen el marco legal que podría aplicarles para realizar sus actividades legalmente, se les hace capacitaciones o jornadas de sensibilización, en muchas ocasiones solicitadas por las autoridades regionales, para explicar a la comunidad las opciones o mecanismos existentes para trabajar bajo el amparo de un título y de otra forma, las implicaciones legales administrativas o penales por no cumplir con estos requisitos en el desarrollo de su labor.

### Capacitaciones a autoridades locales

Con el propósito de coordinar y esclarecer conceptos a las autoridades competentes en el control de la explotación ilícita de minerales para así facilitar la toma de decisiones y el ejercicio de sus competencias en las regiones, el Ministerio de Minas y Energía con el apoyo interinstitucional de entidades como la Agencia Nacional de Minería, la Policía Nacional, las Fuerzas Militares, el Ministerio de Defensa, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, el Ministerio del Medio Ambiente, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, la Fiscalía General de la Nación, etc. imparten la capacitación denominada "*Aspectos Mineros, Ambientales y Competencias en el Control a la Explotación Ilícita de Minerales*".

La capacitación generalmente tiene una duración de tres (3) días y abarca los siguientes temas:

TÍTULO DEL BLOQUE	CONTENIDOS
BLOQUE MINERO	Normatividad minera
	Competencias Autoridades
	Mecanismos para trabajar bajo el amparo de título minero
	Derecho para explorar y explotar (zonas excluibles, restringidas y reservadas / zonas mineras grupos étnicos)
	Situación regional minera
	Amparo administrativo
	Registro Único de Comercializadores de Minerales - RUCOM
	DIAN - Policía Aduanera
	Código de Policía - Título X (minero)

TÍTULO DEL BLOQUE	CONTENIDOS
BLOQUE AMBIENTAL	Régimen de Licenciamiento Ambiental (competencias, autoridades)
	Ley 1333 / 2009 - Sancionatorio ambiental
	Sistema Nacional Ambiental - SINA
	Sistema de Parques Nacionales Naturales - SPNN
	Casos específicos de la región
	Fortalecimiento en Gobierno propio

TÍTULO DEL BLOQUE	CONTENIDOS
BLOQUE ADMINISTRATIVO	Decreto 2235 de 2012 - Destrucción de Maquinaria
	Incautación de maquinaria
	Código de Policía - Título IX (ambiental)
	Normatividad hidrocarburos
	Procedimientos control de hidrocarburos
	Procedimientos, uso y control de explosivos
	Directiva 004 de 2017

TÍTULO DEL BLOQUE	CONTENIDOS
BLOQUE PENAL	Normatividad migratoria (integrar con casos en el ejercicio de la misma)
	Qué es un delito
	Delitos ambientales (concurso y casuística)
	Primer responsable y su importancia
	Policía judicial - Manejo de la escena - Aspectos de interés
	Judicialización
	Parte pericial: prueba técnica - Aspectos generales - Mercurio
	Ejercicio práctico - CASUÍSTICA

**Tabla 2.** Bloques temáticos de la capacitación a autoridades locales.



**Foto 1.** Capacitación a la Policía Nacional.

En el año 2017, se ejecutaron capacitaciones a autoridades territoriales en las siguientes zonas:

DEPARTAMENTO	FECHA	POBLACIÓN OBJETO
CAQUETÁ	17 al 19 de mayo del 2017	Autoridades administrativas territoriales
BOYACÁ	24 de agosto del 2017	
CHOCÓ	29 al 31 de agosto del 2017	
CUNDINAMARCA	14 de septiembre del 2017	
RISARALDA	22 de septiembre del 2017	
ANTIOQUIA	27 al 29 de septiembre del 2017	
MAGDALENA	5 al 7 de diciembre del 2017	
AMAZONAS	29 de noviembre al 1 de diciembre del 2017	
CAUCA	11 al 13 de diciembre del 2017	

**Tabla 3.** Cronograma de capacitaciones a autoridades territoriales en 2017.

## ZONAS AFECTADAS CON EXPLORACIÓN ILÍCITA DE MINERALES EN COLOMBIA

Es necesario reiterar que el fenómeno de la explotación ilícita de minerales en Colombia es un fenómeno flotante, debido al potencial geológico minero aurífero en Colombia, la variación de los tenores hace que los explotadores no autorizados se desplacen entre diferentes puntos o zonas enriquecidas, donde exista mayor y mejor producción de metales, minerales o materiales de alto valor.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario afirmar que en Colombia se habla de la problemática que existe con la explotación ilícita de minerales en muchas zonas del país, pero en realidad no se cuenta con un diagnóstico oficial del Estado de las explotaciones realizadas (sin el amparo de un título), la magnitud de las zonas intervenidas, el uso de maquinaria, la deforestación en los territorios, la comunidad involucrada, entre muchos otros factores que se requieren, debido a que dicha actividad se desarrolla de forma itinerante, no cuenta con un área determinada constante, ni se desarrolla mediante un método de explotación específico, en ese sentido el monitoreo es la mejor y pronta herramienta que requerimos para dimensionar parte del problema en el territorio.

No obstante, se cuenta con un censo realizado por el Ministerio de Minas y Energía en los años 2010-2011, en donde se evidencian algunas explotaciones de minerales desarrolladas sin título minero para esa época, pero la cifra y las zonas han aumentado abismalmente.

### Estadísticas (Censo Minero 2010)

De las 14.357 Unidades de Producción Minera - UPM censadas en los 23 departamentos, el 63% carece de título minero y se observa que en diez departamentos este porcentaje se encuentra por encima del 80% con casos preocupantes como

Chocó, Bolívar, Córdoba y Antioquia debido a la importancia de las explotaciones ubicadas en estas entidades en el agregado nacional.

Para esa época, en el departamento de Antioquia el 59% de las UPM de minería de pequeña escala no cuentan con título minero, seguida de las UPM de minería de mediana escala de las cuales el 20% no cuentan con título minero.

En cuanto al departamento de Boyacá el comportamiento de las UPM en titulación y tamaño es diferente al de Antioquia, ya que en Boyacá el 50% de las UPM de pequeña escala cuentan con título minero, de igual forma el 17% de las UPM de mediana escala tienen título.

Vale la pena resaltar que en este departamento existe un nivel alto de titulación minera, ya que tanto para UPM grandes como para las medianas y las pequeñas el porcentaje de titulación es cercano al 70%.

Contrario a lo que sucede con el departamento de Boyacá, en el que existe un alto nivel de legalidad en las UPM censadas, en el departamento del Chocó las cifras del censo reportaron que cerca del 100% de las UPM no cuentan con título minero, de las cuales el 55% pertenecen a UPM de mediana escala y el 44% a UPM de pequeña escala y, únicamente, se registraron tres unidades de producción minera de gran escala de las cuales dos no cuentan con título.

En cuanto al departamento de Bolívar, el 50% de las UPM de pequeña escala cuentan con título minero, mientras que el 26% de las mismas no cuentan con éste. De igual forma, un porcentaje importante, 17% de UPM de mediana escala cuentan con título minero. En cuanto a titulación y tamaño el comportamiento del departamento de Bolívar es muy similar al de Boyacá en los cuales existen altos

niveles de titulación especialmente al nivel de UPM de pequeña escala.

Finalmente, en el departamento de Cundinamarca el 33% de las UPM de pequeña escala no cuentan con título minero, mientras que un 22% de las mismas sí cuentan con éste. En cuanto a las UPM de mediana escala el comportamiento es diferente ya que es mayor el porcentaje de las que cuentan con título minero (26%), mientras que el 16% de las UPM medianas no cuentan con título. En general, se observa que la titulación minera en las UPM censadas en Cundinamarca es cercana al 50%.

DEPARTAMENTO	UPM TOTALES	Sin título minero
Antioquia	2.025	1.601
Atlántico	266	237
Bolívar	1.432	1.347
Boyacá	2.649	845
Caldas	203	148
Cauca	544	476
Córdoba	303	289
Cundinamarca	1.391	696
Chocó	527	523
La Guajira	282	277
Magdalena	564	559
Norte de Santander	858	394
Risaralda	161	133
Santander	1.055	578
Tolima	316	187
Valle del Cauca	249	199
Putumayo	501	322
Caquetá	219	12
Cesar	135	14
Huila	418	110
Meta	109	45
Arauca	45	26
Casanare	105	23
Otros	1.031	230
<b>TOTAL</b>	<b>15.388</b>	<b>9.271</b>

**Tabla 4.** Unidades de Producción Minera sin título minero. Fuente: Censo Minero 2011.

Adicionalmente en el año 2016, las Naciones Unidas - UNODC en cooperación con el Ministerio de Justicia y con el apoyo del Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Defensa Nacional, realizaron un estudio en donde mediante percepción remota se logró evidenciar en muchas zonas las explotaciones de oro de aluvión con maquinaria en tierra, aclarando que la información allí reportada puede desarrollarse dentro de diferentes condiciones del marco jurídico cumpliendo o no con lo establecido en la normatividad ante las autoridades mineras y ambientales.

Finalmente, es necesario resaltar que debido a factores de seguridad en algunas zonas del territorio nacional donde se desarrolla el flagelo de la explotación ilícita de minerales, han sido la Policía Nacional y las Fuerzas Militares de Colombia, las que mediante sus labores de inteligencia, con el apoyo de algunos medios suministrados vía convenios y demás, vienen monitoreando el fenómeno, para identificar las zonas donde se desarrolla la actividad extractiva no autorizada para así, priorizar y cumplir con las acciones de control pertinentes.

## FIGURAS DE LEY EN EL ESTUDIO

La metodología empleada para la detección de EVOA no pretende caracterizar la actividad de explotación de oro de aluvión ni la legalidad de la misma, sin embargo, el marco de la normatividad colombiana confiere a la dimensión minera particularidades y alcances que deben ser observados con el fin de obtener una visión territorial de este fenómeno.

Este alcance busca que las entidades competentes encargadas de la formulación de política pública, manejo, gestión y control de recursos, cuente con información objetiva que permita mejorar la caracterización del fenómeno y por ello la visión integral del territorio afectado.

### Figuras autorizadas por la normatividad

El estudio aborda la relación entre las EVOA y figuras de ley, que cuentan como fuente oficial a la Agencia Nacional Minera - ANM, que es la entidad encargada de administrar los recursos minerales del Estado de forma eficiente, eficaz y transparente a través del fomento, la promoción, el otorgamiento de títulos y el seguimiento y control de la exploración y explotación minera, con el fin de maximizar la contribución del sector al desarrollo integral y sostenible del país [2].

En este contexto el estudio cuenta con información oficial de la ANM referente a amparo de títulos, propuestas de contrato y solicitudes de legalización.

En cuanto a las licencias ambientales, la fuente es la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, como entidad encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental, cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible ambiental del país (Decreto 3573) [3].

### Licencias ambientales

Autorización que otorga la autoridad ambiental competente a una persona, mediante acto administrativo, para la ejecución de un proyecto, obra o actividad que conforme a la ley y a los reglamentos puede producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medioambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje, y en la que se establecen los requisitos, obligaciones y condiciones que el beneficiario de la licencia ambiental debe cumplir para prevenir, mitigar, corregir, compensar y manejar los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada (Decreto 1753 de 1994, artículo 2).

### Amparo de títulos de explotación y exploración

En el Código de Minas se define el Título minero como el documento en el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo. Los títulos mineros se clasifican en: i) Licencias de exploración y explotación, ii) Aportes mineros, iii) Contratos mineros [4].

### Propuestas de contrato

Aquellas solicitudes presentadas por particulares ante el Estado para celebrar un contrato de concesión minera para la ejecución de estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal en lugares donde no se llevan a cabo aún explotaciones de depósitos y/o yacimientos mineros [5].

### Solicitudes de legalización

Aquellas solicitudes hechas por explotadores de minas de propiedad estatal, sin título minero inscrito en el Registro Minero Nacional, y que llevan a cabo explotaciones de depósitos y/o yacimientos mineros con anterioridad al 17 de agosto de 2011 [6].

En este marco, el artículo 165 de la Ley 685 de 2001<sup>14</sup>, contempla la legalización mediante concesión a los explotadores de minas de propiedad estatal sin título inscrito en el Registro Minero Nacional. Por otra parte, en la norma de la Ley 1382 de 2010<sup>15</sup> en el artículo 12, se contempla la legalización mediante concesión de los explotadores, los grupos y asociaciones de minería tradicional que exploten minas de propiedad estatal sin título inscrito en el

Registro Minero Nacional; siempre y cuando el área solicitada se hallare libre para contratar y se acredite que los trabajos mineros se vienen adelantando en forma continua desde antes de la vigencia de la Ley 685 de 2001 y se llenen los requisitos de forma y fondo requeridos. Sin embargo, es relevante mencionar que a partir del 2016 los procesos vigentes bajo esta modalidad quedaron suspendidos.<sup>16</sup>

14 La Ley 685 de 2001 estableció los proyectos mineros especiales y de desarrollo comunitario con el fin de promover la legalización y capacitación técnica de pequeños mineros.

15 La Ley 1382 de 2010 reformó la Ley 685 de 2001 y concedió un término de dos años para que los mineros tradicionales solicitaran su formalización y se les otorgara un contrato de concesión minera como resultado de un proceso de verificación de la tradicionalidad de los trabajos mineros. Dicha norma fue reglamentada por el Decreto 1970 de 2012.

16 En virtud del Auto del 20 de abril de 2016 del Consejo de Estado, la autoridad minera no podrá resolver ninguna de las solicitudes de formalización de minería tradicional que se encuentran en estudio y verificación de la tradicionalidad de los trabajos mineros, fundamentado en el Decreto 933 de 2013. Adicionalmente, los titulares de dichas solicitudes deben suspender cualquier actividad minera que se encuentren realizando en el área que se va a formalizar, so pena de incurrir en explotación ilícita de minas y hacerse acreedores de las medidas previstas en los artículos 161 (decomiso) y 306 (suspensión) de la Ley 685 de 2001 y las acciones sancionatorias ambientales determinadas en la legislación [80].

# ESTRUCTURACIÓN E INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN RELACIONADA CON EL MARCO DE ÁREAS DEL SISTEMA DE MONITOREO DE UNODC Y GOBIERNO DE COLOMBIA

En los últimos años el modelo de investigación del proyecto SIMCI ha evolucionado al pasar de la construcción de datos sobre los fenómenos y problemáticas presentes como hectáreas sembradas con cultivos de coca, área asperjada y área erradicada; para convertirse en un modelo de investigación donde el eje integrador es el territorio. Este cambio de enfoque, asociado a la incorporación de la teoría del riesgo, ha mostrado que la integración de información sobre las amenazas y las vulnerabilidades permite entender de una manera más consistente y productiva las dinámicas presentes en los territorios.

La construcción de este modelo requiere de la integración de información y la estandarización de los datos para garantizar la comparabilidad temporal y geográfica de cualquier fenómeno en el territorio.

La validación topológica de la información suministrada permitió detectar que en algunas zonas del país, las capas presentan superposiciones y duplicidad de información que puede alterar los resultados presentados. Para evitar duplicidad en el área reportada se restauró la topología de las capas y se filtró para solo los datos de explotación relacionada a oro.

Para los análisis espaciales se dio prioridad a la información de figuras de ley en la siguiente escala: 1. Licencias ambientales; 2. Amparo de títulos; 3. Propuestas de contrato, y 4. Solicitudes de legalización.

La base para la integración de la información del SIMCI, así como de otras fuentes, es el marco de áreas.

Este marco está constituido por grillas cuadradas de 1 kilómetro que se pueden agrupar para conformar grillas más grandes según las necesidades de investigación. Este marco consta de una serie de polígonos (grillas cuadradas de 5 km y 1 km) que no son dependientes de los cambios en el territorio; es decir, el cambio en los límites administrativos o la creación de nuevas entidades territoriales no altera los resultados obtenidos en el marco; por lo cual, se pueden realizar análisis espacio-temporales de forma comparable y sencilla.

En el anterior contexto se ha incorporado al marco, la información geográfica oficial disponible (información secundaria) en torno a la explotación de oro de aluvión. Los datos oficiales fueron suministrados por el Ministerio de Minas y Energía. Entidades como la Agencia Nacional de Minería (ANM), la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la Dirección de Carabineros y Seguridad Rural (DICAR), las Corporaciones Autónomas, y las Fuerzas Armadas y de Policía, entregaron los datos oficialmente al Ministerio.

## Agencia Nacional de Minería - ANM

La ANM es la entidad encargada de administrar los recursos minerales del Estado y es responsable del otorgamiento de títulos y control de la exploración y explotación minera. En cumplimiento de su misión la ANM genera información geográfica con la ubicación de títulos, propuestas de contrato, solicitudes

mineras, áreas excluibles de la minería, restringidas. Solicitudes de legalización, de delimitación de Áreas de Reserva Especial, entre otros. Para el análisis estos datos son considerados como figuras de ley y el Gobierno colombiano. Los archivos entregados son de tipo vector.

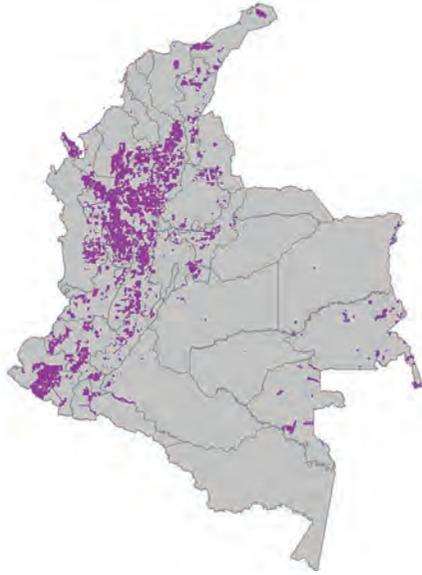
**Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA**

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA- es la encargada de que los proyectos, obras

o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible ambiental del país (Decreto 3573) [3]. Estos datos vienen en archivos de tipo vector.

El cuadro a continuación presenta los archivos consolidados entregados a UNODC.

Resumen de la información geográfica disponible de la ANM y ANLA:

Nombre	Geometría tipo	Formato	Características	Cubrimiento geográfico
Amparo de Títulos	Polígono	Vector Shape	<p>Contiene los títulos mineros discriminados por modalidad, mineral y titular.</p> <p>Información para 22 departamentos.</p> <p>Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Chocó, Huila, La Guajira, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima, Valle del Cauca, Putumayo, Guainía, Vaupés.</p> <p>Número de registros: 1.601 relacionados con oro (86% del total nacional).</p>	
Propuestas de Contrato	Polígono	Vector Shape	<p>Contiene las propuestas con atributos como modalidad, tipo de mineral y titular.</p> <p>Información para 29 departamentos. Solamente Sucre, Arauca y Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina no tienen información.</p> <p>Número de registros 2.270 relacionados con oro (75% del total nacional).</p>	

Nombre	Geometría tipo	Formato	Características	Cubrimiento geográfico
Solicitudes de Legalización (Ley 685 y Decreto 0933 de 2013)	Polígono	Vector Shape	<p>Contiene las solicitudes de legalización con atributos como modalidad, tipo de mineral y solicitante.</p> <p>Información para 23 departamentos.</p> <p>Antioquia, Bolívar, Caldas, Caquetá, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Chocó, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del Cauca, Putumayo, Amazonas, Guainía, Vaupés, Vichada.</p> <p>Número de registros 739 relacionados con oro (97% del total nacional).</p>	
Licencias ambientales	Polígono	Vector Shape	<p>Contiene las licencias ambientales con atributos como modalidad, tipo de mineral y titular.</p> <p>Información para un departamento Antioquia.</p> <p>Número de registros 30 relacionados con metales preciosos.</p>	

**Tabla 5.** Resumen de la información geográfica disponible de la ANM y ANLA.

## MODELO DE MONITOREO

El modelo diseñado en coordinación con el Gobierno de Colombia por UNODC durante el 2015, se basa en un esquema metodológico para la detección y monitoreo de las actividades de explotación de oro de aluvión. Este modelo fue adoptado por el Ministerio de Minas y Energía y constituye la base estructural para la implementación de los componentes de detección, integración de información y análisis geográficos. Igualmente, se consolida como el pilar metodológico para la implementación de un modelo de monitoreo que genere información basada en evidencia técnica y que mejore el marco de referencia del fenómeno para la toma de decisiones y la formulación de política pública.

El modelo parte de la identificación y georreferenciación de las manifestaciones físicas del fenómeno, en particular la explotación del mineral con empleo de maquinaria en tierra (retroexcavadoras y buldóceres); sigue con la integración al marco de estudio de la información primaria y secundaria oficial relacionada, la cual se constituye en el escenario sobre el cual diseñar investigaciones que mejoren la caracterización de la actividad y permitan retroalimentar la plataforma; y finalmente, termina con la puesta a disposición de los datos.

El modelo metodológico adoptado por el Gobierno de Colombia en cabeza del Ministerio de Minas y Energía en alianza con UNODC consta de dos fases:

### FASE I.

Esta fase, objeto del presente informe, tiene un énfasis principalmente geográfico. Implementa la metodología diseñada en el estudio previo [1] para: i) la detección de evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra (ámbito nacional) y uso de maquinaria en agua (estudio - caso); ii) la integración de información primaria y secundaria; iii) el análisis geográfico para la caracterización del fenómeno.

### • DETECCIÓN

El dimensionamiento espacial del fenómeno de la explotación de oro de aluvión se basa en la detección, mediante percepción remota, de las evidencias físicas de las actividades de explotación del mineral y sobrevuelos de verificación. Esta etapa se constituye en la base para la caracterización geográfica del fenómeno en el territorio.

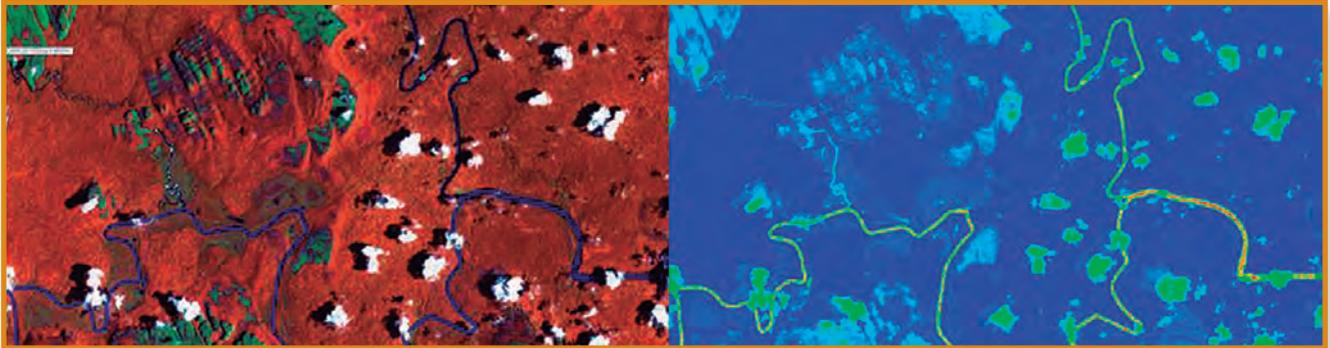
La explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria pesada en el territorio colombiano se efectúa en dos modalidades generales: explotación mediante el uso de maquinaria en tierra (retroexcavadoras) y explotación mediante el uso de maquinaria en agua (dragas, dragones, balsas); cada modalidad de explotación ocasiona diferentes perturbaciones, las cuales generan evidencias físicas de diversa naturaleza de acuerdo con el medio en el que se manifiestan.

La metodología para la detección Evidencias de Explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra, EVOA, se basa en percepción remota mediante el uso de imágenes satelitales, por medio de dos líneas metodológicas que presentan un eje común, pero que abordan procesos específicos de acuerdo con la naturaleza de la evidencia,

1. Línea base de evidencias de actividad de explotación de oro de aluvión con el uso de maquinaria en tierra, “evidencias duraderas”. Ámbito nacional.
2. Línea base de evidencias de explotación de oro de aluvión con el uso de maquinaria en agua, “evidencias efímeras”. Estudio caso Río Apaporis.

La explotación en el lecho de los cuerpos hídricos mediante el uso de maquinaria en agua genera “evidencias efímeras”, caracterizadas por la alteración de los sedimentos suspendidos en el agua, que se relacionan con el momento de la explotación y no son duraderos. Estos cambios no se detectan

con precisión mediante las técnicas tradicionales de interpretación de imágenes satelitales, y son abordados mediante técnicas especializadas de extracción de información, como el álgebra de bandas (índices espectrales).

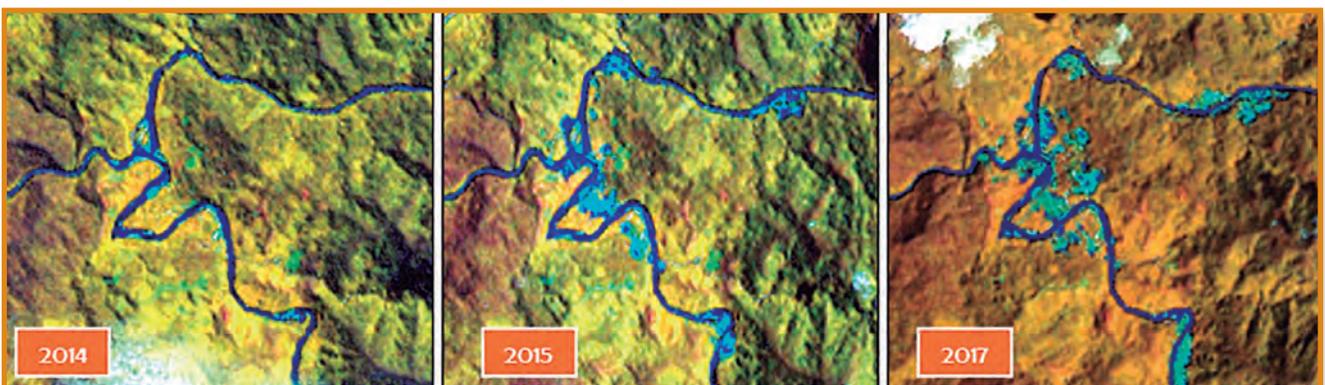


**Ilustración 2.** Evidencias físicas detectadas mediante el uso de índices espectrales generadas por el uso de maquinaria en agua. Izquierda imagen satelital RGB 453 en la cual NO se observan perturbaciones en el medio hídrico. Derecha, índice espectral aplicado a la imagen, las zonas del río en color anaranjado o rojo, indican alteraciones en los sedimentos. Río Apaporis.

Por otra parte, las evidencias generadas por las actividades de explotación mediante el uso de maquinaria en tierra se consideran “evidencias duraderas” por su permanencia en el tiempo y se caracterizan por cambios de impacto visual en el paisaje circundante a los cuerpos hídricos; estos cambios son originados por remoción de la capa vegetal, proliferación de suelos desnudos,

la alteración de cauces y aparición de lagunas de beneficio, entre otros. Las evidencias duraderas son detectadas por medio de percepción remota mediante las técnicas tradicionales de interpretación de imágenes satelitales.

La siguiente ilustración presenta el esquema de detección:



**Ilustración 3.** Detección de cambios con imágenes de satélite Landsat 8 (visualizadas en falso color RGB 543). Evidencias físicas visibles sobre el paisaje, generadas por el uso de maquinaria en tierra. EVOA en tono azul claro con lagunas de beneficio. Municipio de López, departamento del Cauca.

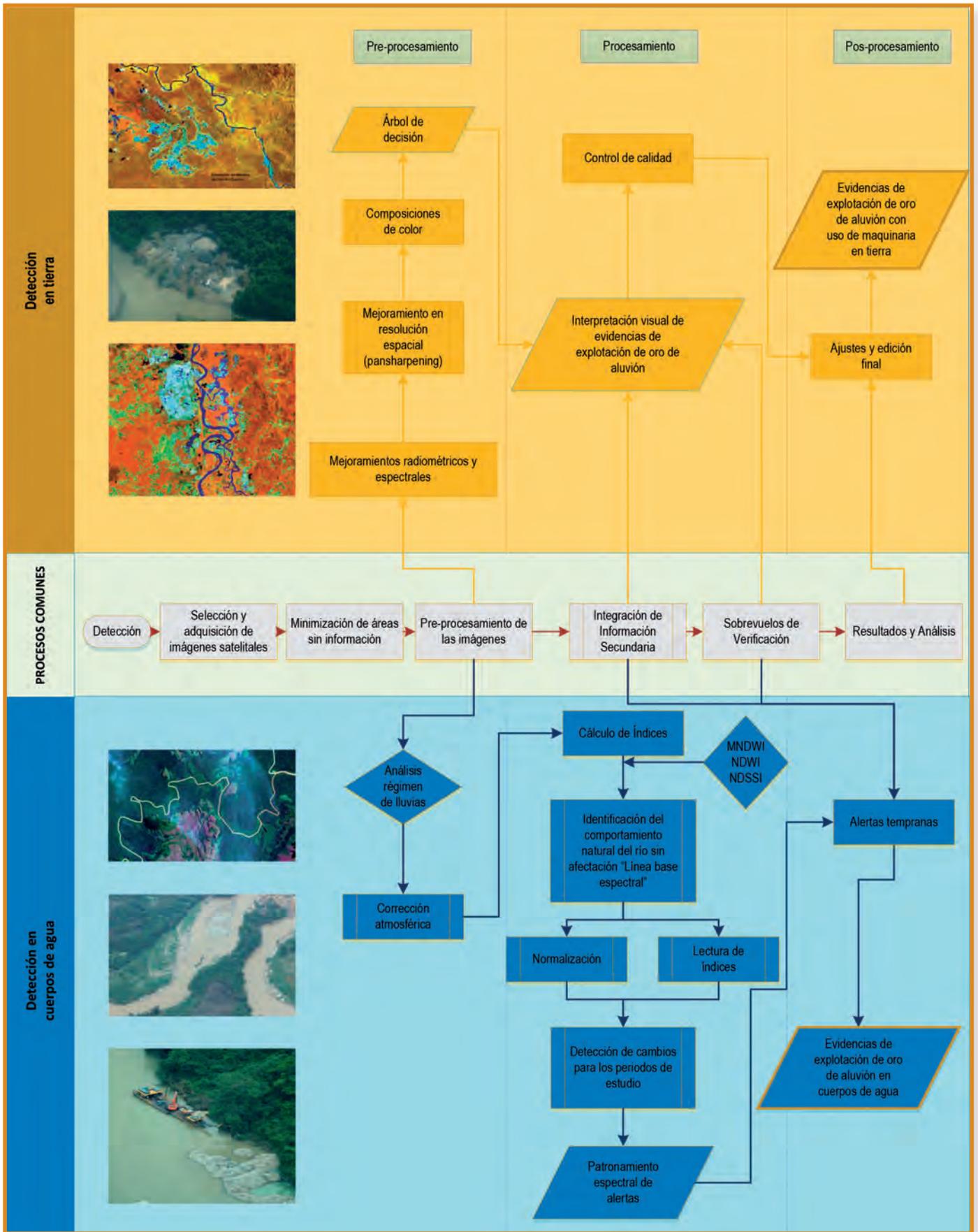


Ilustración 4. Esquema modelo de detección basado en percepción remota.

## • INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN

Hace referencia a la estandarización y consolidación de la información primaria (detección) y secundaria, relativa al fenómeno de explotación de oro en la base de datos del SIMCI. Los datos consolidados permiten el acceso a información estructurada de tipo multidisciplinario, recolectada por el SIMCI durante más de 15 años en el monitoreo de fenómenos de ilegalidad en el territorio, y facilita, entre otros, la actualización del marco de referencia geográfico para el territorio afectado por el fenómeno de explotación de oro de aluvión desarrollado de manera no técnica.

El proyecto SIMCI ha integrado la información geográfica en un sistema de grillas cuadradas de 5 km y de 1 km. Esta cuadrícula se conoce con el nombre de *marco de áreas*. Cada grilla tiene asociada información de atributos como municipio y departamento, zona de manejo especial y zona de reserva forestal, entre otros. Los datos históricos de área sembrada con cultivos de coca, estudios de producción de la transformación de hoja de coca a clorhidrato de cocaína, análisis multitemporales de coberturas de la tierra, y ahora los datos de EVOA, se encuentran en esta cuadrícula única de referencia y permiten entre otros: i) establecer las relaciones entre los fenómenos y entre estos con diversos elementos en el territorio, ii) el desarrollo de análisis multitemporales para el establecimiento del origen geográfico y tendencias del fenómeno, iii) el diseño de diversos modelos de investigación, que contribuyen a mejorar el marco de referencia y conocimiento en torno a las dinámicas de los fenómenos de ilegalidad en el territorio, iv) la construcción de un marco de muestreo para ejercicios estadísticos y probabilísticos.

## • ANÁLISIS GEOGRÁFICO

La caracterización geográfica de la explotación de oro de aluvión no solo involucra su localización y dimensionamiento, sino que requiere de una mirada integral a los diversos fenómenos presentes

en el territorio, de manera que permita adquirir el conocimiento y la comprensión de los cambios asociados a su distribución y localización, su dinámica espacial y temporal, y las relaciones de asociación con otros procesos económicos y sociales. Para este estudio se aborda la dinámica espacial del fenómeno, tomando como base los hallazgos encontrados en el estudio previo [1].

## FASE II.

Esta fase orientada a la implementación de un sistema de monitoreo, se desarrollará en dos etapas, la primera para desarrollar durante el 2018, cuenta con un enfoque más integral, e involucra las siguientes dimensiones:

- Detección, incluye la actualización de la línea base de EVOA en tierra 2017 y la ampliación de la línea base de EVOA en agua a la región de Orinoquia y Amazonia del territorio colombiano.
- Socioeconómica, involucra la implementación de metodologías cuantitativas y cualitativas<sup>17</sup> con enfoque de vulnerabilidad, para llegar al territorio y profundizar la caracterización y dinámica del fenómeno.
- Administrativa, involucra modelos de información para la inclusión de la variable minera en los planes de desarrollo de los municipios, así como para la regularización de las actividades de explotación en comunidades de explotación tradicional.

La segunda etapa con énfasis en la implementación del sistema de monitoreo del fenómeno, involucra entre otros, el alcance del marco metodológico, la periodicidad de captura de información, identificación de variables complementarias, establecimiento de los indicadores de seguimiento y usuarios del sistema. Este sistema de monitoreo permitirá al gobierno contar permanentemente con información objetiva basada en evidencia para los procesos de toma de decisiones, gestión y formulación de política pública.

17 Estas metodologías han sido diseñadas y validadas en el marco del desarrollo de la Alianza con el Ministerio de Minas y Energía para la aproximación a comunidades en territorio afectado por el fenómeno.



# SECCIÓN II

## HALLAZGOS EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN

*A partir del marco de referencia se presentan en esta sección los principales hallazgos. La sección incluye los hallazgos relacionados con las EVOA tanto para maquinaria en tierra como para maquinaria en agua (caso Apaporis). Se presenta la relación de las EVOA con los territorios y se ofrecen datos sobre la dinámica del fenómeno al comparar la situación observada con aquella reportada en 2014.*



# EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN CON USO DE MAQUINARIA EN TIERRA EN EL TERRITORIO COLOMBIANO

Los resultados de la detección de EVOA 2016, a cielo abierto con uso de maquinaria en tierra, indican que para el año 2016, en 14 de los 32 departamentos del país se detectaron evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra.

Se identificaron 83.620 hectáreas, 6% más que lo detectado en 2014; 77% de las EVOA en el país se concentra en dos departamentos, Chocó (39%) y Antioquia (37%).

Departamento	EVOA 2014 <sup>18</sup>	EVOA 2016	% del total nacional 2016	% cambio 2014-2016
Chocó	36.113	33.024	39	-9
Antioquia	26.237	30.897	37	17
Bolívar	7.405	7.820	9	6
Cauca	1.405	3.702	4	163
Córdoba	3.541	3.592	4	1
Nariño	1.671	2.678	3	60
Valle	1.566	1.023	1	-35
Putumayo	365	537	1	47
Otros	507	347	0	-31
<b>TOTAL</b>	<b>78.939</b>	<b>83.620</b>	<b>100</b>	<b>6</b>

**Tabla 6.** EVOA con uso de maquinaria en tierra (hectáreas) por departamento.

Cauca, con 18 de sus 42 municipios afectados por EVOA (43%), presenta el mayor incremento respecto a la medición de 2014 con 163%; sin embargo, son los municipios de Bolívar, Guachené, Guapi, los que concentran la expansión y reportan incrementos por encima del 800%, Piamonte, Timbiquí y López de Micay registran incrementos superiores a 200%.

El segundo lugar en expansión del área de EVOA lo ocupa Nariño con 60% de incremento, concentrado en los municipios de El Charco, Santa Bárbara, Barbacoas, Magüi, Payán y Roberto Payán. Tumaco reporta estabilidad en el área detectada.

El siguiente gráfico muestra el área de EVOA obtenida en el presente estudio, en relación con el registro de producción de oro por departamento [7].

18 El archivo de EVOA 2014 fue interpretado en el sistema de referencia (Bogotá Traslada de Mercator) utilizado por el proyecto SIMCI durante 15 años. Para poder realizar el análisis de dinámica de EVOA 2014-2016 fue necesario re proyectar este archivo al nuevo sistema utilizado por las entidades oficiales y por UNODC (Magna SIRGAS). Este procedimiento cambia las geometrías de los polígonos interpretados. Según lo anterior, los datos de dinámica en algunos departamentos y municipios pueden diferir de los publicados en el estudio previo.

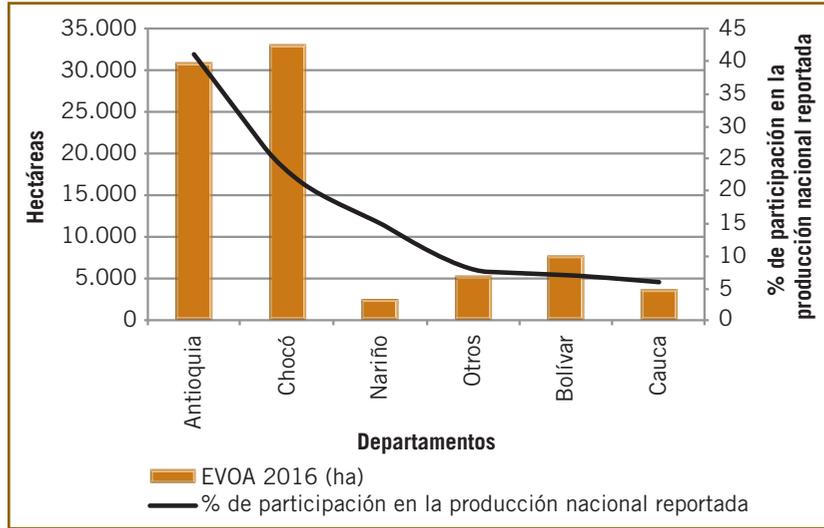


Gráfico 1. EVOA y producción de oro 2016 [8].

Aunque Chocó sigue ocupando el primer lugar con el mayor porcentaje de EVOA detectada (39%) es Antioquia quien registra la mayor producción, con una participación de 41,04% (25,37 toneladas) en la producción total nacional, seguido de Chocó con 23,50% (14,53 toneladas) [7]<sup>19 20</sup>.

Llama la atención que Córdoba con un área de EVOA muy similar a Cauca, solo reporta 1% (0,62 toneladas) de participación en la producción nacional; Cauca reporta 6% (3,71 toneladas). Por otra parte, Chocó que ocupa el primer lugar en detección de EVOA en los dos periodos de estudio realizados, reporta aproximadamente la mitad de lo reportado en Antioquia. A diferencia de Chocó, Nariño marca un comportamiento inverso en su relación EVOA-Producción, que puede estar sustentado en las explotaciones de filón ubicadas principalmente hacia la vertiente occidental del volcán Galeras.

En el caso de Huila, Caldas, Tolima, Valle del Cauca, Risaralda y Santander agrupados en la categoría “Otros”, la información disponible registra

una predominancia de actividades de explotación de oro asociadas a filón [9].

El hecho de que no exista una fuerte relación entre EVOA y participación en la producción nacional puede obedecer, entre otras razones, a la incidencia de la producción a partir de filón o de aluvión (ver gráfico 2) con uso de maquinaria en agua, a las diferencias en productividad, a que el oro no siempre se registra en la zona de explotación, o a que, como fue posible comprobar por medio de información obtenida en el territorio, el oro simplemente no se registra. Al respecto vale la pena mencionar que mineros entrevistados por UNODC en Cauca, Chocó y Guainía reportaron a Medellín como el destino final del oro que extraían.

19 El Reporte de producción nacional se obtiene en función del recaudo de regalías sustentado en el Formato Básico Minero, que es una herramienta de fiscalización del gobierno, donde el titular indica, entre otros, los volúmenes producidos semestral y anualmente. Sin embargo, esta información no es totalmente consolidada por parte autoridad minera [81].

20 A la luz de la interpretación de los datos es necesario mencionar que la producción reportada hace referencia tanto a depósitos de aluvión como depósitos de filón.

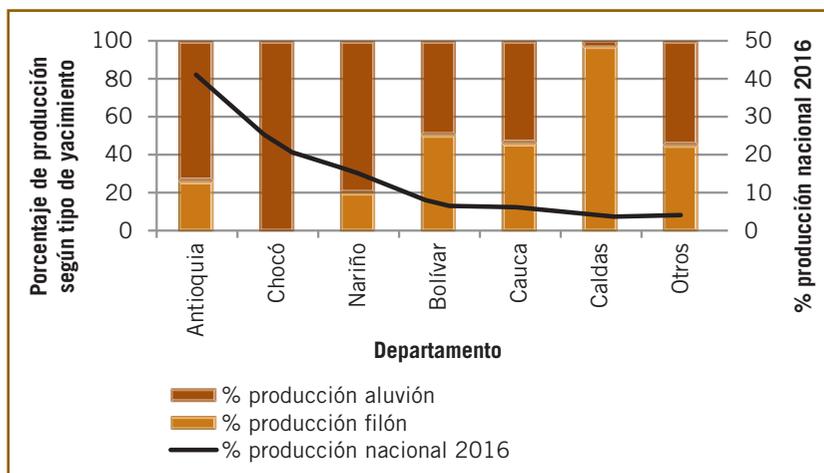
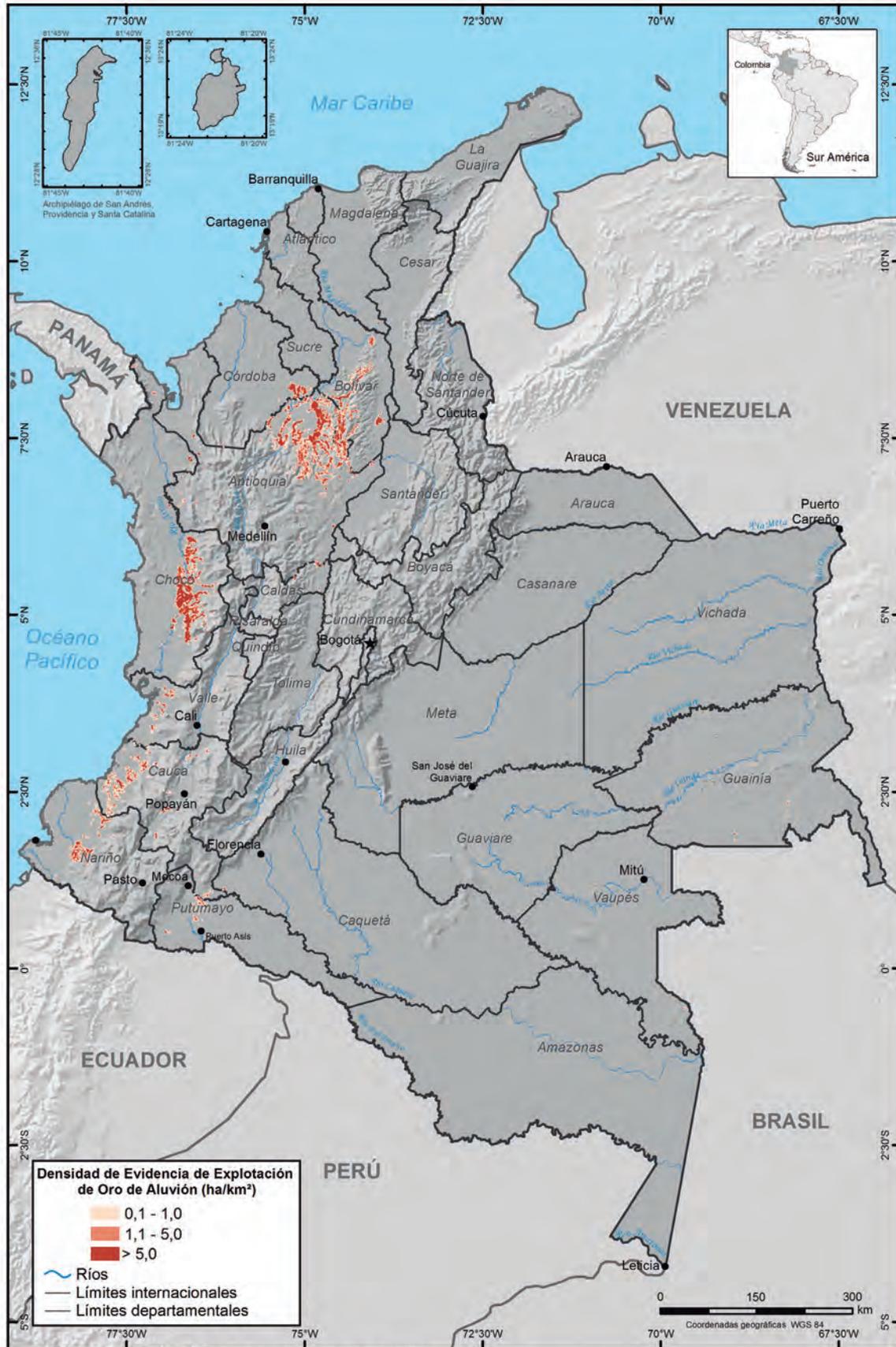


Gráfico 2. Estimado de la distribución porcentual de la producción de oro por departamento de acuerdo con el tipo de yacimiento.

## Densidad de evidencia de explotación de oro de aluvión, 2016



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC  
 Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

Mapa 1. Densidad de EVOA en Colombia, 2016.

La afectación por EVOA abarca 131 municipios (12%) del total de 1.127 en el país<sup>21</sup>. Antioquia tiene afectados el 30% de sus 125 municipios y se ubica en el primer lugar en cantidad de municipios afectados con 38. Las EVOA se concentran allí en 10 municipios: Zaragoza, Nechí, El Bagre, Cáceres, Caucasia, Tarazá, Segovia, Remedios, Anorí y Amalfi, los cuales aportan el 94% de las EVOA del departamento y el 35% del dato nacional.

Conceptos

**Municipio afectado:** municipio con detección de EVOA con uso de maquinaria en tierra mediante percepción remota.

**Evidencia:** huella o señal detectada mediante interpretación y procesamiento digital de imágenes satelitales y que se caracteriza por alteración del paisaje en terrenos aluviales.



Foto 2. Explotación de oro de aluvión en Antioquia.

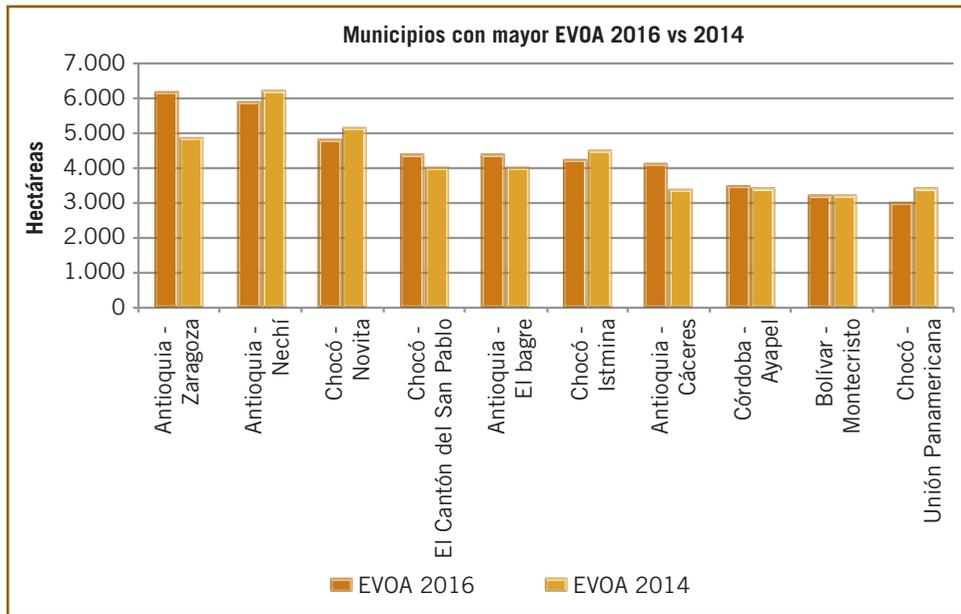
Por otra parte, 23 municipios del Chocó, 77% del total de municipios del departamento reportan evidencias del fenómeno. Las EVOA se concentran en 10 municipios: Nóvita, Cantón de San Pablo, Istmina, Unión Panamericana, Río Quito, Condoto, Medio Atrato, Quibdó, Medio San Juan y Tadó. En estos municipios se encuentra 86% del total detectado en

el departamento y 34% del total de EVOA detectada en el país. La problemática fenómeno en el ámbito nacional se encuentra fuertemente concentrada. 52% de la detección nacional se ubica en 10 municipios de los departamentos de Antioquia, Chocó, Córdoba y Bolívar.



Foto 3. Explotación de oro de aluvión en Nariño.

21 El archivo de EVOA 2014 fue interpretado en el sistema de referencia (Bogotá Traslada de Mercator) utilizado por el proyecto SIMCI durante 15 años. Para poder realizar el análisis de dinámica de EVOA 2014-2016 fue necesario re proyectar este archivo al nuevo sistema utilizado por las entidades oficiales y por UNODC (Magna SIRGAS). Este procedimiento cambia las geometrías de los polígonos interpretados. Según lo anterior, los datos de dinámica en algunos municipios pueden diferir de los publicados en el estudio previo.



**Gráfico 3.** Los 10 municipios con mayor afectación de EVOA con uso de maquinaria en tierra 2016 vs. 2014.

Antioquia y Chocó aportan 4 municipios cada uno a esta lista, con el 25% y el 20% del área nacional afectada, respectivamente. Zaragoza y Nechí, en el departamento de Antioquia, son los municipios que presentan la mayor área reportada 6.186 ha y 5.916 ha respectivamente, que representan el 14% del total nacional, les siguen Novita y El Cantón del San Pablo en Chocó con una participación en el total nacional de 11%. El departamento de Bolívar se integra a esta lista con el municipio de Montecristo, y el departamento de Córdoba con Ayapel. Todos estos

municipios, excepto Ayapel y Unión Panamericana están afectados también por la presencia de cultivos de coca.

### Dinámica del fenómeno 2014-2016

El estudio indica que el territorio afectado por EVOA considerando la línea base 2014 y la actualización 2016 es de 107.649 ha. 43% del territorio afectado nacional se concentra en Chocó con 45.711 ha. Antioquia ocupa el segundo lugar con 37.066 ha que representa el 34% del territorio afectado nacional por EVOA.

El territorio afectado está conformado por áreas estables, áreas nuevas, áreas en expansión y áreas con indicios de pastos y herbazales<sup>22</sup>.

30% de las EVOA 2014 muestran indicios de pastos y herbazales, considerados dentro de las etapas iniciales de sucesión vegetal. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, en estos estadios, el requisito de germoplasma o material genético para iniciar la sucesión es menos exigente en diversidad y riqueza de especies respecto a los estadios de sucesión vegetal superiores; en este sentido la culminación con éxito de un proceso de sucesión dependerá entre otros de la cantidad, viabilidad y diversidad del germoplasma como de las condiciones físicas

### Conceptos

**Territorio afectado 2014-2016:** suma geográfica de la detección EVOA 2014 y EVOA 2016.

**Área estable:** área con EVOA permanente, detectada en el estudio 2014 y en la actualización 2016.

**Área nueva:** área con EVOA detectada en 2016, pero que no se encontraba en 2014.

**Área en expansión:** área con EVOA detectada en 2014 que presenta mayor área afectada en 2016.

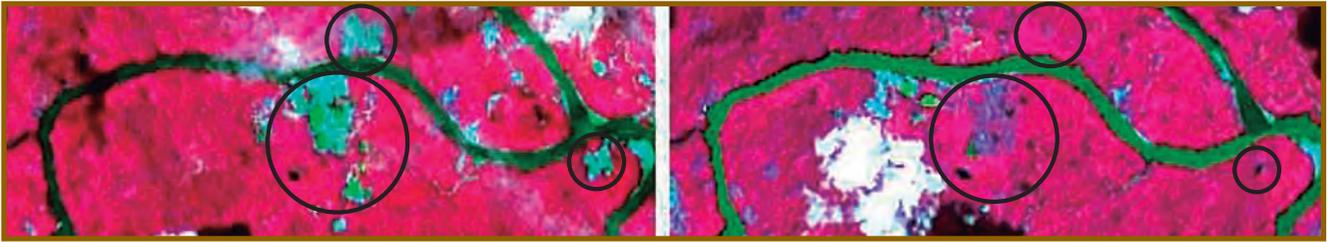
**Área con indicios de pastos y herbazales:** áreas con EVOA detectada en el 2014, pero que en 2016 se encuentran con vegetación herbácea o rastrojo bajo, característicos de etapas iniciales de sucesión vegetal.

**Área sin información:** áreas con EVOA detectada en 2014, pero que se encuentran bajo cobertura de nubes en 2016.

<sup>22</sup> La categoría herbazales indica que hay repuesta espectral relacionada con vegetación incipiente de sucesión vegetal, sin embargo, esto no implica que el proceso de sucesión continúe hasta su madurez, por lo que esta categoría debe tomarse con precaución.

y químicas del suelo [10]. Por consiguiente, no es posible asegurar que las áreas bajo esta categoría

avancen hacia una recuperación de las condiciones originales de la cobertura boscosa.



**Ilustración 5.** Imagen Landsat 8 RGB 547. Izquierda en círculos negro EVOA, abril 2014. Derecha en círculos negro áreas con pastos y rastrojos bajos, enero 2017.

En cuanto a las áreas nuevas, la dinámica identificada señala que, 10% (8.646 ha) de la EVOA detectada en el 2016, no se había detectado en 2014. De estas, 77% se concentran en Chocó, Antioquia y Cauca.

Por otra parte las áreas en expansión representan 24% de la EVOA 2016 y se focalizan principalmente en Antioquia con 42% y Chocó con 36%.



**Foto 4.** Área afectada con EVOA, actualmente con cobertura de pastos y herbazales.

Departamento	EVOA 2016 (ha)	Área Estable (ha)	Área nueva (ha)	Área en expansión (ha)	Área con indicios de pastos y herbazales (ha)	Territorio afectado (ha)	% de territorio afectado
Chocó	33.024	23.426	2.327	7.271	12.687	45.711	43%
Antioquia	30.897	20.068	2.359	8.469	6.169	37.066	34%
Bolívar	7.820	5.267	700	1.853	2.138	9.957	9%
Cauca	3.702	991	1.981	731	414	4.117	4%
Córdoba	3.592	3.027	45	519	514	4.106	4%
Nariño	2.677	1.239	731	708	432	3.110	3%
Valle del Cauca	1.023	613	205	205	953	1.976	2%
Putumayo	537	167	165	206	198	735	1%
Otros	348	112	132	103	524	871	1%
<b>Total</b>	<b>83.620</b>	<b>54.910</b>	<b>8.645</b>	<b>20.065</b>	<b>24.029</b>	<b>107.649</b>	<b>100%</b>

**Tabla 7.** Territorio afectado por EVOA 2014-2016.

El siguiente gráfico ilustra la distribución porcentual departamental en torno a la detección de EVOA 2016; Córdoba es el departamento con mayor

estabilidad en el fenómeno, con 84% de la detección concentrada en áreas estables.

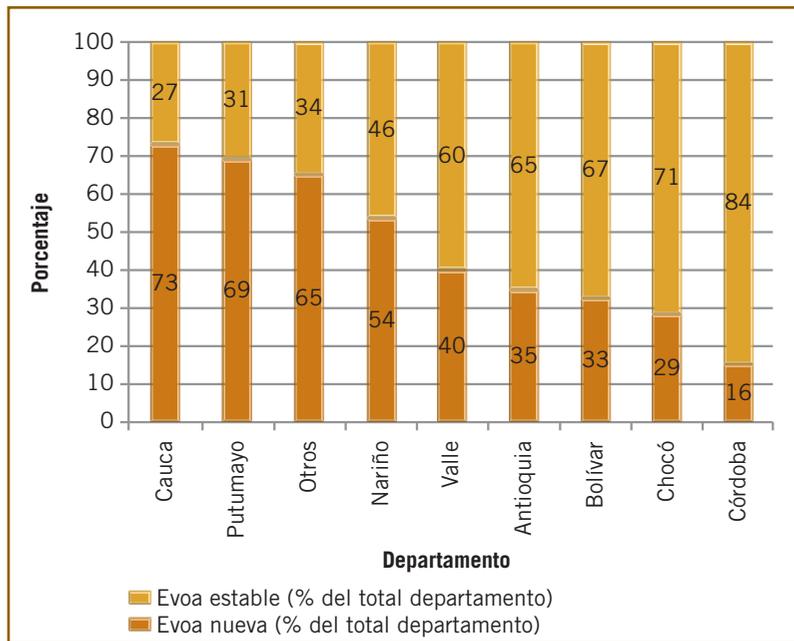


Gráfico 4. Dinámica de EVOA por departamento, 2014-2016.

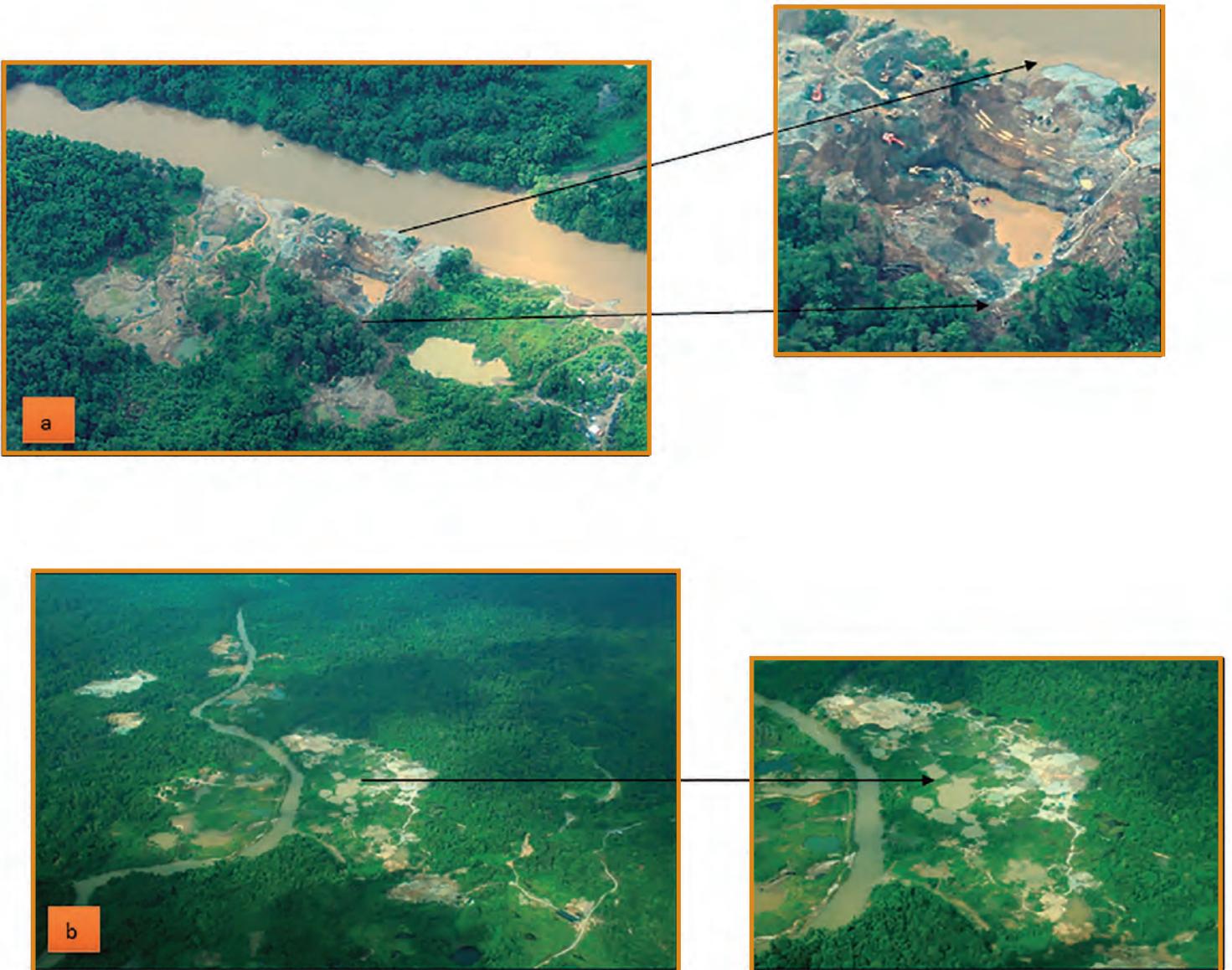
Cauca, Putumayo y Nariño reportan incremento por encima de 50% en áreas nuevas. Llama la atención que la expansión de este fenómeno coincide con el aumento en el área sembrada con cultivos de coca (45%, 25% y 43%, respectivamente)<sup>23</sup>. Estos departamentos contienen el 55% del territorio afectado por cultivos de coca en el ámbito nacional y aunque representan solo 8% de la detección de EVOA 2016, se configura como una alerta nacional, por la activación de la dinámica de dos fenómenos ilegales, que se asocian directamente con las condiciones de vulnerabilidad en los territorios.

De igual forma, llama la atención que durante los recientes reconocimientos de campo, se observó que la remoción de material para llegar al depósito aluvial dejó de ser superficial para dar paso a excavaciones más profundas y alcanzar depósitos aluviales más antiguos<sup>24</sup>, en la siguiente fotografía se puede observar la dimensión de la profundidad alcanzada por la maquinaria, factor que cobra fuerte importancia al evaluar el entorno en que se realiza a pocos metros de la pared del lecho del río, dejando una capa muy delgada de contención del mismo.

La dinámica de la explotación de oro con uso de maquinaria en tierra sin cumplir con las normas ambientales aumenta la vulnerabilidad del medio natural por desestabilización de laderas, sobrecarga y aumento en el nivel freático. Esta condición tiene implicaciones directas en inundaciones súbitas y derrumbes.

23 Entre 2015 y 2016 Cauca pasó de 8.660 ha a 12.594 ha de cultivos de coca, Putumayo de 20.068 ha a 25.162 ha y Nariño de 29.755 ha a 42.697 ha.

24 Formados por sedimentos detríticos transportados por el río y depositados en puntos a lo largo de su llanura de inundación [55]. Estos sedimentos suelen cambiar de espesor en relación con el nivel de su sitio, prevaleciendo en su composición ya sea material cristalino de la remota antigüedad o sustancias de reciente formación volcánica. En general, el oro aparece acompañado de rocalla de grueso calibre y de color rojizo, compuesto de granito y de exquistos cristalinos, puesto que proviene de las auríferas vetas de cuarzo que tales rocas contienen y que por otra parte, debido a su mayor peso, requiere para su arrastre una fuerza del agua igual a la que sería capaz de llevarse también rocas de tamaño [82].



**Ilustración 6.** Fotografías reconocimiento aéreo donde se observa la profundidad de la explotación.  
a) Excavación profunda y a poca distancia de la pared del lecho del río. b) Excavación superficial.

Dinámica de la EVOA en Colombia, 2014-2016



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC  
 Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

Mapa 2. Dinámica de EVOA 2014-2016.

# EXPLORACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN EN ZONAS DE MANEJO ESPECIAL (EXCLUIBLES Y RESTRINGIDAS)

Uno de los énfasis de la política pública promovida por el Gobierno de Colombia es el reconocimiento de las particularidades del territorio y la necesidad de que las políticas públicas incorporen estas particularidades. La observación de las zonas de manejo especial contribuye a la focalización de esfuerzos, pero sobre todo, al diseño de estrategias específicas para enfrentar problemas en estos territorios. En el presente documento se presentan datos sobre EVOA para cuatro zonas de manejo especial<sup>25</sup>: los Resguardos indígenas<sup>26</sup>, Tierras de las Comunidades Negras<sup>27</sup>, los parques nacionales<sup>28</sup>, y otras áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP<sup>29</sup>.

47% de las EVOA (39.175 ha) se encuentra en alguna de estas categorías. En particular los Consejos Comunitarios están fuertemente afectados: 67 de 158 consejos reportan EVOA para 2016 y el 42% (34.858 ha) del total del área con EVOA se encuentra en esta categoría.

Aunque cerca del 1% de la detección para el año 2016 se encuentra en zonas de Resguardos Indígenas (780 ha), llama la atención que casi la totalidad afecta a comunidades Embera Katío.

Las Reservas Forestales enmarcadas por la Ley 2 de 1959 no se consideran como áreas protegidas integrantes del SINAP, sino como estrategias de conservación in situ que aportan a la protección, planeación y manejo de los recursos naturales renovables y al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país [23]. No obstante, en el Código de Minas si se consideran, si no son sujetas de sustracción por parte del Ministerio de Ambiente.

## Parques Nacionales Naturales

Las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales (SNPNN) declaradas y delimitadas conforme a la normatividad vigente como de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente, se consideran zonas excluibles de la minería, de acuerdo con el Artículo 34 del Código de Minas (Ley 685 de 2001), es decir, que en estas áreas no podrán ejecutarse actividades mineras, ni siquiera de subsistencia.

No obstante lo anterior, la destrucción de estas áreas protegidas ha aumentado en los últimos años de forma alarmante a causa de diversos frentes de presión entre los que sobresale la explotación ilícita de minerales. Según el atlas de justicia ambiental 2014 (Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade), Colombia es el país que más conflictos ambientales enfrenta en el continente [11].

Las EVOA detectadas en zonas de Parques Nacionales Naturales aportan información de alertas por presencia de la actividad y por vulnerabilidad al fenómeno, que permitirán a las instituciones competentes mejorar la caracterización que se tiene del fenómeno en estas áreas de alta riqueza en biodiversidad y oferta de servicios ambientales.

25 Excluibles para explotación de minerales: Parques Nacionales Naturales y otras categorías de áreas protegidas registradas en el RUNAP. Explotación de minerales restringida: resguardos indígenas, tierras de las comunidades negras y zonas mineras de comunidades étnicas.

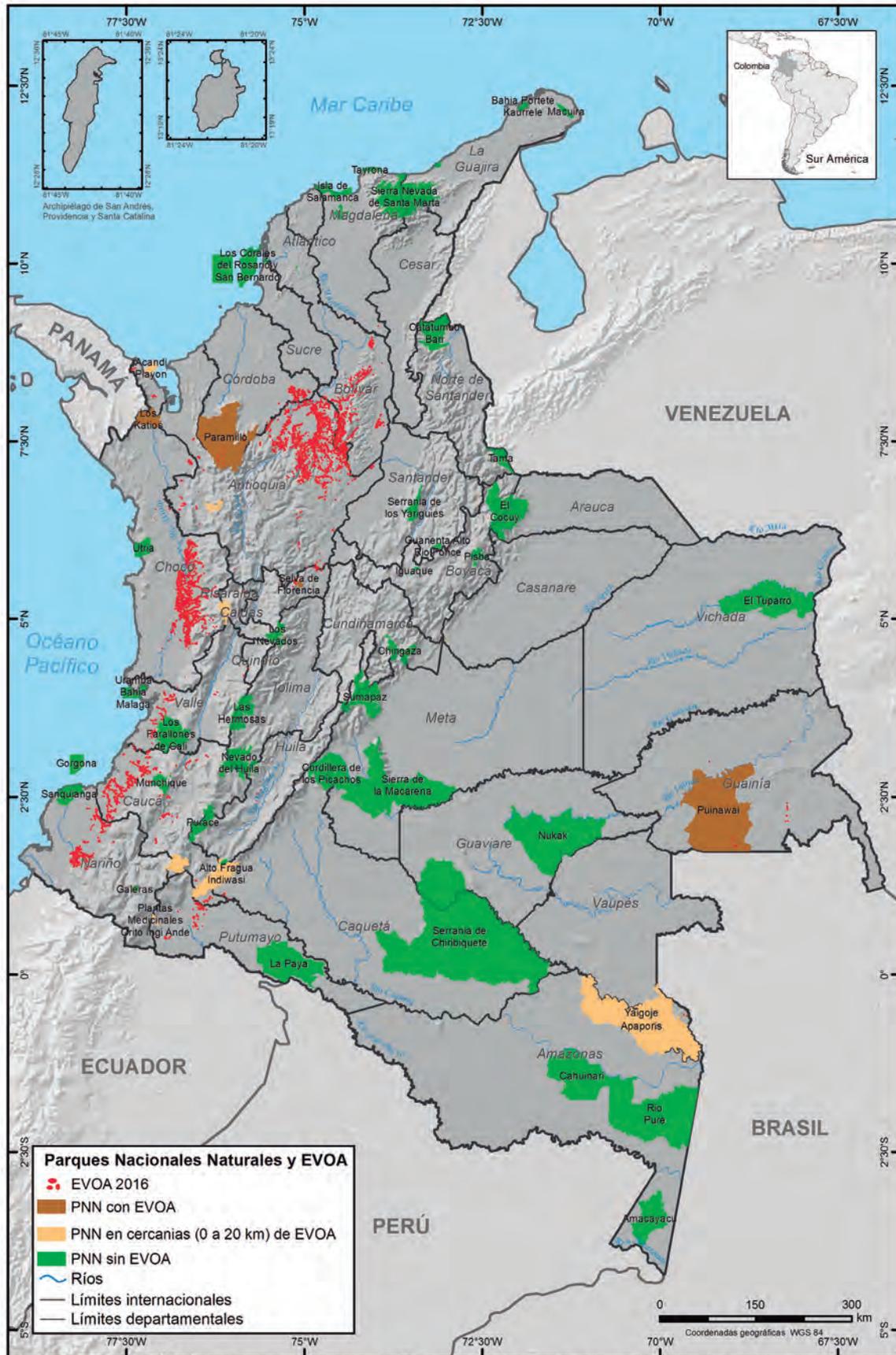
26 La cobertura geográfica de resguardos indígenas corresponde a información reportada por el IGAC para 2015.

27 La cobertura geográfica de tierras de las comunidades negras corresponde a la delimitación geográfica reportada por el IGAC para 2015.

28 La cobertura geográfica de Parques Nacionales Naturales corresponde a: información oficial de UAESPNN para 2017.

29 La cobertura geográfica del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, SINAP, corresponde a información oficial de UAESPNN para 2017.

Parques Nacionales Naturales y EVOA, 2016



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC; para Parques Nacionales: Parques Nacionales Naturales de Colombia. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

Mapa 3. Parques Nacionales Naturales y EVOA 2016.

De los 59 Parques Nacionales Naturales, en cuatro de ellos se detectó EVOA con uso de maquinaria en tierra en 2016, totalizando 111 hectáreas que representan el 0,13% del área total nacional detectada. La presencia de EVOA en el SNPNN, independientemente de su magnitud, genera alertas no solo por presencia de la actividad y por vulnerabilidad del territorio al fenómeno sino por los efectos ambientales que impactan los ecosistemas<sup>30</sup>. Estas alertas se constituyen en un llamado a las instituciones competentes en pro del diseño de estrategias y política pública para la protección de estas áreas de gran biodiversidad y oferta de servicios ambientales.

Aunque solo en cuatro parques del SNPNN se encontraron evidencias de alteración directa del

paisaje es de resaltar que respecto al 2014 el área se duplicó. La Reserva Nacional Natural Puinawai<sup>31</sup> sigue registrando la mayor afectación con 57 hectáreas localizadas principalmente en la Serranía de Naquén y que representan 51% del total detectado en el SNPNN.

Al considerar la proximidad de las EVOA a los PNN se evidencia la fuerte presión que están ejerciendo los frentes de avance del fenómeno sobre estos territorios, agravando más el panorama ambiental de los mismos. El siguiente cuadro presenta los PNN con EVOA en tres rangos de proximidad: a) al interior de los parques, (b) a menos de 10 km de sus límites, y (c) a una distancia entre 10 km y 20 km de los límites.

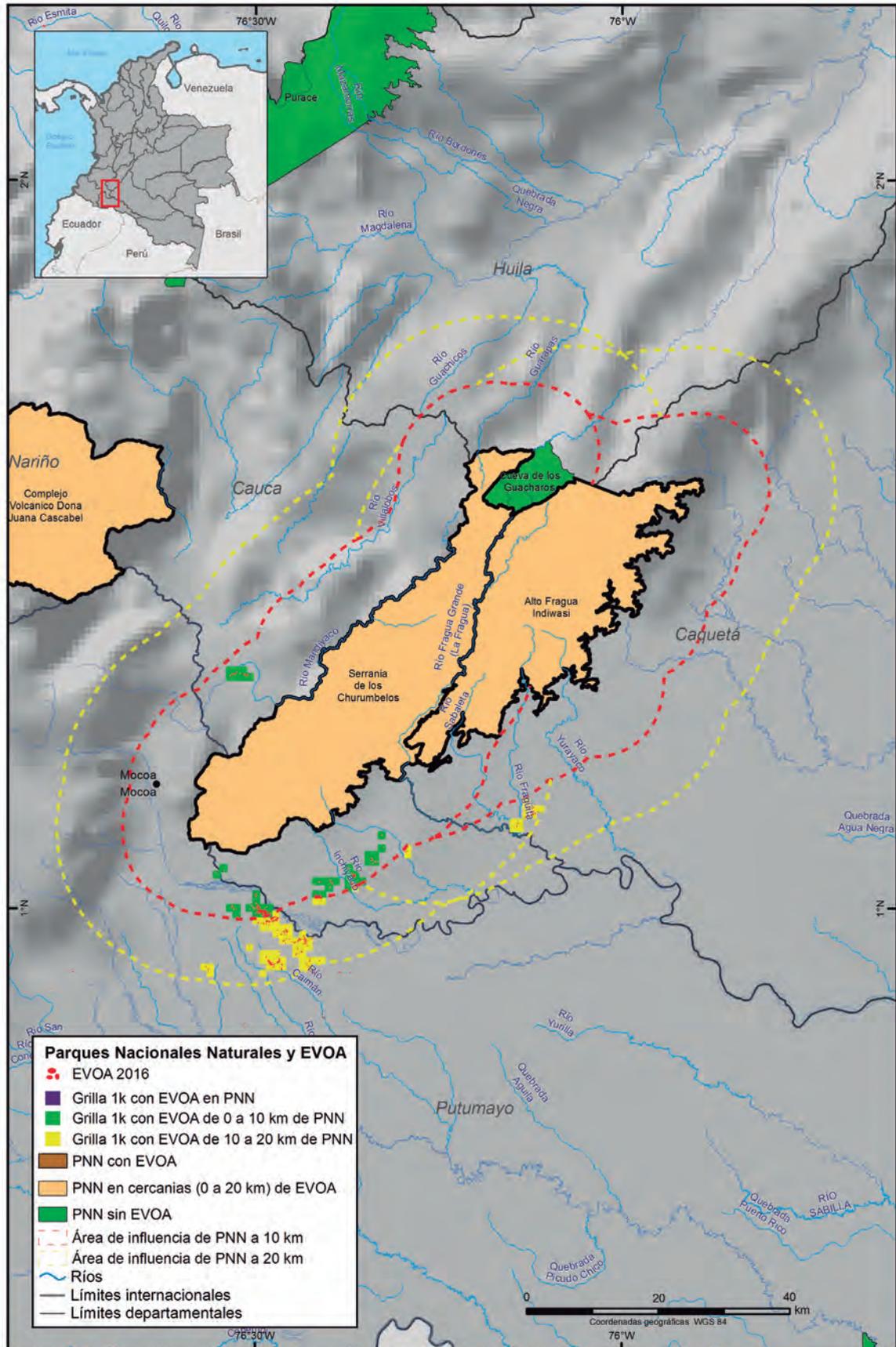
Parque Nacional Natural	Área (ha) EVOA en PNN	Área (ha) EVOA en ZI_10 km	Área (ha) EVOA en ZI_20 km
Puinawai	57	0	6
Paramillo	31	89	458
Los Katíos	19	0	78
Selva de Florencia	4	70	0
Munchique	0	140	399
Las Orquídeas	0	0	25
Los Farallones de Cali	0	461	125
Serranía de los Churumbelos	0	191	210
Yaigojé Apaporis	0	17	15
Complejo volcánico doña Juana Cascabel*	0	0	3
Plantas medicinales Orito Ingi Ande**	0	0	15
Tatamá	0	0	56
Acandí, Playón y Playona	0	0	45
Alto Fragua Indi-Wasi	0	0	50
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>968</b>	<b>1.485</b>

**Tabla 8.** EVOA detectada en PNN 2016 y en diferentes rangos de proximidad.

30 Se propone el concepto de afectación en parques por el impacto ambiental que genera en estos territorios protegidos.

31 Palabra en lengua puinave que significa "Madre de la humanidad".

## EVOA en zonas de influencia (0 - 20 km) de los Parques Nacionales Naturales, 2016



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC; para Parques Nacionales: Parques Nacionales Naturales de Colombia. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

Mapa 4. EVOA en zonas de influencia de los PNN, 2016.

Los resultados revelan que cuatro parques adicionales se encuentran en riesgo de afectación por presentar EVOA a menos de 10 km y seis parques más al incluir la categoría de 10 a 20 km. La presencia de EVOA en estas zonas de influencia también aumentó respecto las áreas detectadas en el 2014.

Dos parques generan una alerta al registrar fuerte incremento en las EVOA detectadas en las zonas de influencia; el PNN Munchique pasó de 145 ha en 2014 a 539 ha en 2016 (+272%) y el PNN Serranía de los Churumbelos presenta una situación similar al reportar un aumento de 208% en estas zonas.

Sin embargo, al contemplar que la vulnerabilidad de los PNN asociada a la presencia de EVOA no depende solo de la proximidad en distancia respecto al parque, sino de la conectividad fluvial<sup>32</sup> del mismo. Se observa que, además de los parques mencionados previamente, las EVOA en áreas cercanas a los parques Farallones de Cali, Selva de Florencia y Tatamá, aumentan el riesgo de afectación por estar conectados directamente hacia el interior de los parques a través de algunos ríos o sus afluentes, tal como se presenta en el siguiente cuadro.

Parque Nacional Natural	Conectividad fluvial	NOMSZH <sup>33</sup> Subcuenca
Selva de Florencia	Río Samaná y afluentes, quebrada Las Mercedes	Río La Miel (Samaná)
Munchique	Río Micay y afluentes, río Chuaré	Río San Juan del Micay
Los Farallones de Cali	Río Anchicayá	Anchicayá
	Río Mallorquín, río Cajambre, río Guapi, quebrada Juan López, quebrada don Carlos	Ríos Cajambre - Mallorquín - Raposo
Serranía de los Churumbelos	Río Mandiyaco, río Caquetá y afluentes, quebradas Pacayaco y Santa Lucía	Alto Caquetá
Tatamá	Afluentes del río Tamaná	Río Tamaná y otros directos San Juan

Tabla 9. Conectividad fluvial entre EVOA detectadas y PNN.

### Otras categorías de áreas protegidas registradas en el RUNAP<sup>34</sup>

Además del Sistema de Parques Nacionales Naturales, en Colombia existe una gran variedad de figuras de protección de áreas. Al formar parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP<sup>35</sup>, estas áreas están registradas en el Registro Único

Nacional de Áreas Protegidas - RUNAP, por ende están definidas geográficamente y son designadas, reguladas y administradas con el fin de alcanzar objetivos específicos de conservación.

Nombre área protegida	% EVOA del total en estas zonas
Reserva Forestal Protectora Nacional río Escalarete y San Cipriano	3%
Reserva Forestal Protectora Nacional río Anchicayá	5%
Distrito de Manejo Integrado de Recursos Naturales del Complejo de Humedales de Ayapel	92%

Tabla 10. EVOA detectada en otras categorías del SINAP, 2016.

32 Información obtenida través de la comunidad minera en el marco del presente estudio, indica que el eje de la explotación y operación se concentra en la corriente hídrica, enmarcado en los límites naturales de las cuencas hidrográficas.

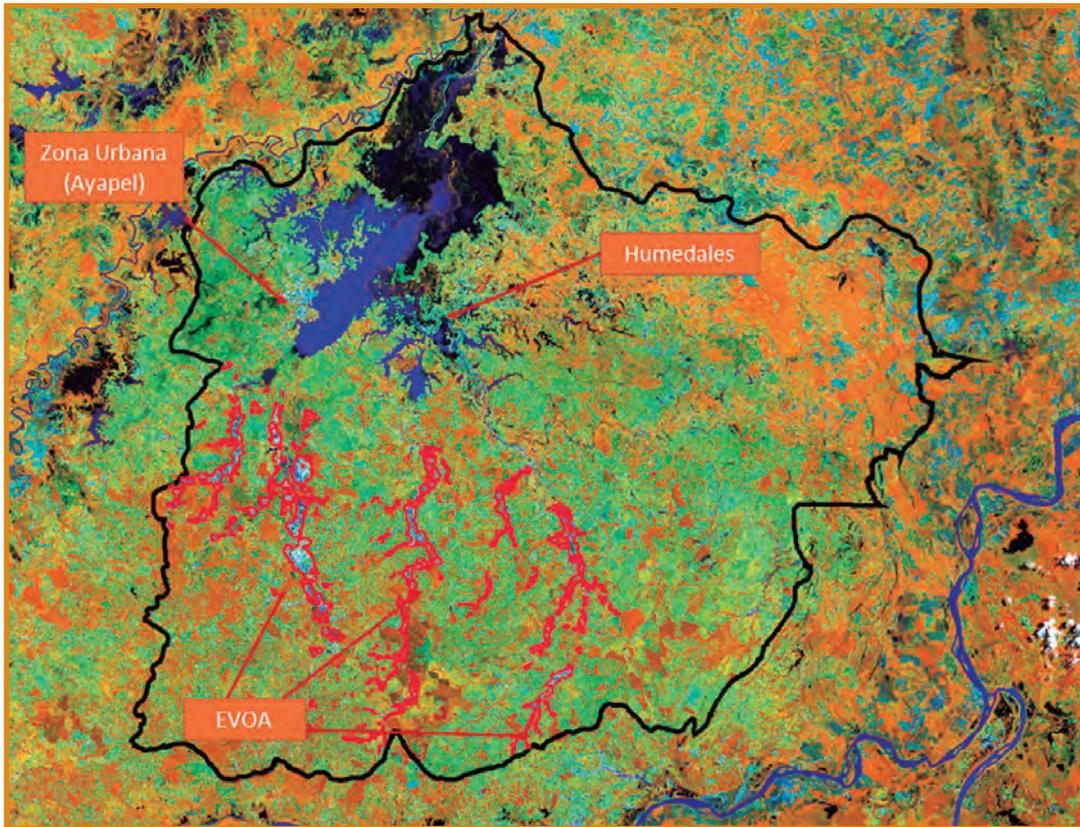
33 NOMSZH: Nombre Subzona Hidrográfica, IDEAM.

34 Con el fin de tener un consolidado nacional de las áreas que conforman el SINAP, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante el Decreto 2372 de 2010 creó el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas - RUNAP, plataforma administrada por la Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia. En la plataforma RUNAP se encuentra la información ingresada por las autoridades ambientales sobre las áreas protegidas de su jurisdicción que incluye como mínimo la categoría de manejo, su localización, extensión geográfica, objetivos de conservación y destinación de uso, soportados en sus actos administrativos de declaratoria, homologación, recategorización o sustracción para el caso de las áreas protegidas públicas y de registro para las áreas protegidas privadas (Reservas Naturales de la Sociedad Civil).

35 Conjunto de áreas protegidas, actores sociales y estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, para contribuir como un todo al cumplimiento de los objetivos de conservación del país. Incluye todas las áreas protegidas de gobernanza pública, privada o comunitaria, y del ámbito de gestión nacional, regional o local (Artículo 2.2.2.1.1.3 del Decreto 1076 de 2015).

Para 2016 se detectaron 3.776 ha de EVOA en estos territorios. El área más afectada es el Distrito de Manejo Integrado de Recursos Naturales del

Complejo de Humedales de Ayapel<sup>36</sup>, donde se concentra el 92% del total de EVOA detectado en estas zonas.



**Ilustración 7.** Distrito de Manejo Integrado de Recursos Naturales del Complejo de Humedales de Ayapel (línea negra). Afectación con EVOA (línea roja). Imagen Landsat 8 RGB (5, 6, 4).

Este complejo es de gran interés ecológico debido a que posee diferentes biotopos acuáticos y terrestres, alberga una gran diversidad biológica y soporta una serie de servicios ambientales, que lo constituyen como capital natural de la región y del país [12].

Es de resaltar que los humedales son ecosistemas altamente productivos debido a su dinámica natural y estructura funcional, lo que les permite ofertar un hábitat propicio para la diversidad biológica y

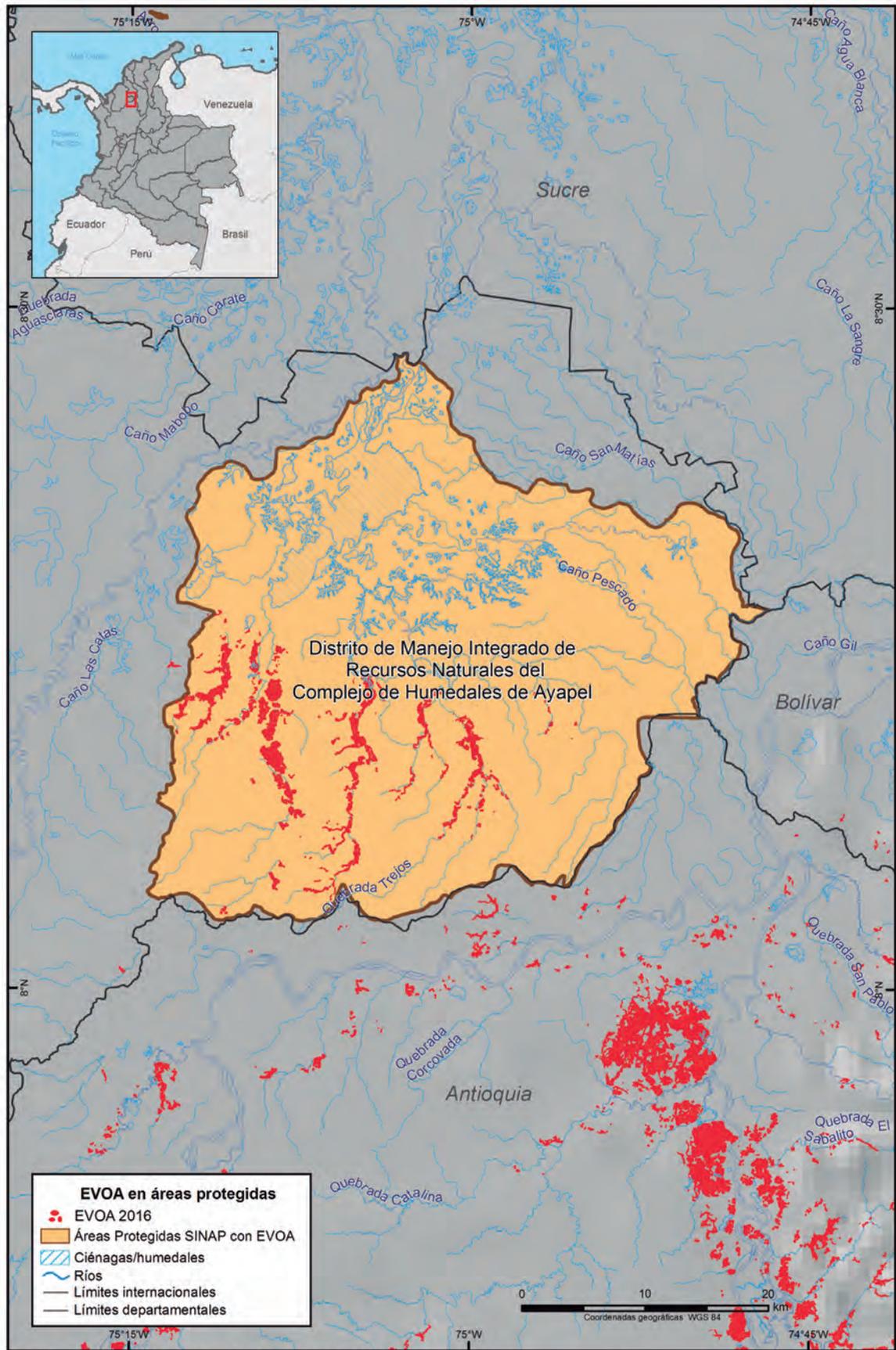
configurar un ambiente con ofertas significativas de servicios para las comunidades humanas [13].

Sin embargo, el aprovechamiento indiscriminado de los recursos de este complejo de humedales y la forma como se han expandido las actividades productivas de explotación de oro en la región, atentan continuamente contra la sostenibilidad de este ecosistema y el bienestar de quienes dependen de él [14].

Entre los servicios ambientales que presta un humedal están el almacenamiento y purificación del agua; control del microclima; sumideros de CO<sub>2</sub>; mitigación de inundaciones; refugio y hábitat permanente o transitorio de especies de aves migratorias; y zonas de reproducción, desove, crecimiento y alimentación de poblaciones de peces y otras especies acuáticas [13].

<sup>36</sup> El Complejo de Humedales de Ayapel está ubicado en el departamento de Córdoba, en la parte alta y media del río San Jorge. Su cuenca hidrográfica hace parte de la planicie Atlántica del norte de Colombia macrosistema de humedales y zonas anegables de la Depresión Momposina, la cual cubre áreas de los departamentos de Córdoba, Sucre, Magdalena y Bolívar [83].

**EVOA detectada en el DMI Complejo de Humedales de Ayapel**



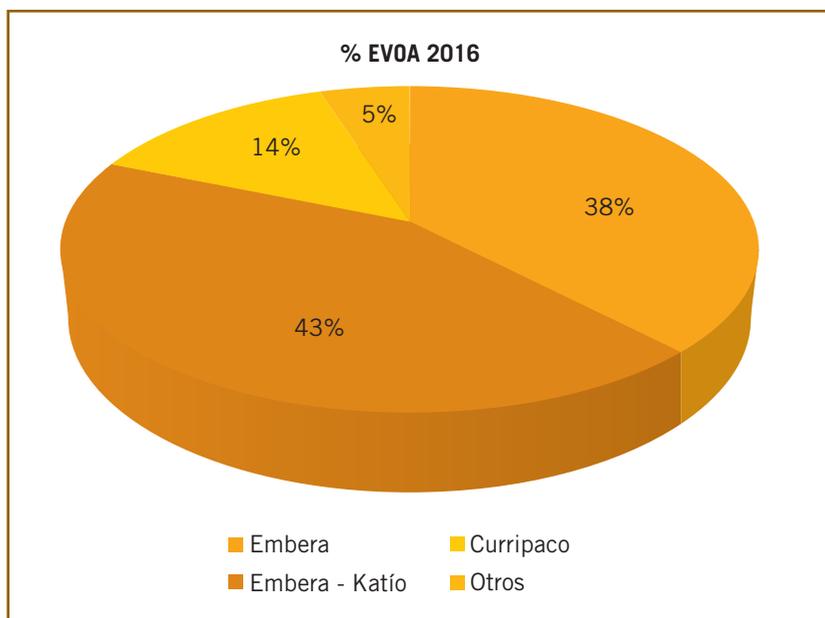
Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC.  
 Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

**Mapa 5.** EVOA detectada en el Distrito de Manejo Integrado (DMI) del Complejo de Humedales de Ayapel.

## Resguardos indígenas

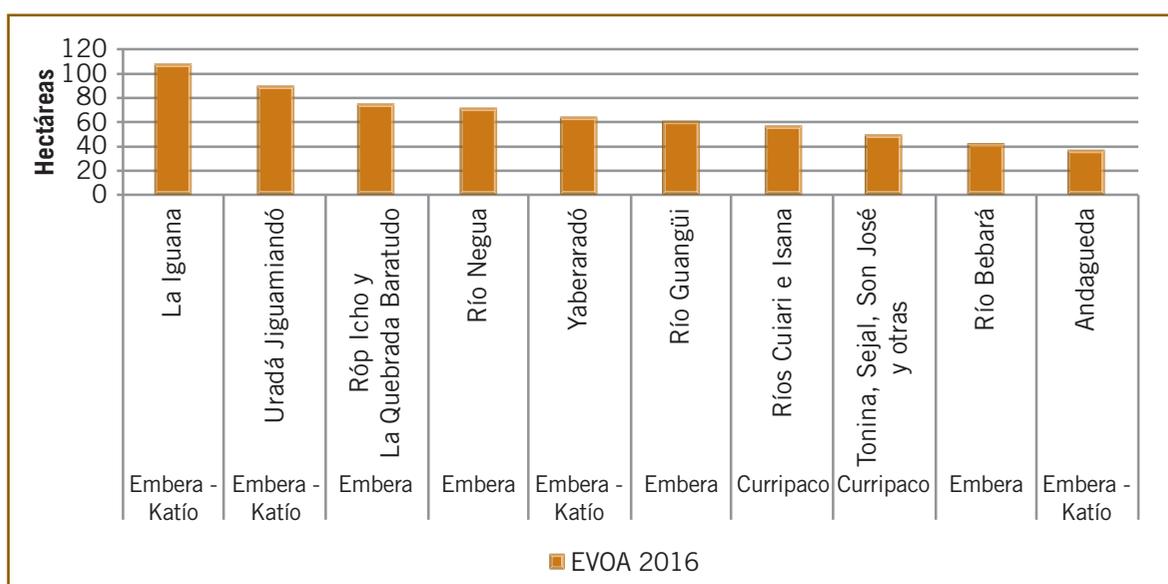
El 5% (35) del total de Resguardos indígenas en el país está afectado por EVOA; se identificaron en estos territorios 780 hectáreas de EVOA para el 2016. Los resguardos en Chocó son los más afectados, con 336 hectáreas (43%) distribuidas en 29 resguardos.

El segundo lugar en afectación corresponde al departamento de Cauca, con 190 ha (24%) distribuidas en 5 resguardos. En tercer lugar se ubica Guainía con 117 ha (15%). Fuerte incremento se registra en Cauca al pasar de 96 ha en 2014 a 190 ha en 2016, lo que representa un aumento de 97 puntos porcentuales.



**Gráfico 5.** Distribución porcentual etnias en Resguardos indígenas afectados por EVOA 2016.

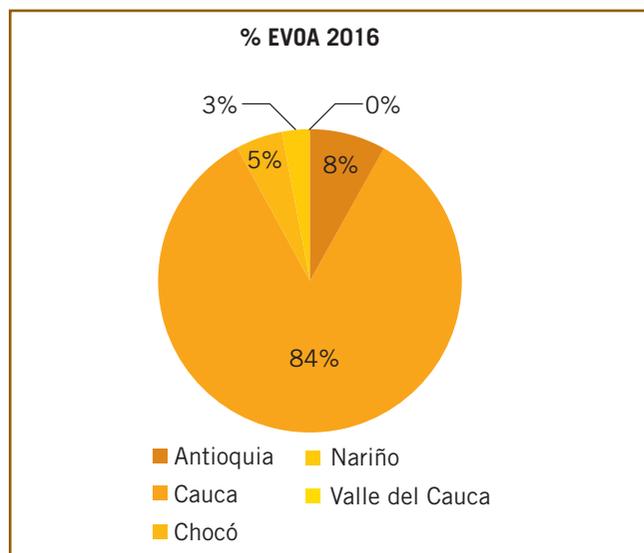
Es preocupante que 81% del territorio afectado por EVOA en resguardos, se localiza en territorios de las etnias Embera y Embera Katío. Los 10 resguardos más afectados reúnen 84% (655 ha) de EVOA detectadas, y están ubicados en los departamentos de Chocó, Antioquia, Cauca y Guainía.



**Gráfico 6.** Los 10 resguardos con mayor afectación de EVOA con uso de maquinaria en tierra 2016.

## Tierras de las Comunidades Negras

Las EVOA detectadas en Tierras de Comunidades Negras<sup>37</sup> reportan 34.858 ha para el año 2016; esta cifra representa el 42% del total detectado en todo el territorio nacional, lo que alerta sobre la necesidad de diseñar estrategias y políticas públicas en torno a la problemática de la explotación ilícita, teniendo en cuenta las particularidades de estos territorios.



**Gráfico 7.** Participación porcentual de Tierras de Comunidades Negras por departamento.

Las comunidades negras del Chocó son las más afectadas con 84% del área de EVOA detectada en estas zonas de manejo especial. De las 67 tierras de comunidades negras del departamento, 17 (25%) presentan evidencias del fenómeno. Las más afectadas son Mayor del Cantón de San Pablo "ACISANP", Istmina y parte del Medio San Juan y Mayor del Medio Atrato ACIA, estas tres tierras agrupan 38% de las EVOA detectadas en este departamento.

81% del territorio afectado en estos territorios se focaliza en 10 Consejos Comunitarios ubicados en el departamento del Chocó. Es importante resaltar que de las evidencias detectadas en Chocó, 94% se encuentran en estos territorios que al formar parte del Chocó Biogeográfico, se caracterizan porque su estructura ecológica asegura en el tiempo la conservación de la biodiversidad, su funcionalidad y la prestación de servicios ecosistémicos que sustentan el bienestar de la población presente en el territorio [15].

En estos territorios, las fuentes hídricas se constituyen en muchos casos como la única vía de transporte

Tierras de Comunidades Negras	EVOA 2016 (ha)
Mayor del Cantón San Pablo "ACISANP"	4.698
Istmina y Parte del Medio San Juan	4.514
Mayor del Medio Atrato ACIA	4.151
Acadesán	3.395
Mayor de Unión Panamericana	2.929
Mayor de Nóvita	2.916
Mayor del municipio de Condoto e Iró	2.566
Paimadó	1.203
Mayor de Alto San Juan "ASOCASAN"	1.184
Cértegui	839
<b>Total</b>	<b>28.395</b>

**Tabla 11.** Los 10 Consejos Comunitarios con mayor área de EVOA en el territorio nacional.

De acuerdo con entrevistas realizadas por el SIMCI durante el año 2015 en la región Pacífico, la cuenca hidrográfica es el eje territorial primario para la realización de actividades de explotación de oro de aluvión en esta región. Los ríos obran como ejes de conectividad entre zonas de explotación y sitios de abastecimiento y se constituyen en núcleo de avance del fenómeno. En este sentido, la cuenca debe observarse como territorio base para comprender la dinámica del fenómeno.

En este contexto, de acuerdo con (IIAP, 2017), las fuentes hídricas de la región cumplen una función sociocultural, pues las comunidades asentadas en sus zonas bajas dependen de los recursos que obtienen y transportan a través de sus cauces, ya que mayoritariamente se dedican a actividades de pesca, extracción de madera y agricultura de consumo practicada en los valles de los ríos.

37 DECRETO 1754 de 1995, Artículo 3°. Definición. Una comunidad negra podrá constituirse en Consejo Comunitario, que como persona jurídica ejerce la máxima autoridad de administración interna dentro de las tierras de las comunidades negras, de acuerdo con los mandatos constitucionales y legales que lo rigen y los demás que le asigne el sistema de derecho propio de cada comunidad. En los términos del numeral 5°, artículo 2° de la Ley 70 de 1993, comunidad negra es el conjunto de familias de ascendencia afrocolombiana que poseen una cultura propia, comparten una historia y tienen sus propias tradiciones y costumbres dentro de la relación campo-poblado, que revelan y conservan conciencia e identidad que las distinguen de otros grupos étnicos [102].



**Foto 5.** *Explotación de oro de aluvión en Chocó.*

para las comunidades localizadas en su área de influencia, así como el medio de obtención de los recursos naturales necesarios para su subsistencia y factor predominante en sus prácticas culturales productivas [15].

En este sentido, el acceso y desplazamiento por el territorio presenta graves limitaciones; más de la mitad de los municipios no se encuentran conectados por red vial, y aunque la red hídrica es amplia y permite la comunicación al interior de las cuencas, presenta restricciones de calado para las embarcaciones, por lo que una parte importante del territorio puede conectarse solo por medio de barcas de baja capacidad [16].

Este factor limita el acceso de actores de desarrollo y control al territorio, facilita el establecimiento de fenómenos de ilegalidad y aumenta las condiciones de vulnerabilidad.

### **Zonas Mineras de comunidades étnicas**

En los territorios de Tierras de Comunidades Negras o Resguardos indígenas, el Gobierno estableció tres figuras especiales: Zonas Mineras de comunidades negras, Zonas Mineras indígenas y Zonas Mineras de comunidades mixtas. Estas son delimitadas por la autoridad minera y les otorga un derecho de prelación sobre terceros al momento de ser solicitado un título minero en dicha área [17].

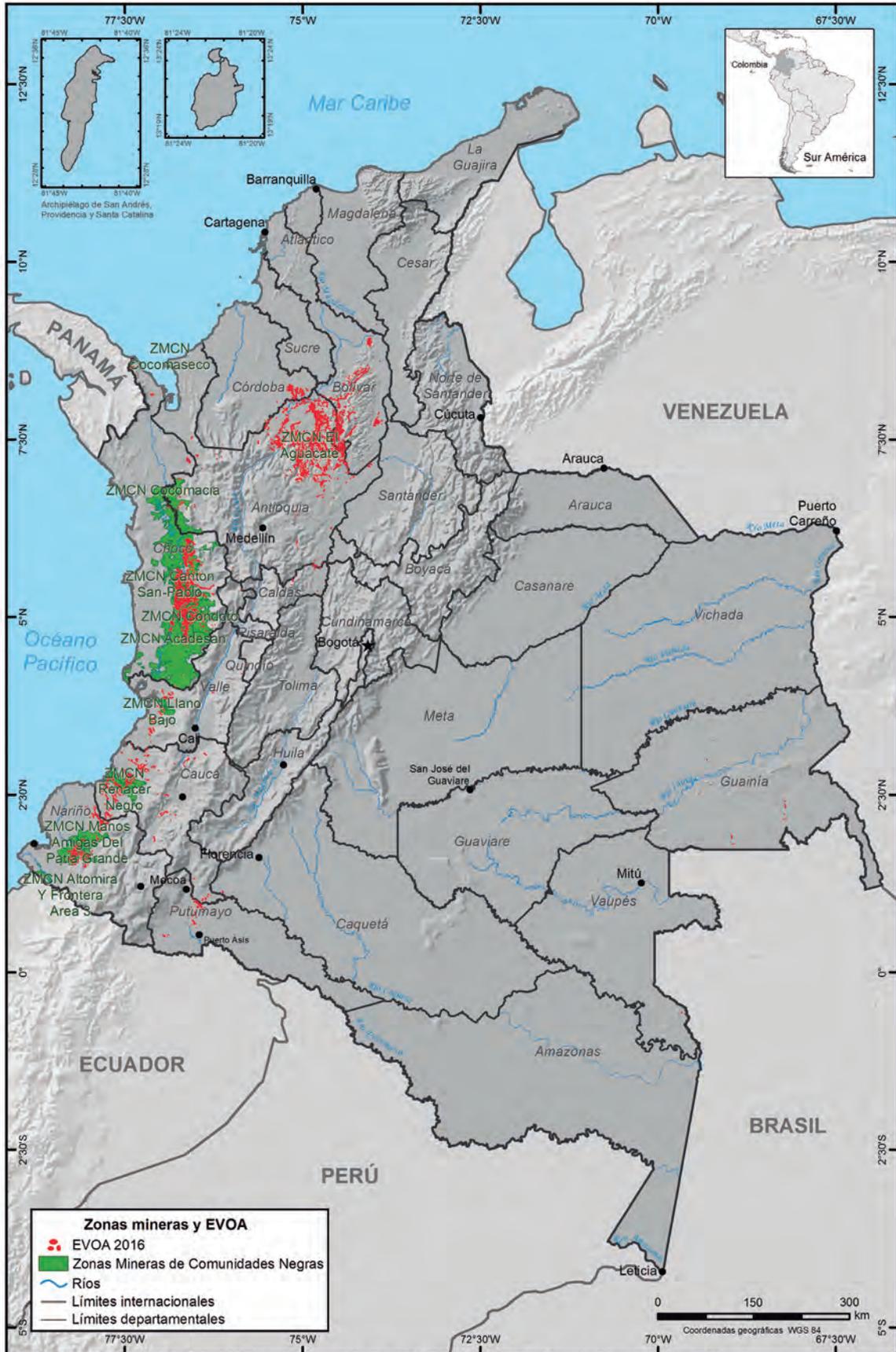
Adicionalmente, la delimitación de estas zonas conlleva el derecho de prelación, para que la autoridad minera otorgue concesión sobre los yacimientos y depósitos mineros ubicados en una Zona Minera indígena o en una Zona Minera de comunidades negras [18]. Dicha delimitación en sí, no otorga el derecho a explorar o explotar de acuerdo con el artículo 34 del Código de Minas.

Existen 41 Zonas Mineras de comunidades negras ubicadas en la región Pacífico en las cuales se ubica 81% de las EVOA detectadas en zonas de manejo especial de tierras de comunidades negras.

Por otra parte, hay tres Zonas Mineras de comunidad indígena, Chorrobocón, Delicias-Canoas y Yaberaradó que presentan EVOA y agrupan 10% de las evidencias detectadas en resguardos.

Es importante mencionar que la presencia de EVOA en estos territorios indica que el aprovechamiento del recurso no se realiza bajo las condiciones especiales sobre protección y participación de las comunidades, que dan origen a la normatividad y que propenden por preservar sus características culturales y económicas.

## EVOA en las zonas mineras de comunidades negras, 2016



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC; para zonas mineras: Agencia Nacional Minera, 2017. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

**Mapa 6.** Distribución EVOA en Zonas Mineras indígenas y Zonas Mineras de comunidades negras, 2016.

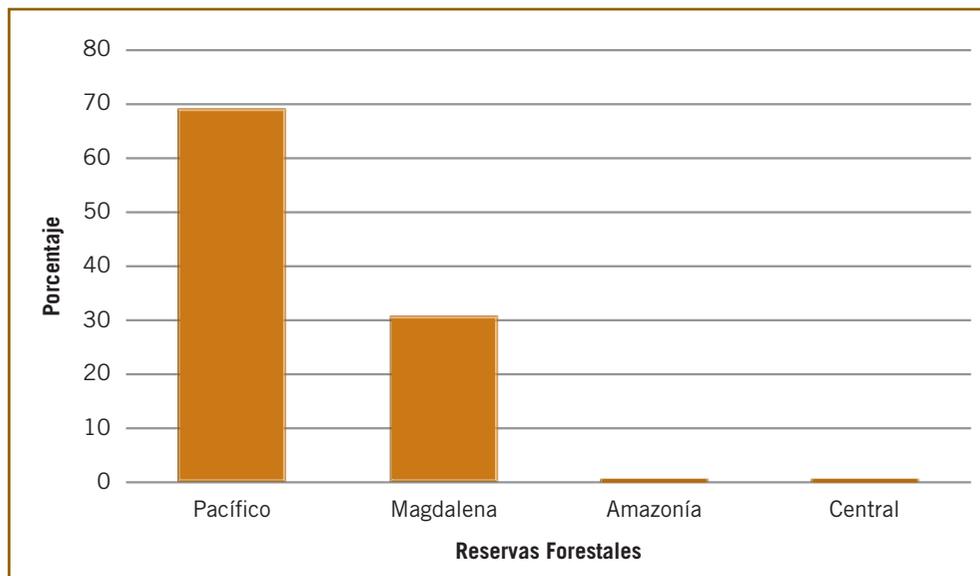
## Zonas de Reserva Forestal

Una de las herramientas del gobierno para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, se orienta en las siete (7) áreas de reserva forestal constituidas mediante la expedición de la Ley 2 de 1959 [19]. Estas áreas están enmarcadas en un proceso de zonificación<sup>38</sup> y ordenamiento, con el propósito de establecer los lineamientos generales para orientar los procesos de ordenación ambiental dentro de estas áreas, sirviendo como insumo planificador y orientador en materia ambiental para los diferentes sectores productivos del país [20]. Es oportuno

aclarar, que aunque estas zonas “no son áreas protegidas”, en su interior se encuentran áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP y territorios colectivos.

Bajo la condición de no constituir en sí un área protegida, la autoridad ambiental competente podrá autorizar la sustracción de áreas de estas zonas para múltiples propósitos.

El 49% (40.834 hectáreas) del total nacional de EVOA se encuentra en Zonas de Reserva Forestal. La Reserva Forestal del Pacífico registra la mayor afectación con 69% del total detectado en esta figura.



**Gráfico 8.** Porcentaje de participación EVOA 2016 en Reservas Forestales.

Las áreas de reserva forestal establecidas en la Ley 2 de 1959 y las demás reservas forestales nacionales podrán ser objeto de realinderación, sustracción, zonificación, ordenamiento, recategorización, incorporación, integración y definición del régimen de usos, por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible- MADS, 2017); excepto las zonas de Reserva Nacional Protectora.

Aunque la Reserva Forestal Amazonía (0,4%) reporta muy baja afectación, debe tomarse como alerta nacional por la afectación de esta región importante en el ámbito mundial por constituir un estratégico megacorredor biológico de alto valor en la conservación de la biodiversidad global, mitigación y adaptación al cambio climático [21]. El mantenimiento de la oferta de servicios ecosistémicos radica precisamente en su conectividad y conservación [22].

En consecuencia, esta alerta llama a profundizar en el conocimiento de las vulnerabilidades de este territorio para el diseño, desarrollo de estrategias de control y formulación de políticas en función de las particularidades de este ecosistema.

<sup>38</sup> Una zonificación integra un proceso jerárquico con técnicas de análisis multicriterio, el cual permite generar alternativas de decisión relacionadas con el uso del suelo y en donde participan diferentes actores [84].

El estudio permite identificar que de la EVOA detectada en la Reserva Pacífico, 0,8% se encuentra en territorios del SINAP, 0,2% en zonas de PNN, específicamente en el PNN Los Katíos y

PNN Paramillo, y otro 0,6% en zonas de Reservas Forestales Protectoras Nacionales, Río Anchicayá y Ríos Escalarete y San Cipriano.

Reserva forestal	PNN ha	SINAP ha	Fuera de zonas protegidas ha	Total ha
Amazonia	57		96	153
Central			48	48
Magdalena			12.436	12.436
Pacífico	50	173	27.975	28.198

**Tabla 12.** Áreas del SINAP en Zonas de Reserva Forestal afectadas por EVOA.

Por otra parte, 96% de las EVOA detectadas en la Reserva Forestal Pacífico, se concentran en Chocó con 87%. Mientras que en la Reserva Magdalena, Bolívar y Antioquia concentran la totalidad de EVOA con 59% y 41% respectivamente.

Finalmente, en la Reserva de la Amazonia, el departamento de Guainía registra 77% de la EVOA detectada en esta reserva. Llama la atención que la Reserva Natural<sup>39</sup> Puinawai ubicada en el departamento de Guainía concentra 37% de la detección en esta reserva forestal.

Por lo que se refiere a la dinámica de estas zonas, en relación con la expansión del fenómeno, el estudio detecta que las reservas de Pacífico y Magdalena agrupan 33% de la detección nacional, con 22% y 12% respectivamente. Sin embargo, al considerar las Zonas de Reserva Forestal de forma individual, en la Reserva Amazonia, 84% de la detección de EVOA para 2016 corresponde a expansión del fenómeno o áreas nuevas con respecto al estudio realizado a finales del 2014, esta dinámica nuevamente llama la atención el ejercicio de control de la soberanía en este región.

Zona Reserva Forestal	2016 ha	EVOA estable ha	EVOA nueva ha	% EVOA estable	% EVOA nueva
Amazonia	153	25	128	16	84
Central	48	27	21	56	44
Magdalena	12.436	7.649	4.787	62	38
Pacífico	28.198	19.103	9.096	68	32

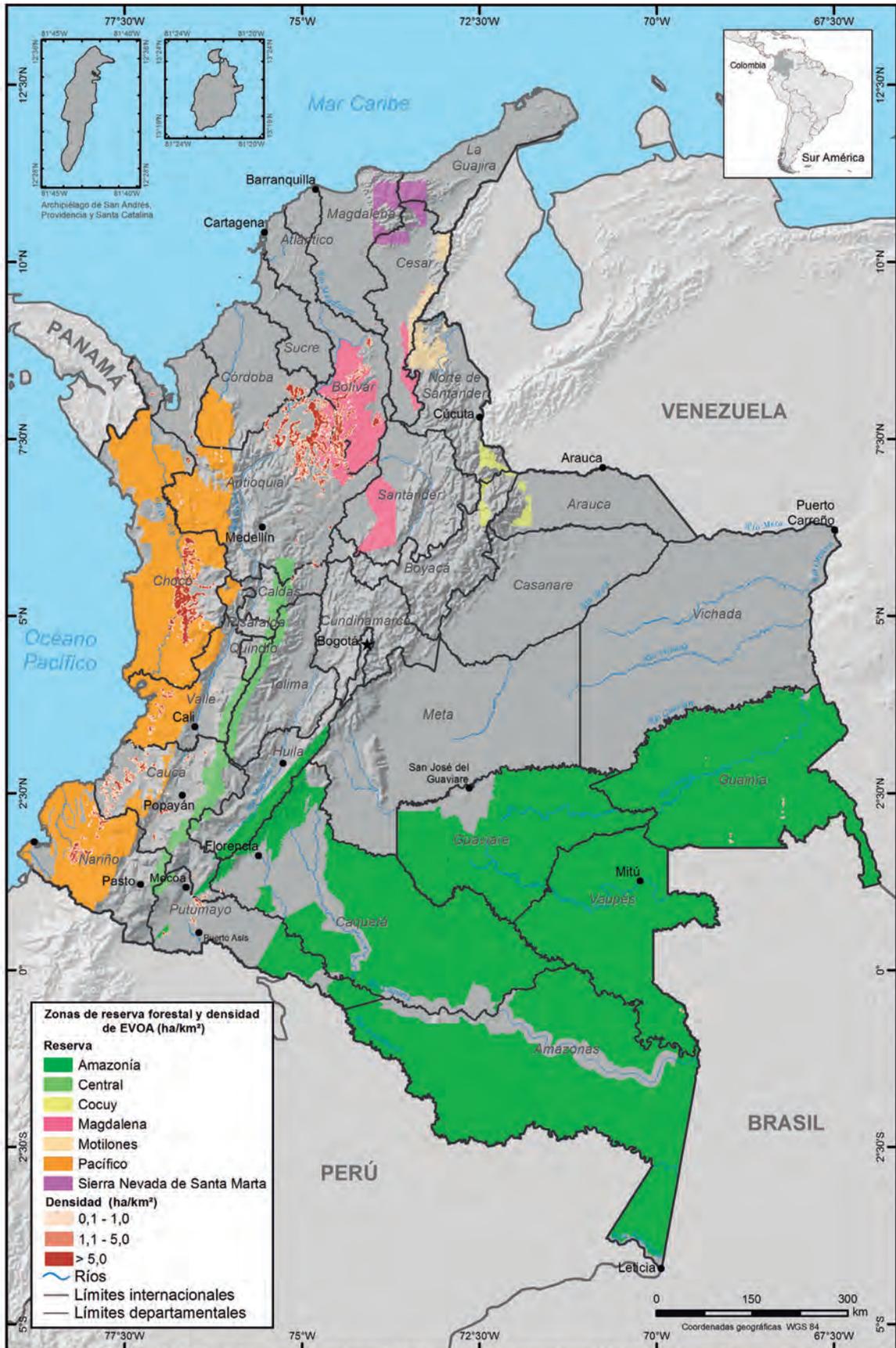
**Tabla 13.** Áreas nuevas y estables en zonas de Reserva Forestal.

Los municipios de Río Quito (4%), Nóvita (3%) y Cantón del San Pablo (2%) en la Reserva Pacífico ocupan los tres primeros lugares en áreas nuevas de EVOA para el total detectado en zonas de Reserva

Forestal, mientras que el municipio de Montecristo en la Reserva Magdalena ocupa el cuarto lugar con 2%.

39 El Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia comprende las categorías de Parque Nacional, Reserva Natural, Área Natural Única, Santuario de Flora, Santuario de Fauna y Vía Parque.

Zonas de reserva forestal y Densidad de EVOA, 2016



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC, para zonas de reserva forestal; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2013. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas.

Mapa 7. Distribución de EVOA en Zonas de Reserva Forestal, 2016.

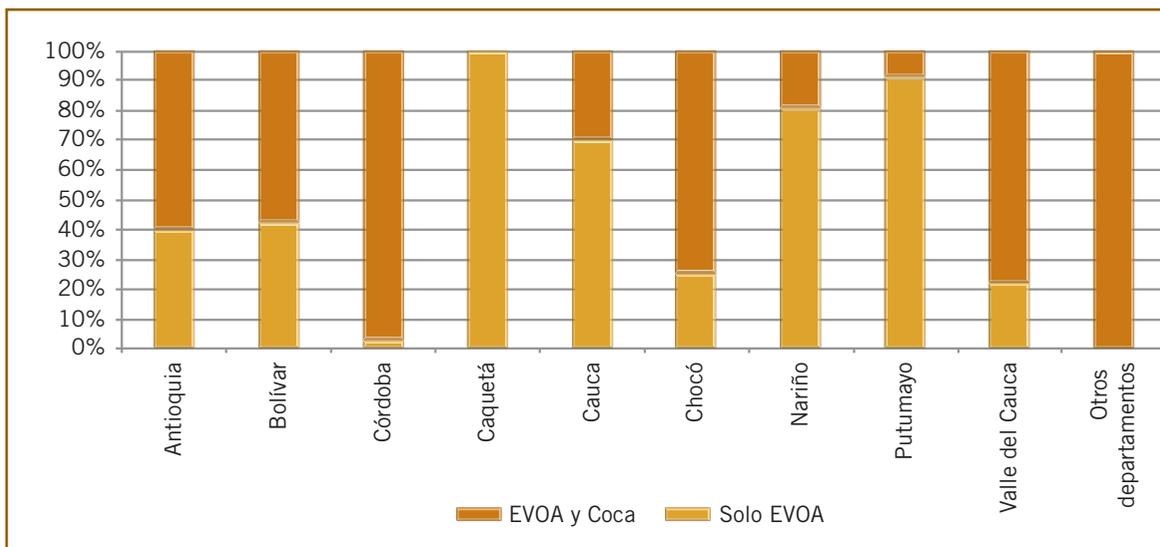
# TERRITORIO AFECTADO POR EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN Y CULTIVOS DE COCA

UNODC apoya desde hace 17 años el análisis de la permanencia de cultivos de coca sobre el territorio nacional; el monitoreo de este fenómeno ha permitido identificar vínculos con otras actividades ilegales como la explotación de oro de aluvión sin el cumplimiento de los requisitos de ley. Estas actividades ilegales convergen en un mismo territorio como consecuencia, entre otras, de las condiciones de vulnerabilidad que favorecen su establecimiento.

Los territorios afectados por cultivos de coca se caracterizan por condiciones de pobreza, marginalidad, débil presencia institucional y presencia de grupos armados al margen de la ley [23]; bajo estas mismas condiciones el fenómeno de explotación de oro de aluvión se ha configurado

como una amenaza no solo a ecosistemas naturales estratégicos sino como un factor detonante de conflictos sociales y económicos.

El análisis espacial de los territorios afectados por cultivos de coca y EVOA para 2016 sobre un marco de grillas cuadradas de 5 km; indica que la coincidencia geográfica de los dos fenómenos aumentó 4 puntos porcentuales frente a lo identificado en 2014, al pasar de 38% a 42%; en los territorios coincidentes se identificó la presencia de 83.620 ha de EVOA y 11.880 ha de coca. En un acercamiento departamental, Antioquia y Putumayo reflejan un aumento significativo en la coincidencia espacial frente a lo observado en 2014.



**Gráfico 9.** Coincidencia de territorios afectados por EVOA y cultivos de coca, 2016.

En los territorios coincidentes para los dos fenómenos se identifica una concentración del 29%

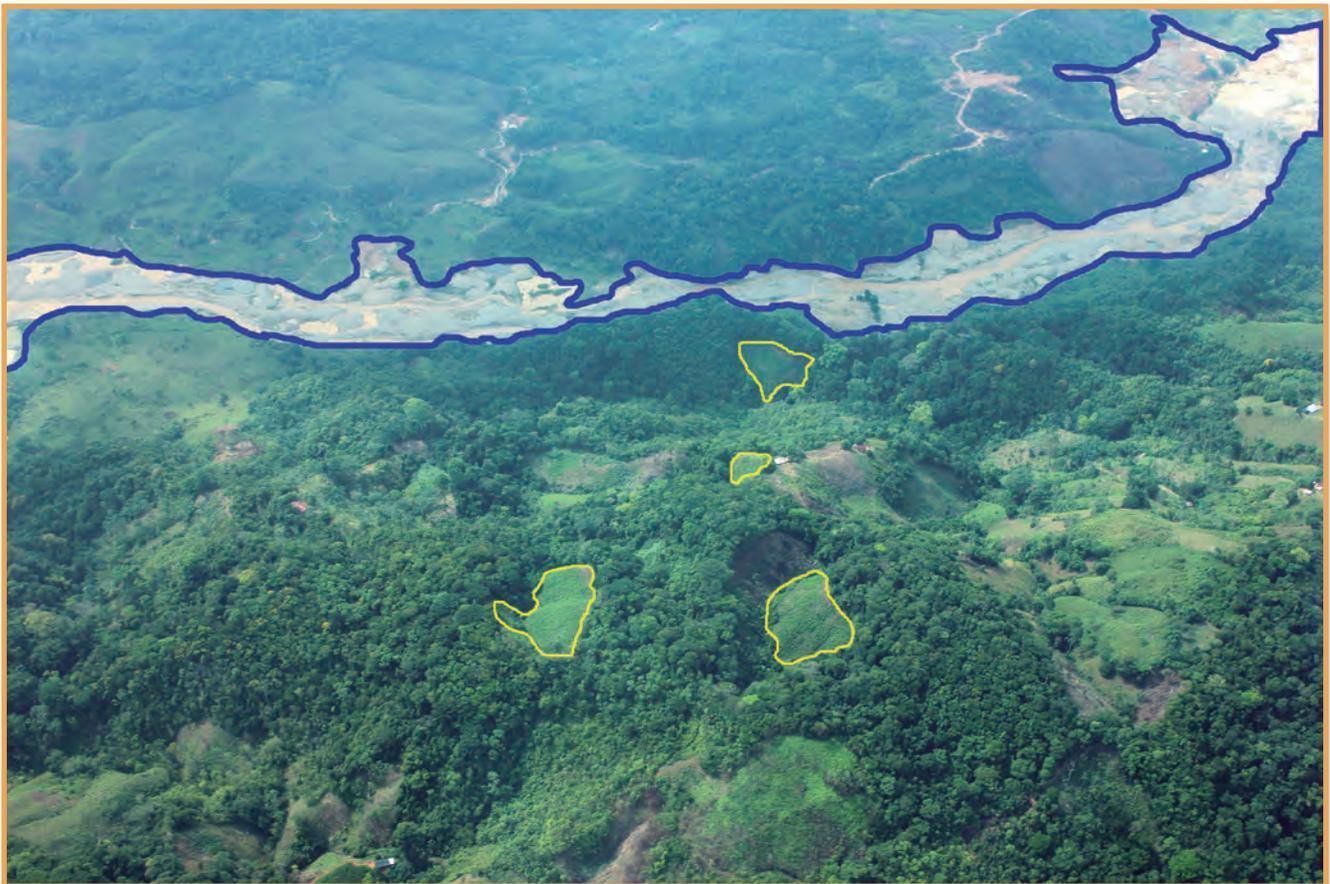
de las evidencias de oro de aluvión y un 8% del área sembrada con coca para el 2016.

El 52% del EVOA 2016 se concentra en 10 municipios, los cuales hacen parte de los departamentos de Antioquia, Chocó, Bolívar y Córdoba. Zaragoza es el municipio con mayor afectación por EVOA. En estos territorios afectados, se identificó la presencia del 2% del área total sembrada con coca para el mismo periodo; dentro de este ranking, Cáceres, en Antioquia, que ocupa el séptimo lugar en afectación por EVOA con 4.096 ha tiene la mayor afectación por coca con 1.131 ha.

En total, de los 131 municipios que tienen afectación por EVOA en 2016, se reporta que 74 tienen

afectación por presencia de cultivos de coca para el mismo periodo. El municipio con mayor afectación por coca en 2016 fue Tumaco con 23.148 ha y con EVOA se reporta una afectación de 54 ha.

En Nariño, Putumayo y Caquetá se registra una coincidencia espacial entre áreas afectadas por EVOA y coca en más del 80% de los territorios detectados con EVOA. Frente a lo identificado en 2014, Putumayo presenta aumento al pasar de 81% a 91% en territorios coincidentes. Estos tres departamentos presentan aumento tanto en el área reportada con coca como con EVOA.



**Foto 6.** Fenómenos de ilegalidad en el mismo territorio. Polígonos en amarillo, cultivos de coca; polígono azul EVOA. Barbacoas - Nariño.

Los municipios de Barbacoas, Magüi Payán y Santa Bárbara en Nariño presentan los más altos valores de EVOA y valores de afectación significativos por coca. En Putumayo, los municipios de Puerto Guzmán, Puerto Caicedo y Orito presentan una coincidencia importante de los dos fenómenos y en Caquetá, la actividad de EVOA creció significativamente frente a lo observado en 2014 y persiste la coincidencia espacial con áreas con presencia de coca en los municipios de Curillo y San José del Fragua.

Timbiquí, López de Micay y Guapi son los municipios con mayor afectación por EVOA en el Cauca; estos municipios presentan un aumento significativo del área ocupada por EVOA frente a lo observado en 2014 al igual que para área con coca en el periodo 2015-2016. La relación espacial de estos dos fenómenos se mantiene en un 70% y se concentra en las zonas de la costa Pacífica.

A pesar de que Chocó es el departamento con mayor detección de EVOA en 2016, presentó una leve

reducción frente a la observada en 2014, originada por el establecimiento de pastos y vegetación herbácea en zonas previamente afectadas; los territorios coincidentes con presencia de cultivos de coca también se redujeron al pasar de 35% a 25% en 2016. Los municipios que presentan mayor afectación para los dos fenómenos son Nóvita, El Cantón de San Pablo e Itzmina; estos municipios tanto para coca como para EVOA presentan dinámicas variables. Al norte del país, en Bolívar, la coincidencia espacial entre cultivos de coca y EVOA se redujo 3 puntos porcentuales al pasar de un 45% en 2014 a 42% en 2016. En el departamento, se registra un leve incremento del área con EVOA y para cultivos de coca en 2015 se dio una reducción significativa pero para 2016 el área con coca aumentó nuevamente. Los municipios con mayor afectación coincidente son Montecristo, Santa Rosa del Sur y Simití.

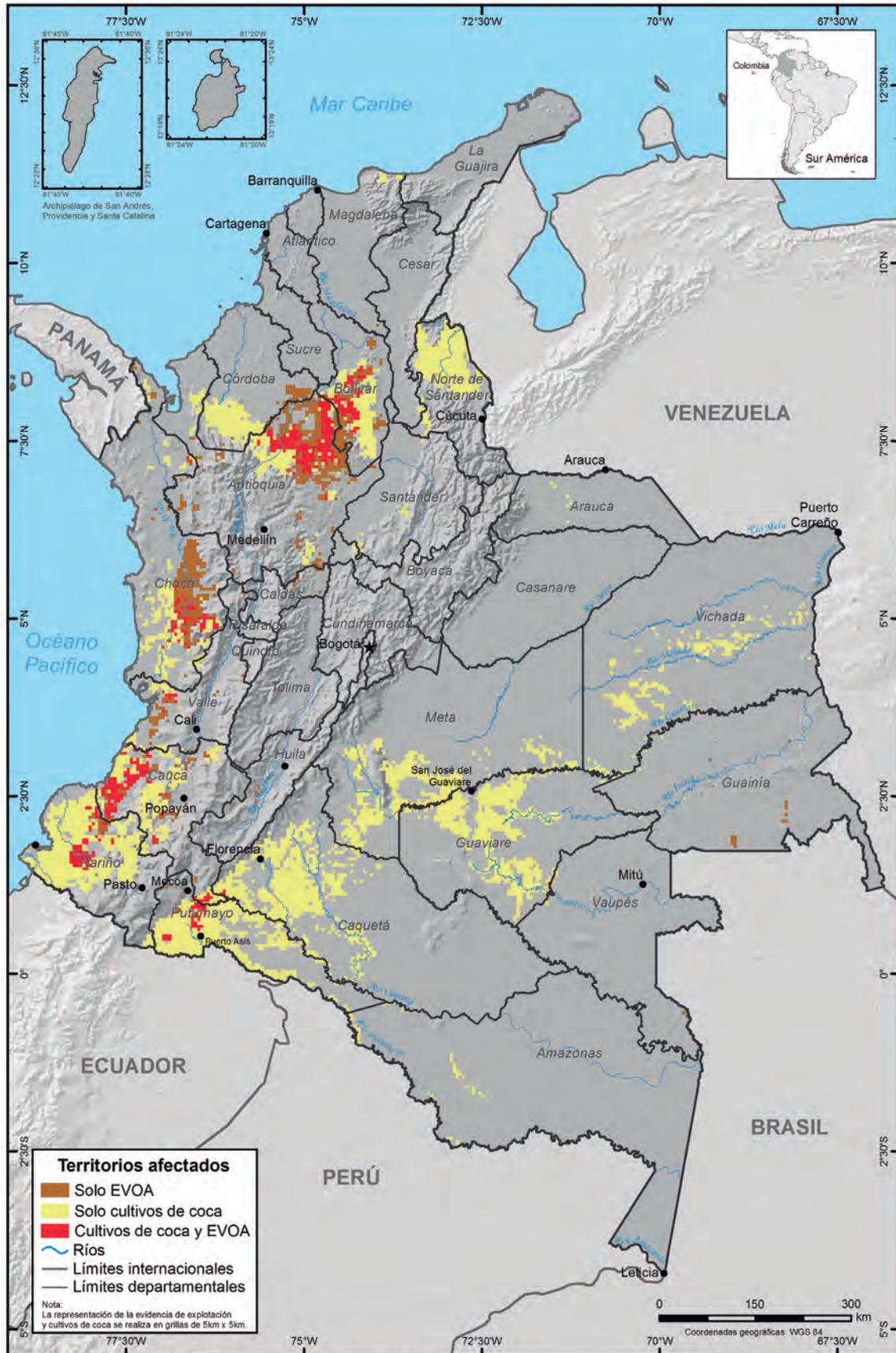
Antioquia presenta un crecimiento del área afectada por EVOA y un aumento significativo del área con

coca entre 2014-2016; los territorios con relación espacial para los dos fenómenos aumentaron al pasar de 33% a 40% en 2016. Los municipios de Zaragoza, Nechí y El Bagre presentan los mayores valores de afectación para las dos actividades. En Córdoba, el porcentaje de coincidencia para coca y EVOA es baja, 3%; el 96% del área afectada por EVOA no tiene relación espacial con coca.

En Antioquia y Putumayo se registra tanto un aumento del área sembrada con coca como un aumento del área afectada con EVOA, a su vez, se registra un aumento en los territorios con correlación espacial para las dos actividades.

En Guainía y Magdalena existe afectación por presencia de cultivos de coca, no obstante, esta actividad no está cerca de la afectación por EVOA. Los departamentos de Caldas, Huila, Quindío y Risaralda no tienen afectación por cultivos de coca.

Territorio afectado por EVOA y cultivos de coca, 2016



Mapa 8. Territorio afectado por EVOA y cultivos de coca, 2016.

## RELACIÓN ENTRE EVOA Y FIGURAS DE LEY

La metodología empleada para la detección de EVOA no pretende caracterizar la actividad de explotación de oro de aluvión ni la legalidad de la misma. El objetivo es fortalecer a las entidades competentes encargadas del manejo, gestión y control de los recursos, con información que permita mejorar la caracterización del fenómeno en el territorio. Para este propósito, observar el carácter espacial de las EVOA y las zonas bajo figuras de ley en torno a la explotación de oro como: licencias ambientales, amparo de títulos, propuestas de contrato y solicitudes de legalización permite obtener una visión territorial de esta variable.

La información relativa a amparo de títulos, propuestas de contrato y solicitudes de legalización en la generalidad el territorio colombiano tiene como fuente la Agencia Nacional Minera - ANM, que es la entidad encargada de administrar los recursos minerales del Estado de forma eficiente, eficaz y transparente a través del fomento, la promoción, el otorgamiento de títulos, y el seguimiento y control de la exploración y explotación minera, con el fin de maximizar la contribución del sector al desarrollo integral y sostenible del país [2].

Sin embargo, es pertinente resaltar que desde 2012, Antioquia a través de la Secretaría de Minas, es el único departamento que opera como delegación minera, con funciones delegadas de fomento y desarrollo minero, titulación y fiscalización minera, siguiendo los lineamientos del Ministerio de Minas y Energía e interviniendo de manera directa en el territorio [24]. En consecuencia la Secretaría de Minas de Antioquia es la entidad que suministró la información del departamento, relativa a amparo de títulos, propuestas de contrato y solicitudes de legalización.

Por otra parte, para licencias ambientales la fuente es la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, como entidad encargada

de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental, cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible ambiental del país (Decreto 3573) [3].

Aunque el estudio aborda de forma general cuatro figuras de ley, es necesario mencionar que el cruce espacial de las EVOA detectadas con estas figuras conlleva una interpretación diferente en dos dimensiones:

1. **Marco normativo de inicio de actividad minera:** implica el cumplimiento de requisitos para obtener el permiso de explotación (título minero).
2. **Marco normativo ambiental:** implica la obtención del permiso ambiental para el inicio de explotación, pero además conlleva una serie de obligaciones, requisitos y condiciones ambientales a que se ha comprometido el titular para garantizar la buena ejecución ambiental de la actividad minera.

En este punto es preciso señalar que la magnitud y naturaleza de las evidencias detectadas independiente de ubicarse en una figura de ley, implican fuerte impacto en el paisaje que sugiere el incumplimiento de estas obligaciones ambientales.

- *Licencias ambientales:* para adelantar las labores de montaje y usufructuar una mina se debe contar con el título minero de explotación y posteriormente haber obtenido la licencia ambiental [25]. Por tanto, esta figura hace referencia a títulos que cuentan con licencia ambiental y se considera la única figura bajo la cual se estarían desarrollando actividades de explotación en el marco de la ley.
- *Amparo de títulos:* esta figura, amparo de títulos, si bien se consolida en uno de los requisitos finales para la explotación bajo el marco de

la ley, no cuentan con el permiso ambiental otorgado por la licencia ambiental. En este sentido al realizar el cruce espacial con las EVOA detectadas se consideran fuera del marco de la ley para realizar actividades de explotación. Sin embargo, en este punto es necesario aclarar, que pueden presentarse inconsistencias en el archivo de licencias por falta de actualización en la ANLA de los reportes generados por las autoridades ambientales competentes.

- *Propuestas de contrato:* en esta figura se incluyen solamente las zonas que han sido objeto de solicitud para celebrar un contrato de concesión minera entre el Estado y particulares para explotación del mineral. Sin embargo, la misma naturaleza de la figura implica la no realización de labores de explotación del mineral, hasta que la propuesta no desencadene en la figura de amparo de título y posteriormente licencia ambiental. Por consiguiente, cualquier evidencia detectada bajo estas figuras se considera fuera del marco de la ley.
- *Solicitudes de legalización:* en esta figura se encuentran las solicitudes bajo la ley 685 de 2001. Cabe aclarar que en esta ley se incluyen explotaciones ilícitas de oro que han hecho solicitud de legalización y cuentan con prerrogativas para explotar; sin embargo, no se permite el uso de maquinaria hasta tanto no se

otorgue el respectivo título minero; por lo tanto la interpretación del cruce espacial de las EVOA detectadas con esta figura, implica explotaciones fuera del marco de la ley, pero que han iniciado un proceso para su legalización. Adicionalmente, bajo esta figura se contemplan también, las solicitudes amparadas en el Decreto 0933 de 2013, las cuales se encuentran suspendidas y no pueden desarrollar actividades de explotación.

Mediante la superposición de las EVOA con información suministrada por la ANM<sup>40</sup>, la Secretaría de Minas de Antioquia<sup>41</sup> y la ANLA<sup>42</sup>, se estableció la relación espacial de intersección entre las mismas.

El siguiente gráfico ilustra la relación porcentual entre EVOA y las figuras de ley relacionadas.



**Gráfico 10.** Distribución porcentual nacional de EVOA respecto a figuras de ley 2014-2016.

Para 2016, 34% del área de EVOA coincide con alguna de las figuras de ley y el 66% restante no está asociado espacialmente con ninguna figura. En esta categoría, 23% se encuentra bajo la figura de “Propuestas de contrato” que por su misma naturaleza no debe registrar ninguna explotación<sup>43</sup>.

En el marco de la ley (jurídica y ambiental) se establece como requisito final para el inicio de explotación haber obtenido la aprobación de la licencia ambiental que establece el cumplimiento de requisitos, términos, condiciones y obligaciones para prevenir, mitigar, corregir, compensar los efectos ambientales del proyecto entre los cuales se establece a) deterioro grave a los recursos naturales renovables, b) al medio ambiente, c) modificaciones notorias al paisaje.

En este contexto, se genera una alerta nacional, puesto que, las EVOA detectadas en el marco de este estudio, bajo el contexto de cruce espacial con figuras de ley o sin ellas, se centran en cambios y modificaciones notorias en el paisaje, que no se armonizan con la esencia de la normatividad ambiental y evidencian falencias en el seguimiento y control de las actividades de explotación.

40 La información de la ANM tiene fecha de corte diciembre 2016. La tabla de datos adjunta no diferencia modalidades de explotación, ni tipos de yacimientos, por cuanto los archivos representan el universo de las figuras de ley en torno a la explotación de oro sin diferenciación por filón o aluvión.

41 La información suministrada por la Secretaría de Minas de Antioquia tiene fecha de corte septiembre 2017 y al igual que la suministrada por la ANM no diferencia el tipo de explotación.

42 La información suministrada por ANLA tiene fecha de corte diciembre de 2016.

43 El primer informe [1] reporta individualmente que 60% de las EVOA detectadas no se encuentra asociada a ninguna figura de ley, adicionalmente que 4% se encuentra bajo la figura de propuestas de contrato. En este sentido, debe considerarse que 64% de las EVOA detectadas en el estudio previo, no se encontraban bajo ninguna figura de ley.

Estas propuestas se focalizan principalmente en Chocó (37%), Antioquia (34%) y Bolívar (11%). Por otra parte, 20% del área detectada se encuentra bajo la modalidad de “amparo de títulos”, cifra que se mantiene estable con respecto a 2014 y se concentra nuevamente en los departamentos de Antioquia (56%), Chocó (20%) y Bolívar (19%).

Con respecto a solicitudes de legalización, 7% de las evidencias detectadas se cruzan espacialmente con esta figura, donde 6,5% corresponden a solicitudes bajo el Decreto 0933 de 2013 y 0,5% a solicitudes bajo la Ley 685 de 2001, estas últimas, aunque cuentan con prerrogativas para explotar, no pueden utilizar maquinaria para su explotación. Del total contemplado bajo esta figura, 54% se focaliza en Chocó, seguido de Antioquia y Bolívar con 18% y 16% respectivamente. Cauca, Nariño y Putumayo también presentan EVOA bajo esta figura.

Finalmente, 7% de las evidencias detectadas se encuentran bajo la figura de “*licencias ambientales*” y se concentran en su totalidad en el departamento de Antioquia. Llama la atención que ningún otro departamento registra licencias ambientales para la explotación. Sin embargo, pueden existir problemas en la base de la ANLA por falta de actualización por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales.

En el contexto de marco jurídico y ambiental establecido para iniciar operaciones de explotación, esta figura **cumpliría** con todos los requisitos. Sin embargo, las evidencias detectadas muestran fuerte desequilibrio en el cumplimiento de medidas de

manejo, seguimiento y control ambiental establecidas por la autoridad competente para el otorgamiento de las licencias ambientales. Adicionalmente, a pesar de la congruencia geográfica, no es posible determinar que la explotación se esté haciendo en un marco pleno de formalidad. Existe otra figura que vincula la formalidad de estos títulos con perturbaciones en los mismos, los amparos administrativos<sup>44</sup>. Para el estudio no fue posible acceder a esta información.

En el siguiente gráfico se observa la distribución porcentual de las EVOA bajo figuras de ley:

De acuerdo con lo que se observa en el gráfico, más del 50% de las EVOA detectadas en Caquetá, Guainía, Valle del Cauca, Nariño, Huila, Putumayo, Córdoba y Chocó se encuentran fuera de cualquier figura de ley y el panorama se oscurece aún más al evidenciar que aunque existan evidencias bajo figuras de ley, estas no garantizan el cumplimiento de los compromisos y obligaciones adquiridos con el manejo y protección de los recursos.

En el siguiente mapa se resumen los resultados departamentales (ha) de EVOA por figura autorizada a nivel nacional.

44 La acción de amparo administrativo tiene como finalidad impedir el ejercicio ilegal de actividades mineras, la ocupación de hecho o cualquier otro acto perturbatorio, actual o inminente contra el derecho que consagra el título. El carácter de esta garantía de los derechos mineros frente a actos de perturbación u ocupación de hecho, se refleja en un procedimiento previsto por el legislador en el que no se vislumbra ni se articula confrontación alguna entre el particular y el Estado, sino amparo de los derechos de un sujeto privado ante los actos perturbadores de otro u otros, todo lo cual hace de este un proceso de naturaleza eminentemente policiva [85].

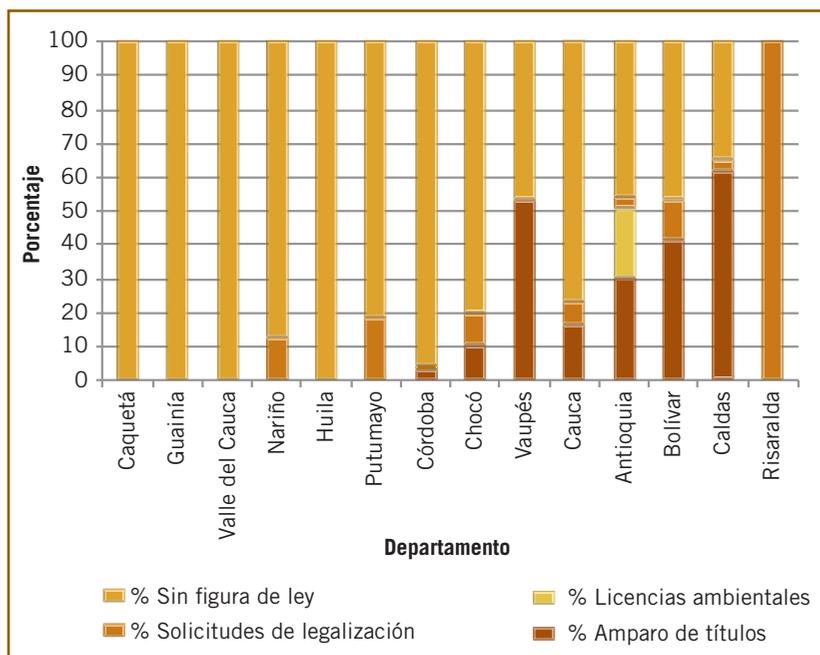


Gráfico 11. Distribución porcentual de figuras de ley por departamento.



## ACCIONES DEL GOBIERNO COLOMBIANO CONTRA LA EXPLOTACIÓN ILÍCITA

En 2016, la intervención del Gobierno colombiano frente a las explotaciones de oro no amparadas bajo ninguna figura de ley fue de 1.708 operaciones en el país, que incluyen 1.018 operaciones reportadas por el ejército nacional y 690 operativos policiales<sup>45</sup>; dentro de estas se incluye intervención a minas-bocaminas, incautación de maquinaria y equipos relacionados, implementos (entables, mangueras, botes, vehículos, picas, palas), municiones y explosivos, insumos sólidos y líquidos utilizados durante las actividades de explotación del mineral; entre otros.

Las operaciones de intervención son realizadas por los grupos operativos de las Fuerzas Militares y la Policía Nacional; en algunos casos, de acuerdo con la naturaleza, se realiza en compañía con otras instituciones como Fiscalía General de la Nación, Cuerpo Técnico de Investigación (CTI), Corporaciones Autónomas Regionales, SIJIN, entre otros.

Para las operaciones reportadas por la Policía Nacional, a cargo de la UNIMIL -*Unidad Nacional contra la Minería Ilegal*-, se realizaron 661 operativos, con intervención de 2.546 minas y capturas de 2.067 personas vinculadas con actividades ilegales conexas a la explotación de minería ilegal. Entre la maquinaria destruida en los operativos, se contabilizan 154 maquinarias de tipo pesado y 52 dragas y dragones; en lo relacionado a maquinaria incautada, se registra un total de 1.664 maquinarias donde 60% representa motores y motobombas y un 15% retroexcavadoras. Finalmente, la UNIMIL registra la incautación de 51.344 galones de hidrocarburos y 1.880 kg de mercurio utilizados en las actividades de explotación y beneficio.

En cuanto a las operaciones reportadas por la Brigada contra la Minería Ilegal del Ejército Nacional, se tiene que del total de operaciones, 355 fueron realizadas por el Ejército Nacional, 285 en conjunto Ejército Nacional y Policía Nacional y 2 con el Ejército Nacional de Perú. De manera general, se identificó que 45% de las intervenciones realizadas se concentra en la categoría *maquinaria y equipos*, la cual reúne incautaciones de motores, motobombas, dragas, excavadoras, trituradoras, entre otros. En un segundo lugar, se tienen las operaciones de control a la explotación y exploración ilícita con 15% del total nacional; esta acción está relacionada directamente con la captura de personas; 870 para el año 2016<sup>46</sup>.

Le siguen con menos de un 7% de representación, las operaciones relacionadas con incautación de explosivos (anfo, indugel, mecha lenta, pólvora negra) y minas intervenidas.

De acuerdo con la información suministrada por el Ejército Nacional, el departamento de Antioquia ocupa el primer lugar en número de operaciones con un 37% del total nacional (381 operaciones); le siguen Tolima con 11% (112 operaciones) y Valle del Cauca con 10,5% (109 operaciones). En Antioquia, las operaciones se concentran en la incautación de maquinaria y equipo con un 37% del total departamental; en orden de importancia siguen la incautación de explosivos, la de entables (solo presente en este departamento) y la explotación y exploración ilícita que condujo a la captura de 222 personas.

<sup>45</sup> El dato incluye 29 operaciones coordinadas.

<sup>46</sup> Las personas capturadas se judicializan bajo los cargos de explotación ilícita de yacimientos y contaminación ambiental; si el proceso de investigación se amplía a una red criminal se procede a abrir investigaciones a delitos conexos como lavado de activos, trata de personas, entre otros.

En Tolima y Valle del Cauca las operaciones relacionadas con el decomiso de maquinaria y equipos y explotación y exploración ilícita son las más representativas; esta última, permitió la captura de 64 personas en Tolima y 99 en Valle del Cauca.

En 2016, Buriticá, en el departamento de Antioquia, es el municipio con mayor número de operaciones

con 223 que representan 22% del total nacional; donde las acciones más representativas son las relacionadas con maquinaria y equipo, incautación de manguera, explosivos y entables. El segundo municipio en número de operaciones es Cali, en Valle del Cauca, con 54 operaciones que representaron 5% del total nacional.

# LÍNEA BASE DE EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN CON USO DE MAQUINARIA EN AGUA CON BASE EN ÍNDICES ESPECTRALES. ESTUDIO CASO RÍO APAPORIS, PNN SERRANÍA DE CHIRIBIQUETE

El presente capítulo aborda los resultados obtenidos mediante la aplicación del modelo metodológico basado en índices espectrales para la detección de alteraciones en los sedimentos en suspensión en cuerpos de agua, atribuibles a actividades de explotación de oro con uso de maquinaria en agua. Cabe resaltar que esta metodología se validó mediante estudio piloto en el río Inírida, departamento del Guainía [1].

La zona de estudio corresponde al río Apaporis entre las comunidades Dos ríos y Puerto Penalito en límites compartidos entre los municipios de Solano en el departamento de Caquetá, Miraflores en el departamento del Guaviare y Pacoa en el departamento del Vaupés. En este segmento el río constituye el límite norte del Parque Natural Nacional Serranía del Chiribiquete. Los hallazgos encontrados en el presente y anterior estudio se constituyen en la línea base para el monitoreo del fenómeno bajo la modalidad de explotación con uso de maquinaria en agua en estos territorios. Antes de entrar con los resultados obtenidos, es pertinente hacer un acercamiento a la connotación nacional y mundial de la zona que limita con el río Apaporis, el PNN Serranía de Chiribiquete.

## PNN Serranía de Chiribiquete

El Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete tiene, en 2016, una superficie de 2.782.354 ha y es la unidad de conservación del Sistema de Parques

Nacionales con mayor extensión en Colombia. Está situada en el extremo occidental de la provincia biogeográfica de Guayana, que trasciende los límites físicos del igualmente nombrado Escudo de la Guayana, que es una de las formaciones rocosas más antiguas del planeta. Debido a la gran superficie cubierta y las dificultades de acceso, se cree que solo se ha investigado una parte mínima del Parque [26].

El Escudo de la Guyana se caracteriza por:

i) la presencia de formaciones de rocas de aproximadamente 2.000 millones de años de antigüedad, conocidas como tepuyes, ii) es uno de los puntos de mayor biodiversidad del mundo donde se pueden encontrar ecosistemas únicos aún inexplorados con fauna silvestre endémica, iii) posee una muestra rupestre de sociedades prehistóricas desaparecidas del norte de Suramérica, y iv) lugar en el que se mantienen intactas huellas de los primeros hombres que habitaron América y es albergue actual de por lo menos cuatro grupos indígenas que se mantienen en aislamiento y pertenecen a las familias lingüísticas Huitoto, Caribe y Arawak [27].

Esta riqueza natural y cultural del parque tiene una connotación de importancia mundial, por lo cual la UNESCO tiene en estudio su declaratoria como patrimonio de la humanidad. La declaración de un bien como patrimonio de la humanidad contempla 10 criterios, los seis primeros obedecen a bienes de carácter cultural y los cuatro últimos a bienes de carácter natural. Entre estos, el PNN Serranía de Chiribiquete tiene connotación en los siguientes:

En el año 1987, Carlos Castaño, director de Parques Nacionales en ese momento, en vuelo casual entre San José de Guaviare y La Araracuara sobrevoló el entonces desconocido lugar y se maravilló con las formaciones precámbricas, tras dos horas de vuelo, se convenció de incluir esta manifestación cultural y emblemática del país en el sistema de Parques Nacionales Naturales. Es así que, tras dos años de trabajo, en septiembre de 1989 se oficializó que Chiribiquete se convertiría en la reserva más grande del país con una extensión de 1.200.000 hectáreas, para ese momento [91].

Mediante resolución N.º 1038 del 21 de agosto de 2013 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el apoyo de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales [92]. Recientemente el Gobierno Colombiano anunció que para 2018 se aumentara el área del parque a 4,5 millones de ha.

**Criterio I:** como el complejo arqueológico pictográfico más grande, denso e impresionante del norte de América del Sur y representa una obra maestra del genio creativo humano debido al refinamiento estético de las pinturas y un monumento de valor universal por la importancia antropológica de las representaciones de la caza, el baile y las escenas mitológicas.

**Criterio III:** las pinturas de Chiribiquete son un testimonio excepcional de una tradición cultural que ha desaparecido, pero que se relaciona con la cosmovisión de los pueblos indígenas existentes en la región amazónica central y oriental de Colombia. Las pinturas de Chiribiquete son de gran importancia para la etnohistoria y para las cosmologías de los grupos indígenas circundantes y constituyen una piedra angular para la comprensión de las migraciones humanas pasadas, la guerra y el uso tradicional de la tierra, en la zona nororiental amazónica.

**Criterio VIII:** constituye un destacado ejemplo de los testimonios geológicos relictuales y de las características fisiográficas de la parte más occidental de la provincia biogeográfica de Guyana. En ninguna parte, al oeste del complejo de Roraima en Venezuela y el norte de Brasil, existe un testimonio tan extendido, alto y totalmente conservado de esta antigua formación.

**Criterio X:** contiene una gran diversidad de comunidades biológicas con elementos andinos, guyanenses y amazónicos debido a su historia geológica y su posición geográfica en el cruce de la sierra andina, el Pantepuy en Venezuela y Brasil y las tierras bajas del Amazonas. Incluye al menos cinco especies endémicas y más de diez especies vulnerables o en peligro crítico. Debido a su gran extensión y estado de conservación, garantiza la perpetuación de estas características ecológicas, mejor que cualquier otra área en la Amazonia colombiana [26].

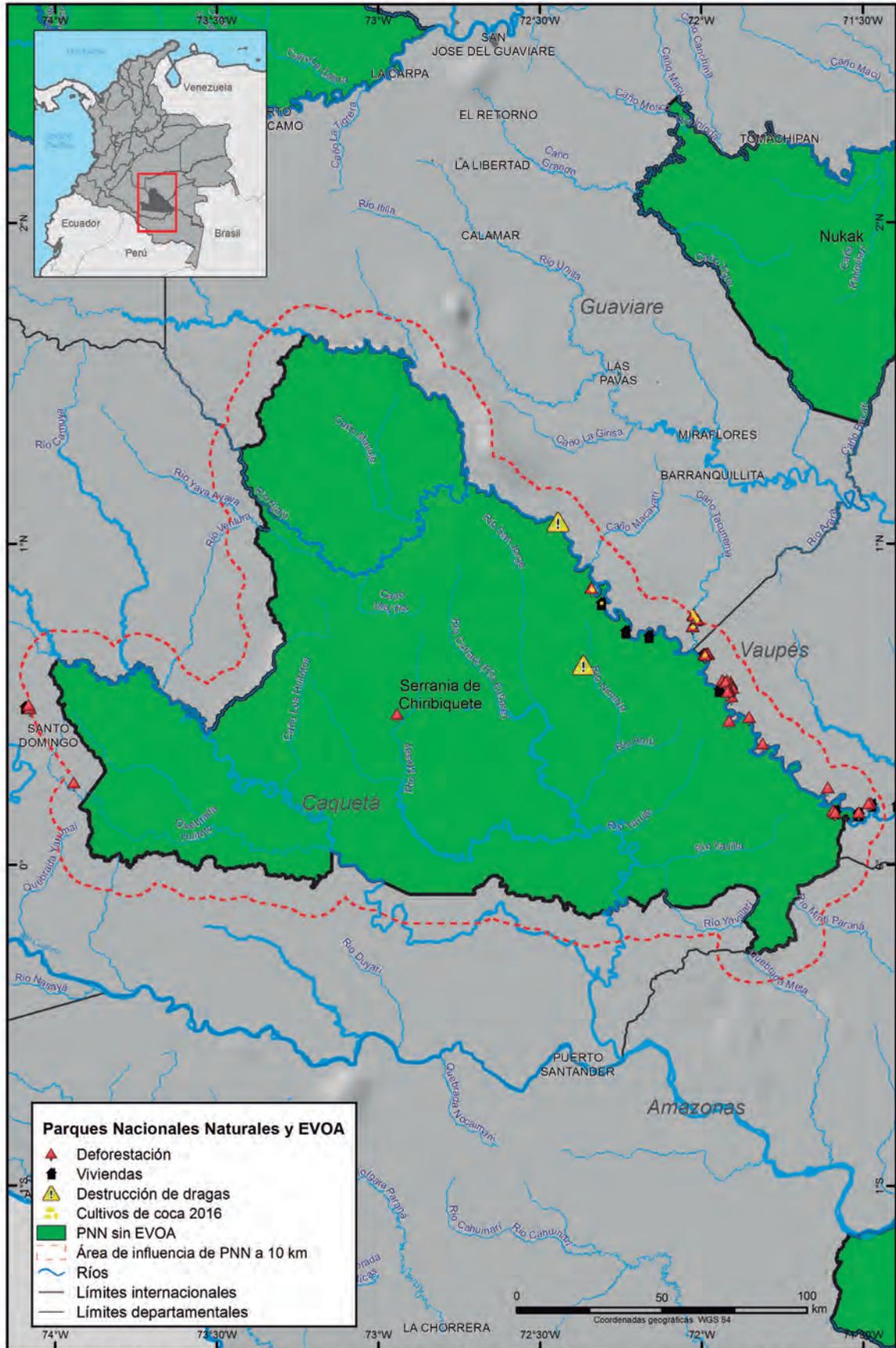
Si bien la integridad ecológica del área, su gran extensión y difícil accesibilidad facilitan la dinámica de procesos naturales en los ecosistemas, recientemente se han generado alertas por evidencias de afectación debidas a actividades en torno a economías ilegales como la presencia de cultivos de coca [28]<sup>47</sup>, [23]<sup>48</sup>, explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en agua<sup>49</sup> y deforestación. Estas dinámicas recientes requieren de la focalización de esfuerzos y el diseño de estrategias específicas orientadas a la conservación natural y mantenimiento de la soberanía en estos territorios aislados pero de gran riqueza cultural y natural.

47 El estudio generó alerta por expansión del fenómeno hacia el parque, siguiendo el curso del río Tacumena.

48 En 2016, el monitoreo satelital y en trabajo conjunto con la Dirección de Gestión del Riesgo de Parques Nacionales Naturales, se identificó y verificó la presencia de cultivos de coca dentro del parque entre los ríos Tacumena y Macaya, con intervenciones adicionales asociadas a talas recientes.

49 Información suministrada por entidades de control de la minería ilegal reportó la destrucción de dos balsas dedicadas a la explotación aurífera en el cauce del río Apaporis, uno de los límites naturales del parque.

## Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC, para Parques Nacionales: Parques Nacionales Naturales de Colombia. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

Mapa 10. Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete.

# LÍNEA BASE COMPORTAMIENTO ESPECTRAL NATURAL DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN RÍO APAPORIS

Los resultados para la detección de alteración de los sedimentos en suspensión relacionados con el uso de maquinaria en agua para la explotación de oro en el cauce del río Apaporis, parten de la identificación de la línea base que refleja el comportamiento

natural espectral del río, esto es, sin afectación por factores externos, como el caso de la explotación de oro.

La construcción de esta línea base se apoya en herramientas especializadas de percepción remota, a través del uso de índices espectrales; para mayor detalle metodológico (ver anexo 2). Bajo este marco, la construcción de la línea base se realizó con imágenes de satélite correspondientes al año 1988, periodo durante el cual se identificó la no afectación del cauce por la explotación de oro de aluvión.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio previo, el índice espectral evaluado fue el MNDWI, puesto que presentó mayor sensibilidad al registro del índice, dado que aprovecha el uso del rango del espectro electromagnético del infrarrojo medio, que permite diferenciar y resaltar lugares donde el contenido de agua, se ve afectado por alguna alteración; este se seleccionó tanto para la caracterización de la línea base como para el análisis de los sedimentos [29].

Vale la pena resaltar que en este estudio se evaluó la sensibilidad de otros índices a la detección del fenómeno, pero el MNDWI mostró nuevamente ser el más robusto para la detección de estas alteraciones en el cuerpo hídrico.

## Línea Base:

Se procesaron e interpretaron 5 Path Row (Grilla Landsat) 461, 560, 561, 659 y 660, que cubren más allá de la zona de estudio y comprenden el trayecto del río Apaporis desde la zona denominada Dos Ríos en el departamento del Guaviare, hasta la frontera con Brasil. La temporalidad de las imágenes comprende desde diciembre a enero.

## Dinámica del comportamiento espectral del río Apaporis en la zona de estudio:

Para la evaluación de la dinámica se evaluaron los Path Row, que cubren la zona de estudio, 0659 y 0660. Con un total de 16 imágenes de satélite distribuidas en los años 1991, 1996, 2001, 2006, 2009, 2016 y 2017. La temporalidad de las imágenes comprende desde diciembre a febrero.

ÍNDICE	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	VARIABLES	AUTOR
MNDWI Modification for Normalized Difference Water Index	Este índice está diseñado para discriminar los valores digitales entre los cuerpos de agua y la reflectancia de los suelos haciendo uso de la banda del infrarrojo medio.	$MNDWI = (\rho_{Green} - \rho_{MIR}) / (\rho_{Green} + \rho_{MIR})$	$\rho_{Green}$ = banda del visible verde $\rho(MIR)$ = infrarrojo de onda corta	[30]

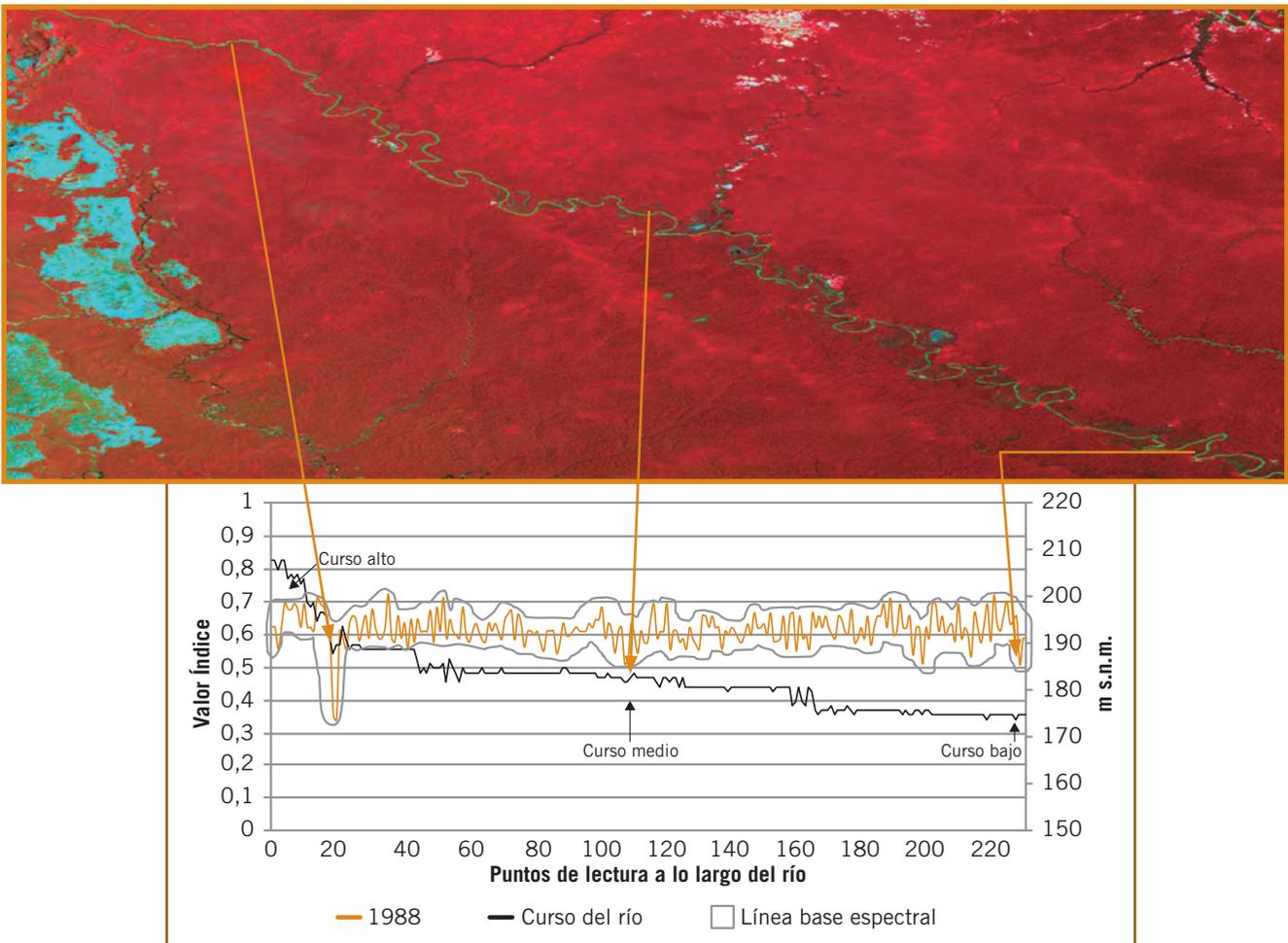
Tabla 14. Índice espectral MNDWI.

La interpretación del índice señala que valores cercanos a 1 reflejan aguas claras o sin afectación en la alteración de sedimentos, mientras que valores cercanos a cero, evidencian concentraciones superiores de sedimentos en suspensión. Para el caso de estudio, el comportamiento natural del río se encuentra en el rango del índice entre de 1,0 y 0,5; valores por debajo de este rango evidencian alteración en la carga de sedimentos.

Al observar el gráfico se evidencia una caída súbita del valor del índice en el punto 20 de medición. Este punto en particular, refleja un comportamiento atípico en el rango natural identificado, que está relacionado geográficamente con una caída de agua o cascada. Para este caso específico, la caída del valor del índice corresponde al comportamiento natural del río y se explica por la acumulación de sedimentos en la zona del cuenco o palangana [31]. La detección de cambios debe considerar esta condición natural para la identificación de alteraciones en este punto.

La línea base garantiza que la imagen satelital del río represente valores de pixel correspondientes a la ausencia de actividad antrópica sobre el curso del río; que esta, al ser comparada con otros periodos de estudio, marque el punto base para la evidencia de la alteración en la sedimentación del río.

El gráfico muestra la curva resultante de la aplicación del índice para la construcción de la línea base, la cual se validó mediante el análisis de congruencia<sup>50</sup> de la respuesta espectral en los puntos de lectura del índice y la información secundaria suministrada tanto por organismos de control territorial, como por las instituciones presentes en la región. La curva de comportamiento obtenida se evaluó teniendo en cuenta la sensibilidad para la detección y la sensibilidad a los cambios en el tiempo.



**Gráfico 12.** Arriba imagen Landsat RGB 547. Abajo Rango línea base espectral "natural" índice MNDWI, 1988.

<sup>50</sup> El término congruencia se utiliza para hacer referencia a la relación de similitud o equilibrio que puede existir entre dos o más puntos de muestra a lo largo del río.

El siguiente mapa representa la base natural espectral del índice MNDWI correspondiente a un transecto del río Apaporis en la zona de estudio. Aunque la representación de la lectura del índice en el mapa, abarca desde el azul oscuro para aguas sin perturbación de sedimentos, al rojo para aguas con

fuerte alteración de sedimentos, en 1988, periodo de establecimiento de la línea base de comportamiento natural espectral, el índice adopta la tonalidad azul oscuro, es decir, aguas sin perturbación de sedimentos azul claro para zonas de sedimentación naturales.

## Detección de la alteración de sedimentos suspendidos mediante índices espectrales MNDWI, 1988



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC; Parques Nacionales Naturales de Colombia. Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas.

**Mapa 11.** Detección de alteración de sedimentos en suspensión mediante índices espectrales - Línea base MNDWI 1988.

# DETECCIÓN DE CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO NATURAL MEDIANTE LA OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE ÍNDICES ESPECTRALES

La aplicación del índice se realizó en las imágenes identificadas para cada periodo de seguimiento. Los años evaluados corresponden a 1991, 1996, 1998, 2001, 2006, 2009, 2016, 2017. La construcción de las curvas parte de las siguientes premisas en la identificación de puntos de lectura: i) los puntos deben abarcar la totalidad de la zona de estudio (es importante destacar que estos puntos son los mismos que se utilizan para la construcción de las curvas en todos los momentos del estudio); ii) los puntos

de lectura están distribuidos sistemáticamente cada 1,5 km, teniendo en cuenta la disponibilidad de información en los periodos de estudio, es decir, se evita el análisis de información nula por presencia de nubes.

La tabla a continuación<sup>51</sup> muestra los puntos (resaltados en gris) que registraron alteración en la lectura de los índices en los diferentes años de evaluación.

Punto de muestra	Comunidad <sup>52</sup> cercana	MNDWI			
		1988	2009	2016	2017
1	Dos Ríos	0,6187	0,2580	0,6561	0,3167
2		0,5530	0,2879	0,6112	0,7148
3		0,6187	0,1184	0,5795	0,5433
4		0,6903	0,2651	0,5951	0,7212
7	Macayarí	0,6903	0,2879	0,6681	0,7159
11		0,6187	0,2613	0,6324	0,5323
15		0,6903	0,6717	0,4199	0,4460
16		0,6805	0,6381	0,6663	0,4622
18		0,5852	0,5449	0,6585	0,7045
19		0,3517	0,2019	0,4817	0,4458
20	Vereda El Morichal	0,3359	0,0132	0,3218	0,2829
21		0,6079	0,1512	0,5566	0,5508
22		0,5852	0,5315	0,6326	0,6672
24		0,6297	0,5449	0,0575	0,6976
25		0,6538	0,5620	0,3591	0,6782

51 Los años 1991, 1996 y 2001 no se visualizan en la tabla dado que se encuentran en el rango del comportamiento espectral natural del río.

52 Los nombres de las comunidades se obtuvieron de Google Earth Pro, 2017.

Punto de muestra	Comunidad <sup>52</sup> cercana	MNDWI			
		1988	2009	2016	2017
28	Cornelio	0,6187	0,1346	0,2881	0,6013
29		0,6538	0,6058	0,7105	0,7150
30		0,5852	0,5748	0,6692	0,2909
34		0,5852	0,5315	0,6870	0,7038
36		0,7197	0,3061	0,6644	0,7437
37		0,5852	0,3450	0,6870	0,5705
40	Tolima	0,5852	0,2744	0,6699	0,7164
41		0,6315	0,5937	0,6862	0,4954
43		0,6430	0,2651	0,7082	0,5461
45		0,6430	-0,0800	0,6918	0,8312
47		0,6071	0,3950	0,6819	0,8155
55		0,6416	-0,0800	0,6918	0,8312
56		0,6057	0,3950	0,6819	0,8155
63		0,6301	0,3633	0,6939	0,8503
67	0,6315	0,3633	0,6939	0,8503	
82	Vereda San Fernando	0,6057	0,4069	0,6650	0,8355
83		0,5728	0,4069	0,6650	0,8355
103	Veracruz	0,5837	0,5921	0,7189	0,4726
108		0,6187	0,5921	0,7189	0,4726
109		0,5067	0,3729	0,6701	0,8453
110		0,5221	0,3729	0,6701	0,8453
140	Cachiporro	0,6057	0,3844	0,6931	0,8682
148		0,5954	0,3144	0,5803	0,8774
153	Puerto Suárez	0,5954	0,4821	0,5762	0,8836
155		0,5756	0,3406	0,5422	0,8823
162		0,5457	0,3940	0,5382	0,8747
163		0,6525	0,3261	0,5817	0,9046
169		0,6525	0,3399	0,6141	0,8966
178		0,5972	0,3749	0,4613	0,8702
185		0,5638	0,4347	0,6160	0,9027
197	Puerto Penalito	0,6525	0,5523	0,5090	0,8715
198		0,5334	0,3940	0,5955	0,7469
199		0,6174	0,6897	0,6259	0,8871
200		0,6174	0,5968	0,4039	0,8106
204		0,6892	0,4481	0,6123	0,8823
210		0,6284	0,6474	0,5347	0,4016
211		0,5756	0,4155	0,5431	0,8751
213	0,5837	0,6158	0,4594	0,8157	

Punto de muestra	Comunidad <sup>52</sup> cercana	MNDWI			
		1988	2009	2016	2017
216	Berlín	0,5292	0,6369	0,3359	0,8763
217		0,6627	0,5560	0,3089	0,8621
218		0,6178	0,5523	0,4635	0,8719
219		0,5713	0,5560	0,4348	0,8486
221		0,6892	0,5560	0,1975	0,8315
222		0,5756	0,6077	0,3737	0,8723
224		0,6284	0,6474	0,1480	0,7066
225		0,6065	0,6158	0,4864	0,8838
226		0,6525	0,5968	0,4530	0,8177
227		0,6985	0,5968	0,3188	0,8806
228		0,6284	0,5795	0,3950	0,8650
229		0,6388	0,5379	0,4542	0,8532
232		0,5837	0,5637	0,1986	0,4422
233		0,5837	0,6180	0,4665	0,8120

Tabla 15. Valores de MNDWI en puntos de medición (1988, 2009, 2016, 2017).

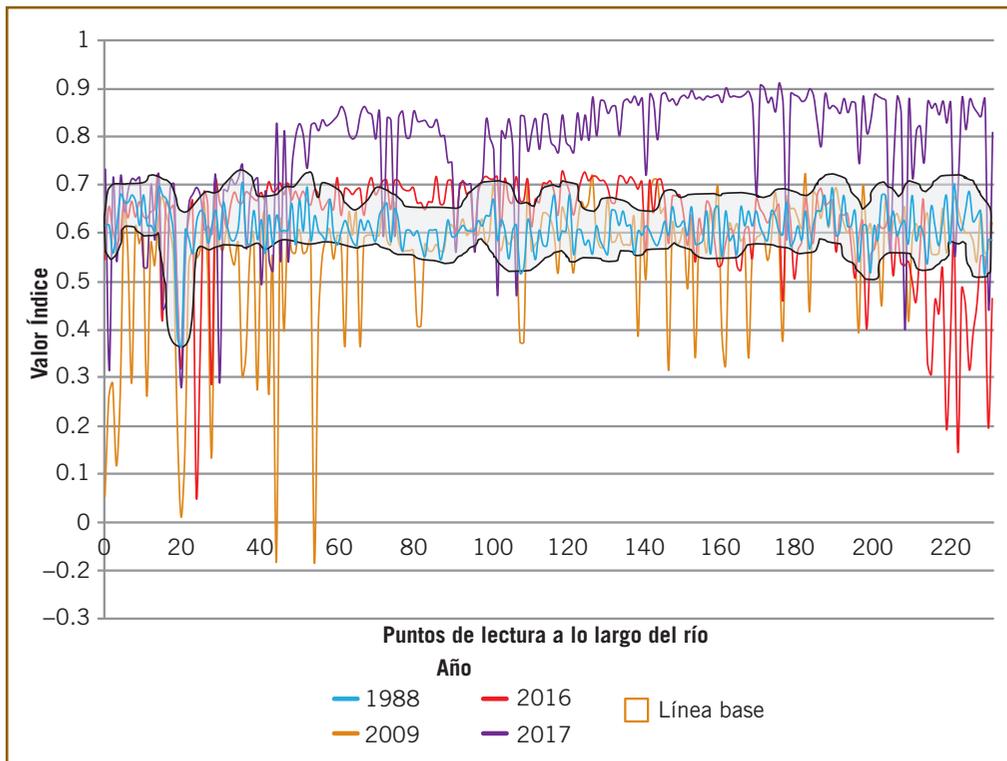


Gráfico 13. Curva del comportamiento espectral de sedimentos en suspensión mediante aplicación del índice MNDWI, río Apaporis. Los segmentos fuera del límite negro corresponden a alteraciones en los sedimentos suspendidos.

Para 1991, 1996 y 2001 los valores del índice no reportan alteración en el comportamiento natural espectral del río; el año 2006 registró un comportamiento atípico por valores extremos en la temporada seca [32], que pueden afectar la interpretación del comportamiento de los sedimentos en este periodo; debido a esto, este año no se considera para el análisis de resultados.

Para 2009 se evidencia alteración de los sedimentos suspendidos en zonas comprendidas entre las comunidades Dos Ríos y Puerto Penalito.

En 2016 se evidencian afectaciones puntuales (hot spots) sobre la zona alta del río Apaporis en puntos cercanos a las comunidades de Dos Ríos, Macayará, vereda El Morichal, Cornelio y Tolima, y en las cercanías de Puerto Suárez, Puerto Penalito y Berlín; para el 2017 la alteración de los sedimentos suspendidos se concentra en puntos cercanos a las comunidades de Dos Ríos, Macayará, vereda El Morichal, Cornelio, Tolima, Veracruz, Puerto Penalito y Berlín.

## VALIDACIÓN POR ASOCIACIÓN DE DATOS OBTENIDOS CON INFORMACIÓN SECUNDARIA

Como parte de la validación de los resultados obtenidos se obtuvo información correspondiente a operaciones de sobrevuelo en la zona de estudio por parte de la Fuerza Aérea de Colombia - FAC<sup>53</sup> y operaciones de interdicción y control del Ejército y la Policía Nacional. Los resultados del análisis de correspondencia espacial entre los hallazgos aportados por el índice MNDWI y la información secundaria validan los resultados obtenidos.

En el caso específico de la información suministrada por la Fuerza Aérea Colombiana - FAC, si bien es cierto, no se evidenciaron dragas en actividad de explotación del mineral, sí se evidenciaron tres puntos específicos con planchones para el

soporte de la maquinaria, asociados a la actividad de explotación. Estas evidencias detectadas en el sobrevuelo ubican sitios de anclaje de la maquinaria cuando no se encuentra en operación, los cuales se encuentran a una distancia aproximada de 4 km de los sitios de detección de los hot spots.

La explotación de oro de aluvión en agua no se realiza en una mina estática, en razón a que las dragas y maquinaria similar se mueven por el cuerpo del río en busca del mineral. Y solo se quedan cuando encuentran volúmenes rentables de producción.



**Foto 7.** Evidencias fotográficas, planchones de soporte para maquinaria amarilla, obtenidas por sobrevuelo FAC, agosto 2017.

<sup>53</sup> De acuerdo a sobrevuelo realizado por la Fuerza Aérea de Colombia en Agosto de 2017, río Apaporis, se identifican tres infraestructuras que corresponden a plataformas para la explotación de oro.

Por otra parte, información suministrada por el Ejército colombiano sobre operaciones de control a la explotación ilícita de minerales realizadas durante el 2016, permitió validar la congruencia en los hallazgos de los hot spots detectados en cercanías a la comunidad El Morichal.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio anterior para la explotación de oro se realizan labores de “pesquisa” (las balsas exploran a lo largo del río en busca de oro); una vez identificado el sitio de explotación se establecen durante el tiempo que consideren que la producción de oro es rentable, de acuerdo con el tamaño del depósito pueden durar desde días hasta meses, la persistencia en la alteración de sedimentos en los tramos del río entre las comunidades de Macayará, Morichal, Cornelio y Tolima permiten inferir que se trata de grandes depósitos aluviales, que favorecen la persistencia de la actividad de explotación en la zona.

En los aluviones auríferos formados por concentración mecánica natural, el oro es liberado en su totalidad de sus partículas acompañantes, tales como cuarzo, carbonatos, arcillas e incluso sulfuros; las laminillas de oro se desintegran en gránulos con apariencia de escamas y pepitas; en este estado el oro está para su recuperación en la forma denominada como “oro libre”.

La minería del oro de subsistencia y de pequeña escala utiliza erróneamente mercurio por facilidad, rapidez y economía en la recuperación del oro libre, por lo cual prefiere en muchos casos la amalgamación sobre otras técnicas [51].

En consecuencia, estos hot spots de actividades de explotación detectados en la zona de estudio, límite con la Reserva Natural Serranía de Chiribiquete, en proceso de declaratoria “Patrimonio de la Humanidad”, aumentan la alerta generada inicialmente por la presencia de cultivos ilícitos en la periferia y dentro de la reserva [28], así como por el aumento en talas y ahora por explotación de oro de aluvión en el río Apaporis.

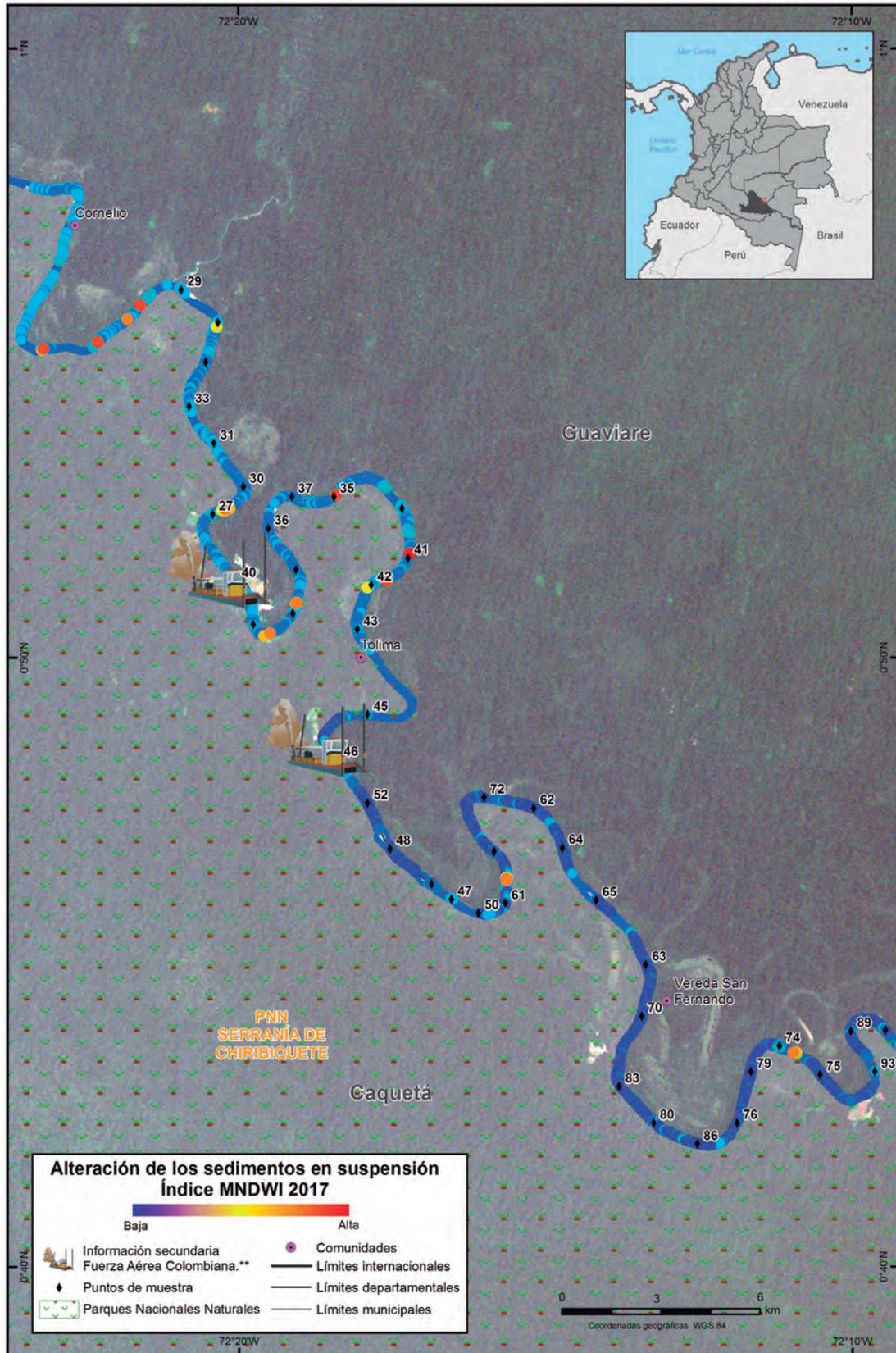
Cabe resaltar que esta modalidad de explotación, sin control, afecta directamente la función ecosistémica del cuerpo hídrico al alterar las características físicas del mismo y por contaminación debida a sustancias utilizadas<sup>54</sup> en el beneficio del oro. En este aspecto se destacan las repercusiones en el recurso íctico, fauna terrestre y salud poblacional. Llama la atención que a pesar de que el oro de aluvión es “oro libre” y no requiere para su beneficio el uso de mercurio, este se utiliza por rapidez y economía sobre técnicas limpias.

La aplicación de este modelo metodológico ratifica nuevamente que las evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en agua, en función de la alteración de los sedimentos en el cuerpo hídrico por la perturbación del lecho durante las operaciones de explotación, pueden detectarse mediante la aplicación de índices espectrales. De acuerdo con la validación metodológica obtenida en este estudio y el realizado sobre el río Inírida, la metodología permite con certeza identificar sitios de alteración por actividades de explotación que deben ser considerados como alertas en esta modalidad de explotación.

En el siguiente mapa se pueden observar sectores del río donde se evidencia la alteración de sedimentos para 2017; el color azul representa el comportamiento natural, mientras que, la gama del amarillo al rojo refleja de menor a mayor alteración de los sedimentos suspendidos respectivamente.

54 En operaciones de interdicción realizadas en noviembre de 2016, entre el Ejército de Colombia y la Policía Nacional se realizó la destrucción de dos dragas y la judicialización de materiales utilizados para el beneficio, entre estos, mercurio.

Detección de la alteración de sedimentos suspendidos mediante índices espectrales (MNDWI - 2017) y registros de información secundaria, FAC, agosto de 2017.



Mapa 12. Detección de la alteración de sedimentos suspendidos mediante índices espectrales (MNDWI - 2017) y registros de información secundaria, FAC, agosto de 2017.





# SECCIÓN III

## ESTUDIOS RELACIONADOS

*Esta sección presenta las bases para la implementación de un modelo integrado de monitoreo de la explotación de oro en Colombia; a través de cuatro estudios complementarios.*

*Más allá de los resultados propiamente dichos; los estudios buscan el diseño de guías metodológicas aplicables en el contexto de otras regiones.*



# MODELO INTEGRADO DE INFORMACIÓN PARA LA INTEGRACIÓN DE LA DIMENSIÓN MINERA EN EL ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO. ESTUDIO CASO GUAPI

En el marco del convenio de cooperación entre la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y el Ministerio de Minas y Energía (MME) se ha buscado contribuir con el desarrollo de estudios enfocados a las dinámicas de explotación de oro bajo el enfoque territorial. Se presenta aquí una síntesis del modelo de investigación para la identificación de los rasgos más sobresalientes en las dinámicas asociadas a la explotación de oro en sus diferentes dimensiones con enfoque de ordenamiento territorial, realizado con un caso piloto en el municipio de Guapi (Cauca) y cuyo desarrollo se publicará posteriormente.

El objetivo general, la identificación de los requerimientos de información que faciliten la inclusión de la variable minera en los instrumentos de planificación y gestión del territorio. Para ello, se desarrolló una metodología para la recolección de información primaria en el municipio de Guapi, se analizaron las dinámicas asociadas a la explotación de minerales en el municipio, y sobre esta base se diseñaron recomendaciones para la integración de la dimensión minero-energética en el EOT municipal.

El modelo parte de la integración de información de paisaje en cuanto a coberturas del suelo, potencial minero y expectativa y visión de las comunidades e instituciones presentes en el territorio en torno a la actividad de explotación del oro. El primer componente se abordó mediante análisis multitemporal de transformación de coberturas del

paisaje a partir de herramientas de percepción remota en tres periodos de tiempo 2010, 2014 y 2016. El segundo componente se soporta en la información cartográfica oficial disponible y el tercer componente se aborda a través de entrevistas y talleres<sup>55</sup> con grupos focales del gobierno municipal y otras instituciones, con representantes de las tierras de comunidades negras y otras organizaciones de la comunidad en el municipio.

Tanto con las instituciones como con las comunidades, los problemas se abordaron desde un enfoque de análisis territorial, usando como herramienta principal la cartografía social, que permite identificar la localización de fenómenos diversos en el territorio, y facilita el establecimiento de relaciones espaciales que con frecuencia no pueden ser identificadas por medio de los análisis cuantitativos clásicos. De este modo, se integran las dimensiones social, económica, ambiental, cultural y de seguridad, en torno a la explotación de oro.

## Principales hallazgos

### Composición y distribución de la población en el territorio

Con base en las proyecciones del DANE, el municipio de Guapi cuenta con aproximadamente 29.797 habitantes de los cuales el 61% se localiza en la cabecera municipal y el 39% en las áreas rurales.

55 Los talleres fueron realizados por un equipo de trabajo compuesto por miembros de UNODC y del MME.

La población es mayoritariamente afrodescendiente y se encuentra una pequeña comunidad Eperara Siapidara organizada en dos cabildos indígenas, aunque sin que exista territorio colectivo de resguardo.

La mayor parte del territorio municipal corresponde a tierras de comunidades negras, establecidas en Consejos Comunitarios como se detalla a continuación:

Consejo comunitario	Área (ha)	Actividad productiva
Consejo Comunitario de la comunidad negra del Alto Guapi	103.742	Producción agrícola. Explotación de oro
Consejo Comunitario Guapi Abajo	43.196	Producción agrícola. Pesca
Consejo Comunitario de la comunidad negra del río Napi	47.007	Producción agrícola. Explotación de oro
Consejo Comunitario río San Francisco	26.232	Producción agrícola. Explotación de oro. Pesca
Consejo Comunitario de la comunidad negra de la jurisdicción del río Guajuí	35.735	Producción agrícola. Explotación de oro. Pesca
Consejo Comunitario de Chanzará	3.144	Producción agrícola. Pesca

**Tabla 16.** *Consejos Comunitarios de Guapi.*

Junto a los Consejos Comunitarios existen varias organizaciones de la sociedad civil que han venido desarrollando trabajos para la promoción

del desarrollo en diversas áreas; algunas de las organizaciones más sobresalientes son las siguientes:

Organización	Misión
Cooperativa de mujeres productivas de Guapi - COOPMUJERES	Establecida en 1992, busca la solución de los problemas sociales y económicos de las mujeres en el territorio.
Pastoral Social del Vicariato de Guapi	Evangelización y formación cristiana. Acompañamiento a las comunidades en el desarrollo de obras sociales.
Asociación de Consejos de Guapi - ASOCONGUAPI	Defensa de los intereses y solución a las problemáticas de los Consejos Comunitarios del municipio.
Fundación Chiyangua	Rescate de prácticas culturales, equidad y género en el alto y bajo Guapi.
Empresa comunitaria de mujeres rurales de Guapi "Ríos Unidos"	Fortalecimiento organizativo y proyectos productivos de las mujeres en el municipio.
Asomanos negras	Trabajo étnico-político en río San Francisco, Alto Guapi y Bajo Guapi.

**Tabla 17.** *Organizaciones sociales en Guapi.*

### Dimensión de seguridad

El municipio de Guapi ha registrado presencia histórica de las Farc-EP (Frente 29), del ELN (Frente Guerreros del Sindagua) y de diversas organizaciones delincuenciales. La reciente desmovilización de las Farc-EP ha dado lugar a un aumento de la presencia del ELN y de organizaciones criminales asociadas al narcotráfico, así como a la explotación ilegal del oro.

El ELN se localiza en un corredor móvil en la zona donde confluyen los ríos Guajuí y Napi, en donde también se localizan los dos kioscos Vive Digital con los que cuenta el municipio, cuatro de los siete centros de reunión de los Consejos Comunitarios y tres zonas de explotación de oro de aluvión con maquinaria activa. Así mismo, se identificó un punto de posible asentamiento de esta guerrilla en la frontera con el municipio de Timbiquí.

En el municipio tienen presencia y actividades regulares la Armada Nacional, el Ejército Nacional y la Policía Nacional. La Armada tiene jurisdicción de patrullaje y control hasta 20 km de la línea de costa y opera con el Batallón Fluvial de Infantería de Marina N.º 42 que hace parte de la Segunda Brigada Fluvial de Infantería de Marina. Por su parte, el Ejército Nacional hace presencia con la Vigésima Novena Brigada a través de la Unidad Táctica del Batallón de Infantería N.º 56 Francisco Javier González.

La Policía Nacional opera con una estación localizada en el casco urbano y realiza acciones ocasionales en la zona rural del municipio. La Fuerza Aérea dispone del aeropuerto Juan Casiano para el desarrollo de operaciones militares y humanitarias.

Las entidades públicas perciben que existen debilidades en la coordinación de las diferentes entidades de la fuerza pública y esperarían una mayor presencia y control en el territorio. En particular, el aumento de la presencia del ELN en algunas zonas del municipio genera preocupación en las autoridades y las comunidades, por lo que esperan una presencia más regular del Ejército Nacional.

Las comunidades plantearon la necesidad de ampliar el ámbito de acción de la Policía Nacional, ya que no tiene presencia en los corregimientos y veredas. Así mismo, plantearon que los controles al paso de maquinaria para explotación de oro en los ríos del municipio no están operando de manera eficaz y expresaron su preocupación puesto que las comunidades no pueden contener el paso de esta maquinaria, frecuentemente asociada a actores armados ilegales.

La Dirección Antinarcóticos - DIRAN de la Policía Nacional identificó en 2016 rutas de tráfico ilegal de armas y explosivos que siguen su ruta hacia el municipio de Argelia; igualmente, descubrieron una ruta para el ingreso de sustancias y productos químicos usadas en la producción de clorhidrato de cocaína, así como una ruta para la salida de cargamentos de cocaína hacia Centroamérica.

La integración de la información reportada por las instituciones en el taller realizado por UNODC se presenta en el mapa 13:

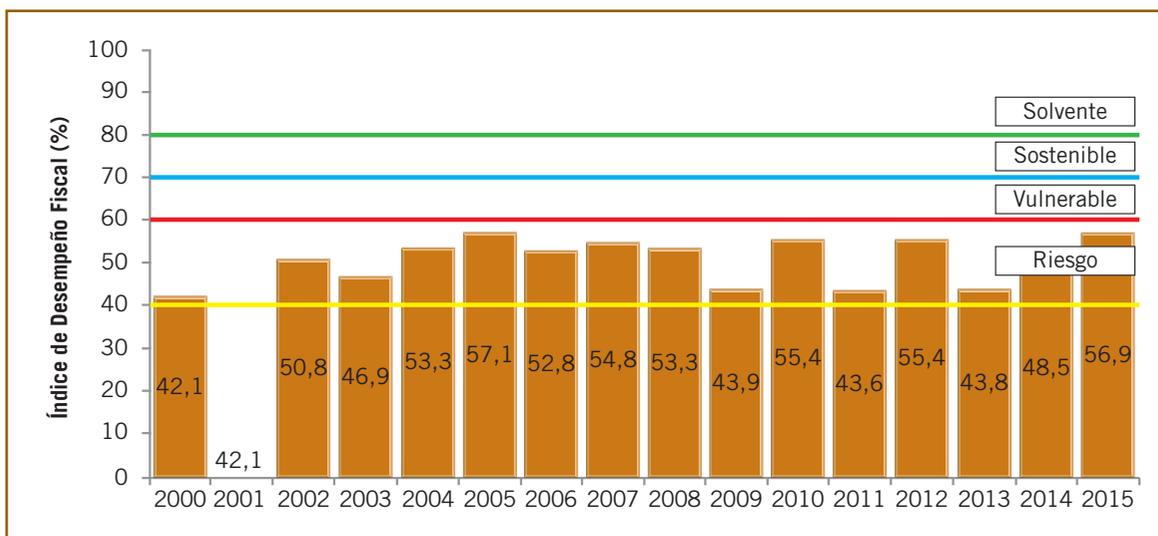
## Dimensión económica

### Situación de las finanzas públicas

Para el periodo comprendido entre 2011-2015, el valor agregado municipal ha constituido menos del 2% del total departamental en todos los años de la serie.

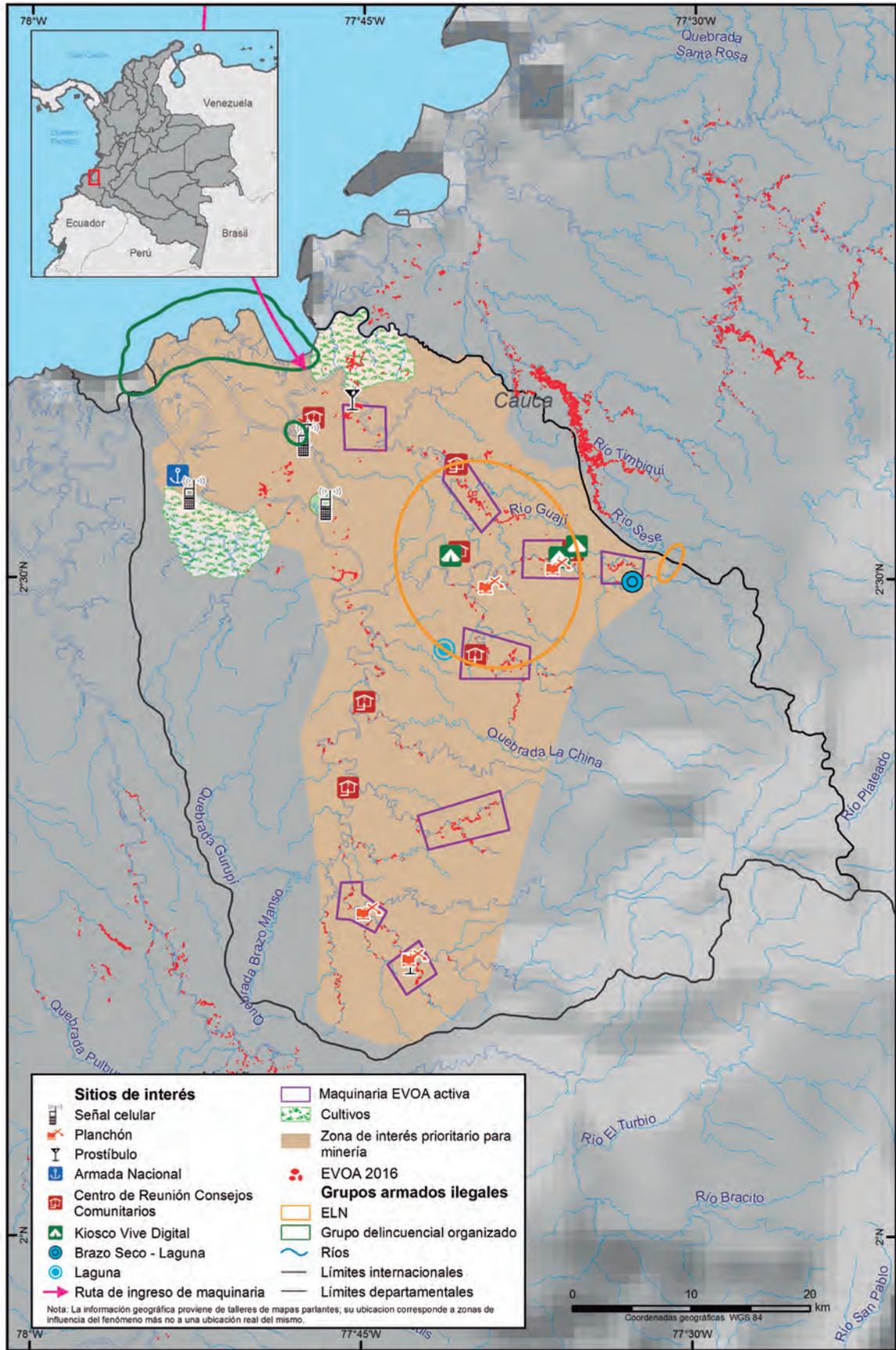
El municipio de Guapi registra un Índice de Desempeño Fiscal de 57% para el 2015. El municipio se ha mantenido en condición de riesgo fiscal durante los últimos 15 años. En el ranking nacional del índice de desempeño para 2015, Guapi ocupa el puesto 1.054 de 1.101 en el país, el puesto 169 de 178 en la región Pacífico, y el puesto 39 de 42 en el departamento del Cauca.

La gestión fiscal presenta alto riesgo, explicado fundamentalmente por el bajo nivel de recursos propios, dependencia de las transferencias de la nación y la baja capacidad de generar ahorros propios y recursos para inversión.



**Gráfico 14.** Evolución del índice de desempeño fiscal para el municipio de Guapi 2000-2015.  
Fuente: DNP.

## Integración de la dimensión minero para el municio de Guapí



Fuente: Gobierno de Colombia - Sistema de monitoreo apoyado por UNODC.  
 Los límites, nombres y títulos usados en este mapa no constituyen reconocimiento o aceptación por parte de las Naciones Unidas

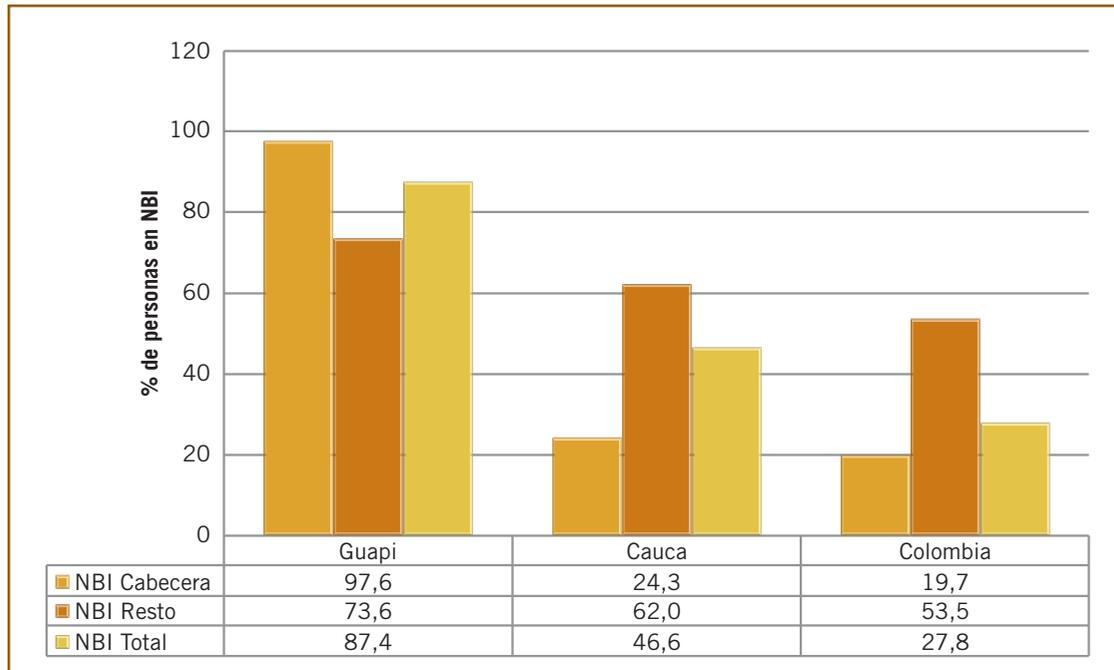
**Mapa 13.** Sistematización del taller con instituciones.  
 Fuente: participantes al taller realizado por UNODC el 18 de julio de 2017.

El municipio enfrenta grandes dificultades para garantizar su solvencia financiera en el largo plazo. No obstante, mejoró su calificación al pasar de 48,5 % en 2014 a 56,9% en 2015.

### Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en Guapi

Las NBI para el municipio de Guapi son del 67%, veinte puntos porcentuales por encima de la media

departamental y 2,5 veces por encima de la media nacional. En la cabecera municipal<sup>56</sup>, las NBI registran un 23%, mientras que en la zona rural alcanzan el 73%. Adicionalmente, de acuerdo con el Plan de Desarrollo 2012-2015, el 32,5% de la población del municipio vive en la extrema pobreza y se estima que más del 85,6% de los hogares no alcanza a cubrir los gastos básicos<sup>57</sup>.



**Gráfico 15.** Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) Guapi. Fuente: DANE.

### Uso del suelo y producción agropecuaria en el municipio

De acuerdo con los resultados del Censo Nacional Agropecuario, el 80% de la tierra en el municipio corresponde a bosques naturales, el 14,1% a producción agropecuaria y el 5,5% a otros usos. El registro de área cultivada en el municipio provisto por las evaluaciones municipales realizadas por la secretaría de agricultura señala una disminución significativa en la producción agrícola del municipio en la última década, pasando de 2.176 ha en el 2007 a 1.090 en 2016. Los cultivos más importantes en el municipio por área sembrada son la palma de aceite, el plátano y el coco. Los cultivos de coca en el municipio presentaron su pico más alto en 2008, con 1.912 ha.

### Explotación de oro en el municipio

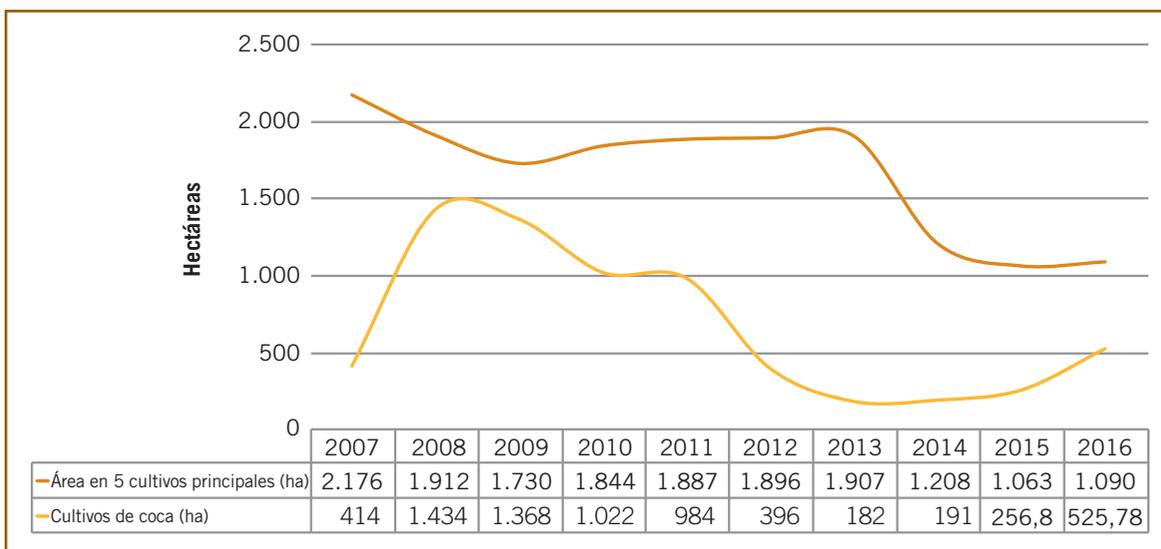
El registro de los volúmenes de producción de oro para el periodo 2002-2016, muestra que en los dos últimos años la explotación de este mineral ha

aumentado bruscamente, pasando de 128.454,34 g en 2014 a 717.978,95 g en 2015. Debe anotarse que existe un alto riesgo de subregistro de la producción municipal, en tanto una fracción aparentemente importante del producto se comercializa en Medellín y otras ciudades.

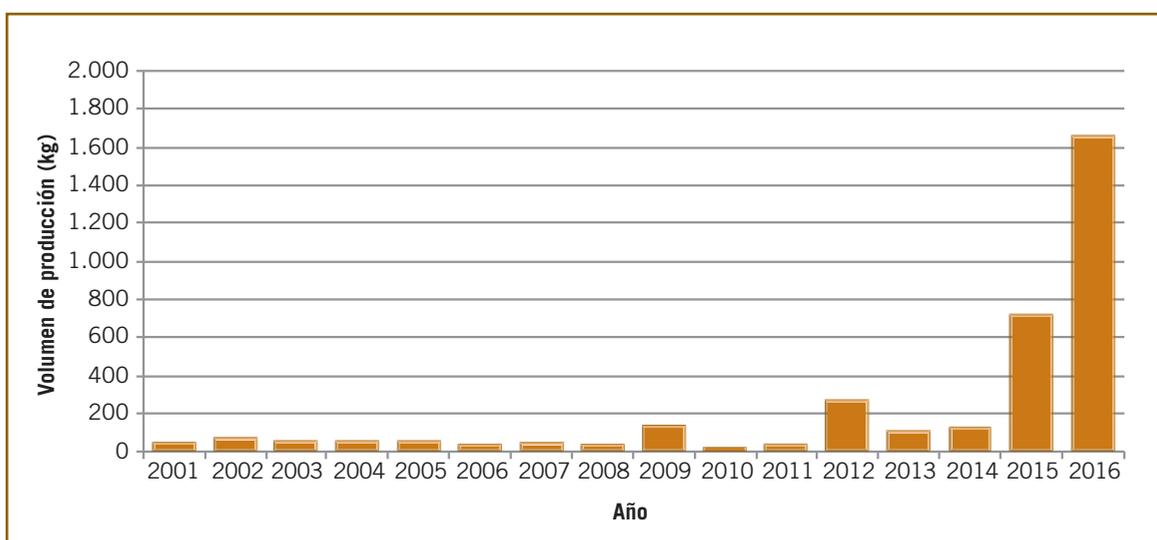
Aunque en 2016, Guapi ocupa el tercer lugar en participación porcentual (19%) en el departamento con evidencias de explotación de oro de aluvión, ocupa el primer puesto en expansión del fenómeno al pasar de 81 ha en 2014 a 722 ha en 2016.

<sup>56</sup> La cabecera municipal es un término utilizado en el contexto del censo del Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE en Colombia. Corresponde al área más densamente poblada del municipio y lugar donde funciona la sede de la Alcaldía municipal. Su área geográfica está definida por un perímetro urbano, cuyos límites se establecen por "acuerdos" del Concejo Municipal [100].

<sup>57</sup> Ministerio de Trabajo - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Estudio de Perfil Productivo Rural y Urbano del Municipio de Guapi, 2013.



**Gráfico 16.** Dinámica del área sembrada con coca y en los cinco principales cultivos lícitos <sup>58</sup> (por área sembrada) en el municipio de Guapi, 2007-2016. Fuente: EVA municipal.



**Gráfico 17.** Volumen de producción de oro en Guapi. Fuente: Banco de la República, Ministerio de Minas y Energía, Minercol, Ingeominas (2004-2011), ANM (2012 en adelante) <sup>59</sup>.

Los métodos de explotación de depósitos aluviales incluyen minería de subsistencia<sup>60</sup>, el uso de pequeña maquinaria en sistemas de baja tecnificación y el uso de maquinaria pesada en tierra (retroexcavadoras), en condiciones irregulares, informales o ilegales. Al respecto debe señalarse que durante el periodo 2014-2016 en el municipio se registró un aumento de las EVOA del 900%, pasando de 80 a 722 hectáreas durante este periodo.

Los representantes de instituciones estiman que del 20 al 25% de la población obtiene recursos de la explotación de minerales, principalmente del oro. Actualmente, se encuentran inscritas 6.811 personas en el registro de barequeros que realiza la alcaldía municipal. Existen dos solicitudes de asignación de

zonas mineras de comunidades negras, pero no han sido formalizadas hasta el momento.

En el ámbito cultural, el barequeo es una actividad y arte comunitaria popular que ha sido ejercida históricamente para la búsqueda de oro en los ríos del municipio como medio de subsistencia. Existe un amplio conjunto de prácticas y expresiones culturales que sobreviven todavía en el municipio,

<sup>58</sup> Arroz, coco, maíz, palma de aceite y plátano.

<sup>59</sup> Nota: Datos actualizados a diciembre de 2016. Consultado en: <http://www.simec.gov.co/>.

<sup>60</sup> La minería de subsistencia permite solo actividades a cielo abierto y se limita a la extracción y recolección de arenas, gravas de río (destinados a la industria de la construcción), arcillas, metales preciosos, piedras preciosas y semipreciosas, así como a las labores de barequeo [86].

que podrían ser recuperadas y exaltadas al nivel local y regional como parte del acervo cultural de Guapi y del departamento del Cauca.

El desarrollo de la actividad extractiva ha venido generando enfrentamientos entre algunos representantes de las tierras de las comunidades negras y organizaciones del territorio, ya que existen posiciones a favor y en contra de la explotación del oro en el municipio. Adicionalmente, existen debilidades en los linderos de algunos de los territorios colectivos, lo que ha dado lugar a enfrentamientos entre las comunidades, principalmente relacionados con la explotación de oro.

La transformación de la minería tradicional a la explotación con uso de maquinaria pesada en el municipio trajo consigo un sinnúmero de conflictos sociales conexos, asociados al control del negocio, a la participación de las comunidades en los beneficios de la explotación, y a los daños ambientales y de la salud que se asocian a esta forma de explotación. Adicionalmente, la explotación con maquinaria es agenciada por grupos armados ilegales; las modalidades de participación de estos grupos son la de “gramaje” (participación porcentual en el producto) o financiación de explotaciones por terceros.

La presencia de estos ha generado extorsiones a los pequeños y medianos mineros, amenazas y asesinatos selectivos de líderes sociales defensores de la minería tradicional, desplazamiento de comunidades donde se encontraban grandes yacimientos de oro, y la sensación de temor, inseguridad y pérdida de apropiación del territorio por parte de las comunidades.

La reciente bonanza de la explotación del oro ha dado lugar al establecimiento de lugares de prostitución y al incremento en el consumo de alcohol y drogas en los territorios circundantes a las zonas de explotación, situación que ha generado conflictos sociales en los territorios.

### **Recomendaciones para la integración de la dimensión minero-energética en el EBOT**

**1.** Integrar la dimensión minero-energética en la estructura de gobierno local, bien sea por medio del establecimiento de una secretaría

especializada, o por medio de la integración de este eje de desarrollo en otra secretaría afín (agricultura o desarrollo económico). De este modo, la arquitectura institucional podrá desarrollarse incorporando personal especializado que facilite el cumplimiento de la normatividad, y el tratamiento adecuado a los procesos de regularización y formalización de la actividad minera en el municipio.

- 2.** Determinar las zonas de exclusión de actividad minera en el municipio relacionadas con la protección de activos ambientales estratégicos y de zonas de desarrollo ecoturístico.
- 3.** Definir las zonas mineras de comunidades negras del municipio por medio de procesos de concertación con los Consejos Comunitarios y la Alcaldía municipal acompañados por el Ministerio de Minas. Estos procesos deben ir acompañados de procesos de capacitación y formación, tanto de las comunidades como de las instituciones responsables, con el fin de asegurar un proceso armónico en el que las determinaciones sean viables y puedan ser cumplidas efectivamente.
- 4.** Diseñar e implementar una estrategia de control de la explotación ilícita de oro de manera conjunta entre las instituciones de la fuerza pública, a partir de la zonificación con base en las competencias de control y de la localización de la zona de aprovechamiento minero potencial. Dada la presencia del ELN y de actores del crimen organizado, se recomienda la participación del Ejército Nacional por medio de operativos regulares, así como el estudio de posibles puntos de localización de una estación de Policía.
- 5.** Junto con lo anterior, el análisis de la concentración poblacional alrededor de los núcleos de explotación aurífera tradicionales, amerita el estudio de localización de puntos de comunicaciones que faciliten de una parte la interconexión de las comunidades con la cabecera y el resto del país, y de otra parte que faciliten los procesos de denuncia de incursiones de explotación ilícita en las cuencas de los ríos dentro de la zona de desarrollo minero del municipio.

# MODELO INTEGRADO DE INFORMACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS RASGOS MÁS SOBRESALIENTES EN TORNO A LA DINÁMICA DE EXPLOTACIÓN DE ORO. CASO ANTIOQUIA

En el marco del convenio de cooperación entre la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y el Ministerio de Minas y Energía (MME) se ha buscado contribuir con el desarrollo de estudios enfocados a las dinámicas de explotación de oro bajo el enfoque territorial. Se presenta aquí una síntesis del modelo de investigación para la identificación del impacto de la actividad minera en dos municipios del departamento de Antioquia.

El objetivo general del estudio, todavía en ejecución, consiste en caracterizar los efectos que han tenido dos modalidades de realización de la actividad de explotación de oro en dos municipios del departamento de Antioquia. En el primer caso (Santa Rosa de Osos), se analiza la intervención de una compañía internacional que ha implementado un modelo de explotación y aprovechamiento ambientalmente sostenible, acompañado de un componente de responsabilidad social empresarial. En el segundo caso (Barbosa), se examina el efecto de la actividad minera en un municipio donde el proceso extractivo se ha intensificado sin la presencia de agentes internacionales, principalmente por la ampliación de la explotación con maquinaria en tierra, y en asocio a un proceso migratorio impulsado por la presencia de oro en el territorio.

La metodología consistió en la realización de estudios de caso, aplicados bajo el marco del enfoque territorial. El estudio aborda las dimensiones social, económica, ambiental, cultural y de seguridad, en torno a la explotación de oro.

Para la recolección de información se recurrió a recolección y análisis documental, a entrevistas con actores relevantes en el municipio y en las instituciones relacionadas con la temática. Se realizaron también talleres con grupos focales de productores de oro en el municipio. Los talleres fueron realizados por un equipo de trabajo compuesto por miembros de UNODC y del MME.

Algunos de los hallazgos preliminares son los siguientes:

## ***Santa Rosa de Osos (actividad minera tradicional y empresarial formalizada)***

- 1. Impactos económicos de la actividad minera.** La actividad minera en el municipio de Santa Rosa de Osos ha derivado en los siguientes impactos percibidos como positivos por las comunidades y el gobierno local:
  - a. Contratación de personal local como mano de obra no calificada.
  - b. Aumentos en el ingreso familiar.
  - c. Impulso a la dinámica comercial.
  - d. Apoyo técnico y de capacitación para los mineros tradicionales.
  - e. Reinversión de los recursos generados por la actividad minera en el mejoramiento de la producción agropecuaria.
  - f. Mejoramiento de la red vial terciaria en algunas veredas.

**2. Impactos sociales de la actividad minera.** Se han detectado impactos primordialmente positivos; los más sobresalientes son los siguientes:

- a. Ampliación de las fuentes de empleo.
- b. Generación de rentas para el municipio, tanto por los impuestos pagados por la empresa minera como por los derivados de la activación del comercio local.
- c. Articulación de las comunidades en proyectos sociales del programa de responsabilidad social empresarial que aplica la empresa minera.
- d. Se registra un impacto negativo relacionado con la ampliación de las casas de juegos de azar, que están generando problemáticas complejas en algunas familias del municipio.
- e. Dependencia económica de la comunidad hacia la compañía.

***Barbosa (actividad minera tradicional y no tradicional con uso de maquinaria para explotación aluvial, no formalizada)***

**1. Impactos económicos.** Los principales impactos económicos en este municipio pueden sintetizarse en:

- a. Aumento del ingreso familiar de las familias.

b. Activación del sector comercial y, particularmente, del asociado a servicios para la actividad extractiva.

c. Activación del comercio y el consumo.

**2. Impactos sociales.** En el caso de Barbosa, tanto las autoridades como los productores tradicionales perciben un deterioro de las condiciones sociales en el municipio, asociados a la actividad de explotación, los cuales se expresan en los siguientes elementos:

a. Procesos migratorios masivos que producen congestión en la prestación de servicios públicos y sociales del municipio (educación, salud, etc.).

b. Las personas migrantes no tienen aprecio por el territorio ni sentido de pertenencia, por lo que no cuidan los recursos naturales en las zonas de explotación y generan daños ambientales importantes.

c. Aumento en la prostitución, el consumo de alcohol y las riñas callejeras asociadas.

d. Aumento de los sitios para juegos de azar.

e. Aumento en la inseguridad, principalmente, por hurto callejero.

# CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA DE COMUNIDADES RURALES EN ZONA DE EXPLORACIÓN AURÍFERA DEL PACÍFICO COLOMBIANO

Durante el 2015, UNODC en coordinación con el Ministerio de Justicia y del Derecho, desarrolló un modelo integral de investigación orientado a caracterizar la situación socioeconómica de comunidades rurales en zonas de explotación aurífera y afectación de cultivos de coca en el Pacífico colombiano. A continuación se presenta una síntesis del mismo.

El estudio de carácter cuantitativo incluyó la realización de encuestas en terreno. El diseño de la encuesta aplicada se basó esencialmente en la metodología del “Muestreo Agrícola de Áreas”. El cual consiste en dividir sin duplicación ni omisión el área total que va a ser investigada en “N” pedazos pequeños llamados Segmentos de Muestreo (SM), los cuales conforman la población universo; dicha división se realizó mediante grillas cuadradas de 1 km. Se realizaron un total de 624 encuestas.

A partir de este diseño metodológico, se analizaron distintos escenarios posibles, que permitieran realizar una caracterización socioeconómica en territorios con EVOA y cultivos de coca. Las encuestas se distribuyeron en tres tipologías, denominadas técnicamente como subestratos, en función del cruce espacial con alguna figura de ley para la explotación.

Actividad de explotación formalizada: grillas en las cuales se registra licencia ambiental o amparo de título, incluyendo o no EVOA o cultivos de coca.

Solicitud (potencial de explotación formal futura): grillas en las cuales no existía presencia de cultivos de coca, EVOA o amparo de títulos. Pero sí podrían

existir propuestas de contrato; al no registrar EVOA, se asume que la actividad de explotación con uso de maquinaria en tierra no se encuentra activa.

Actividad de explotación fuera de figuras de la ley: grillas en las cuales no existe registro de licencia o título minero pero que cuentan con presencia de cultivos de coca y/o EVOA.

Los hallazgos se analizaron en el marco de las siguientes dimensiones:

- **Caracterización de la tenencia y aprovechamiento del suelo**

Se encontró que más del 70% de las Unidades de Producción Agropecuaria y/o de Minerales (UPAM) encuestadas en la región Pacífico se encuentran ocupadas sin título de propiedad; apenas un poco más del 10% cuenta con títulos de propiedad y el resto se encuentra en otras modalidades de tenencia (aparcería, arrendamiento, otra forma). Debe considerarse que el alto porcentaje de ocupación de tierras sin título en la región obedece a que en esta región del país, la forma de tenencia se rige a los esquemas de tenencia colectiva dispuestos en la Ley 70 de 1993.

En territorios donde la actividad se encuentra formalizada, se observa que hay una participación considerable de uso del suelo para bosques, alrededor de 33%, mientras que en territorios donde la actividad no está formalizada se observa una participación inferior alrededor del 23%, lo cual puede estar asociado a que la explotación ilícita de oro puede desarrollarse con mayor impacto

ambiental en la medida que no es controlada. Otro aspecto para destacar, es un notorio aumento en la intensidad de uso y tenencia de la tierra a medida que se reduce el área predial, específicamente en UPAM<sup>61</sup> con superficies pequeñas (inferiores a tres hectáreas); las cuales dedican una proporción considerable del suelo a la siembra de cultivos permanentes, asociada a la producción agrícola para autoconsumo y/o con fines comerciales.

### • **Caracterización sociodemográfica de la población**

Sin lugar a dudas, conocer las condiciones de vida de las comunidades que se localizan en territorios con actividad de explotación formalizada y no formalizada, se convierten en un factor elemental para comprender de manera integral las dinámicas en torno a esta actividad. Dentro de los resultados más sobresalientes, se encontró que en territorios donde se desarrolla la actividad de explotación formalizada, la mitad de la población encuestada en la región consideró que no estudia porque necesita trabajar (50,3%), mientras que en donde se desarrolla la actividad no formalizada se evidenció que un poco menos de la mitad considera la misma razón (44,8%). En cuanto a otros motivos por los cuales las personas que conforman el hogar del PAM no estudian (diferentes a la necesidad de trabajar), indistintamente del sustrato, la población con edades entre los 19 a 24 años consideró que los costos son el principal motivo para no estudiar.

Por otra parte, según los resultados de las encuestas, el conflicto armado se destacó como una de las principales razones para migrar hacia otros departamentos, según lo manifestado por la población encuestada donde se desarrolla la explotación formal así como en donde no está formalizada. Mientras que en territorios con solicitud (potencial de explotación formal futura), la principal razón para migrar a estos territorios obedeció a labores u oportunidades de negocio.

### • **Condiciones económicas del Productor Agropecuario y/o de Minerales (PAM) y mercado laboral**

La caracterización laboral y ocupacional de los hogares en zonas con influencia minera y de cultivos

ilícitos es especialmente relevante si se considera que gran parte de los ingresos de los hogares provienen del trabajo. Bajo este entendido, se evidenció que el barequeo, la producción agropecuaria lícita y la asistencia en actividades de explotación de minerales fueron las posiciones ocupacionales más frecuentes en la población de estudio. Es de notar que el gran peso que tienen estas posiciones ocupacionales, tienen correspondencia con el gran nivel de informalidad que existe en el mercado laboral de la región, y por lo general, vienen asociados a empleos de baja calidad y por ende, con baja remuneración.

En este sentido, la explotación de oro en la región Pacífico se consolida como la principal actividad económica y la principal fuente de ingresos de los hogares. Asimismo, se observa que las UPAM presentes en la región han mantenido un sistema de subsistencia tradicional, es decir, donde se mantienen las actividades agrícolas y pesca en pequeña escala, alternada con la explotación de oro. No obstante, la proporción de personas dedicadas a la pesca presentó una disminución significativa.

En el caso de estudio, el sustrato donde se registraron los más altos niveles de informalidad presentó la menor rentabilidad. Los ingresos promedio en territorios con actividad de explotación no formalizada, registraron los ingresos más bajos comparados con los otros dos sustratos. Esto puede estar asociado a diversos factores dentro de los que se destacan:

- (i) a que en este sustrato se registraron los mayores niveles de desempleo,
- (ii) el desarrollo de las actividades ilícitas en este sustrato hace que los ingresos sean fluctuantes para quienes ejercen este tipo de labores (explotación ilícita de oro, siembra de cultivos ilícitos, entre otras),
- (iii) la población encuestada en este sustrato probablemente no informó con precisión los ingresos percibidos en el periodo de referencia por cualquier circunstancia.

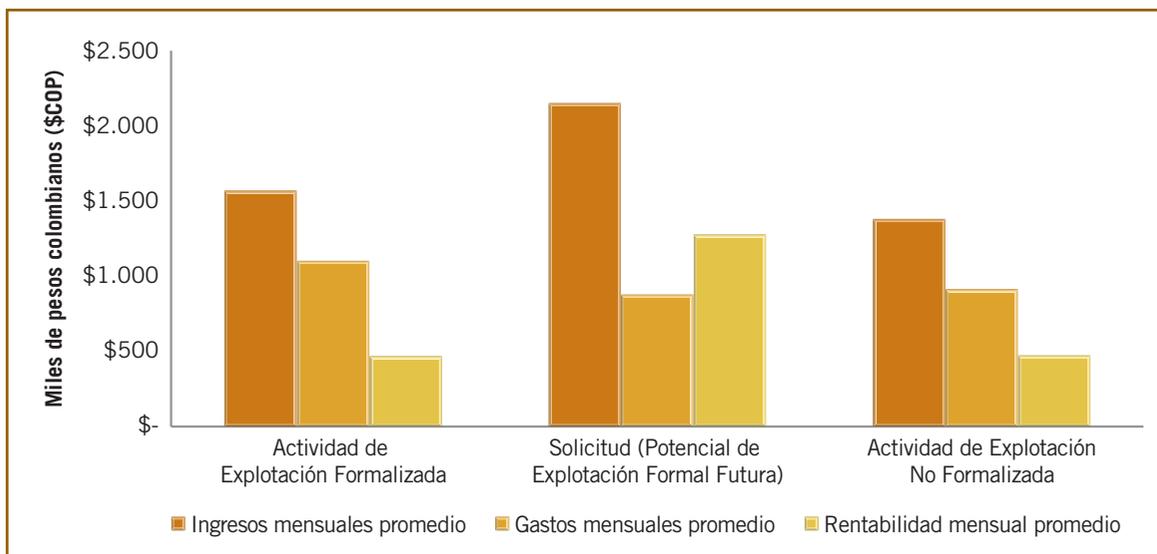
En el caso específico del sustrato donde se registra la actividad de explotación no formalizada, la rentabilidad es baja comparada con aquellos estratos donde hay una mayor formalidad, lo cual de acuerdo con el estudio puede estar asociado a los siguientes factores:

61 UPAM: Unidad dedicada total o parcialmente al desarrollo de actividades agropecuarias y/o de explotación de minerales, que puede estar compuesta por una o más fincas, situadas en una o más zonas del mismo municipio, siempre que todas estén bajo una gerencia o manejo y compartan un mismo conjunto de medios de producción, tales como mano de obra, maquinaria y animales de trabajo, independientemente del nivel de formalización de la propiedad o tamaño.

- (i) los PAM venden su producción a intermediarios locales (que pueden ser grupos armados ilegales, inversionistas con capitales criminales), quienes no pagan el precio “justo”,
- (ii) la fuerza de trabajo no es calificada y ofrece su mano de obra a cualquier precio,
- (iii) los precios de la canasta básica suben encareciendo el nivel de vida de la población,

(iv) en este subestrato se registró una alta tasa de desempleo (6,0%).

Finalmente, en el subestrato con potencial de explotación formal futura se registraron los mayores niveles de rentabilidad mensual promedio, en comparación con territorios de explotación formalizada y no formalizada en la región.



**Gráfico 18.** Análisis de rentabilidad por subestrato en la región Pacífico.

• **Caracterización de la percepción de seguridad y confianza en las instituciones**

Dentro de los resultados más sobresalientes se encontró que la mayor percepción de seguridad se da en las zonas con actividad de explotación formalizada con un 45%, seguido por los territorios con actividad de explotación no formalizada con un 29,6% y en el subestrato con solicitud (potencial de explotación formal futura) con un 27,2%. En cuanto al nivel de confianza en las instituciones, se evidenció que en la región existe confianza por parte de las comunidades de la región principalmente en el Gobierno nacional y en las fuerzas militares. En el subestrato con actividad de explotación formalizada, según los resultados de las encuestas, se evidencia una alta desconfianza en las Gobernaciones y en las Alcaldías municipales; esta misma situación se identificó en el subestrato con solicitud (potencial de explotación formal futura). Por su parte, en los territorios con actividad de explotación no formalizada, se manifestó desconfianza en las Alcaldías seguido por la Policía Nacional.

• **Caracterización medioambiental de la actividad minera según percepción del PAM**

Los resultados evidenciaron que los principales problemas medioambientales según la percepción del PAM, indistintamente del subestrato donde se encuentren, son la contaminación de agua y de ríos. Para ello debe tenerse en cuenta que la segunda fuente principal de agua de los habitantes de la región son los ríos, quebradas, manantiales, convirtiéndose en un riesgo sanitario. De acuerdo con la percepción del UPAM se destaca que a pesar de que la población reconoce los efectos adversos que trae la explotación de oro; considera que la actividad debe seguir operando en el territorio. Este resultado puede obedecer principalmente a dos factores: (i) la actividad minera se ha convertido en la principal fuente de ingresos; convirtiéndose en un renglón representativo en la economía de la región y (ii) existen otras fuentes potenciales de ingreso que no presentan articulación funcional a mercados.

# DINÁMICA DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS (MERCURIO, CIANURO E INSUMOS) CORRELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN DE ORO

Las dificultades para ejercer mecanismos más eficientes de control en las operaciones de explotación, ha determinado que los sistemas de explotación ilegales empleen técnicas invasivas y desproporcionadas para el proceso de explotación; se ha evidenciado que recurren al uso intensivo de dragado y remoción de suelo complementado por el uso no controlado de sustancias químicas, de alto nivel de toxicidad, para facilitar la explotación del oro.

Este escenario genera una gran preocupación en relación con el impacto sobre ecosistemas únicos y diversos, tal como se ha evidenciado en los departamentos del Chocó y Antioquia.

Sustancias químicas como el ácido nítrico, el ácido sulfúrico, algunos disolventes, el nitrato de amonio, el aceite combustible para Motor-Diesel, explosivos amoniacales como el anfo, combustibles como la gasolina, sales de cianuro y mercurio ingresan al proceso de explotación.

En el desarrollo de estas actividades se evidencia una carencia, por parte de los mineros, en el control de los residuos generados en la actividad aurífera, así como en los mecanismos de disposición final. Si bien, la mayoría de estas sustancias se emplean en el proceso de explotación, las *sales de cianuro* y *mercurio metálico* toman relevancia en la medida en que facilitan, en el beneficio, la obtención del oro; en este contexto, estas sustancias químicas juegan un papel importante en la rentabilidad del proceso de explotación aurífera, siendo tal vez, la principal razón para su empleo a gran escala, tanto en la minería industrial como en la explotación pequeña y de subsistencia.

En primer lugar, las *sales de cianuro* (especialmente cianuro de sodio y cianuro de calcio) se emplean de manera intensiva, en soluciones acuosas de baja concentración para recuperar el oro del material removido. El empleo del cianuro es asociado a las grandes explotaciones auríferas (explotación industrial de oro de veta o filón), las cuales, por lo general, cuentan con mecanismos técnicos y operativos que contribuyen a minimizar los impactos ambientales que potencialmente se generarían a partir de su uso.

En segundo lugar, el *mercurio metálico* es usado como un medio que permite que el metal se adhiera al oro (amalgamación) a fin de facilitar su captura. A partir de la revisión de documentación sobre el tema y gracias a la aproximación a los territorios con influencia de la actividad minera de oro<sup>62</sup>, se identificó que el *mercurio metálico* es la sustancia química que la mayoría de productores mineros emplea de forma inadecuada en el país, en alguno de los siguientes procesos:

- a) *La amalgamación*: proceso en el que se añade mercurio durante la trituración, molienda o lavado del mineral extraído;
- b) *La concentración en batea*: método en el que haciendo uso de bateas se generan movimientos rotatorios de la mezcla de oro libre y una cantidad específica de mercurio con el fin de facilitar su identificación;
- c) *El canalón*: técnica de concentración del mineral que permite de manera sencilla extraer el oro por medio de un sistema que permite realizar golpes de agua y concentrar los minerales que se encuentran mezclados con mercurio.

62 Se realizaron diferentes estrategias de aproximación al territorio con el fin de entender la dinámica de la actividad minera dentro de las cuales se resaltan: realización de encuestas a productores agropecuarios y/o mineros en zonas de influencia de la actividad minera de oro de aluvión así como la realización de talleres y entrevistas a autoridades locales y a productores mineros no regulados. Estas estrategias fueron ejecutadas en el marco del Convenio de Cooperación N.º 589 entre la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, a través del Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI) y el Ministerio de Justicia y del Derecho, Subdirección Estratégica y de Análisis.

El *mercurio metálico* en el medio ambiente genera un alto impacto sobre las fuentes hídricas; desde una perspectiva química, en los ambientes acuáticos el mercurio elemental, en razón a diversos factores altamente complejos en los cuales actúan incluso los ciclos biogeoquímicos, se transforma en mercurio orgánico, específicamente en metil y dimetilmercurio  $\text{CH}_3\text{-Hg}$  y  $(\text{CH}_3)_2\text{-Hg}$ , moléculas altamente neurotóxicas que tienen la característica de bioacumularse y biomagnificarse, inicialmente en tejidos de fauna íctica. Por lo cual, la inmersión del *mercurio metálico* puede incrementar el metilmercurio que se biomagnifica en la cadena trófica hasta en un millón de veces desde su entrada inicial al ciclo alimenticio [33].

El uso del mercurio en las comunidades próximas a las zonas de explotación de oro puede generar afectación, dado que es una sustancia química potencialmente mutagénica y teratógena; puede afectar en forma negativa el sistema inmune y reproductor de los consumidores de productos contaminados y, además, se han comprobado efectos neurotóxicos y genotóxicos, al igual que inhibe la síntesis de proteínas en los organismos. Se han reportado y documentado una serie de efectos negativos de este elemento sobre los humanos, los cuales se pueden clasificar principalmente en:

- Daños al sistema nervioso central.
- Daños a las funciones del cerebro.
- Daños al ADN y cromosomas.
- Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio y dolor de cabeza.
- Efectos negativos en la reproducción, daño en el espermatozoides, defectos de nacimientos y abortos.

En Colombia se han realizado diferentes estudios para estimar la cantidad potencial de *mercurio metálico* utilizado en la producción de oro; no obstante, estos ejercicios presentan limitaciones en la medida que se han documentado diferentes métodos de explotación y de beneficio del metal, los cuales determinan que el minero utilice discrecionalmente la cantidad de *mercurio metálico* en cada proceso. La información recopilada a partir de las entrevistas a productores mineros no regulados indica que los gramos de mercurio consumidos en la recuperación del oro de aluvión o de filón para obtener un gramo de oro, varían en un amplio rango que puede estar entre 0,5 gramos a 30 gramos de mercurio; este amplio margen de uso de esta sustancia química dificulta, considerablemente, estimar la cantidad utilizada a partir de las estadísticas disponibles. El uso de *mercurio metálico* en minería de oro aluvial se puede reducir incluso a aproximadamente 3 Hg/g de oro recuperado en el caso de explotación con minidragas, que utilizan concentración en canaletas y amalgamación en pequeños canalones o baldes y en el caso de dragones modificados y placas amalgamadoras y/o amalgamación de concentrados en pequeños canalones, con utilización de retroexcavadoras para alimentar el mineral a un sistema de clasificación por tamaños.

La estimación de la cantidad de mercurio consumido por los principales departamentos productores de oro en Colombia se realizó teniendo en cuenta todas las limitaciones del caso y en ella se ponderan los aspectos importantes que anteriormente se discutieron. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Departamento	Mercurio consumido (promedio toneladas anuales para 2013 )	Producción de oro 2013 (en toneladas)	Producción de oro 2014 (en toneladas)
Antioquia	129,2	26,5	28,1
Chocó	24,3	15,2	11,3
Cauca	16,9	4,4	4,3
Bolívar	15,7	2,2	2,7
Nariño	5,0	3,6	5,2
Córdoba	2,0	0,5	0,5

**Tabla 18.** Estimativo del consumo de mercurio en 2013 y producción de oro en Colombia en 2013 y 2014. Fuente para la cantidad de mercurio: Estudio de la cadena de mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo 3. Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía 2014. Para la producción de oro Sistema de Información Minero Colombiano. Consultado en <http://www.simco.gov.co/simco/Estadísticas/Producción/tabid/121/Default.aspx>.

En el anterior cálculo, de acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía es posible observar que en Antioquia, una de las zonas del país con mayor actividad minera, en 2013 se consumieron 129,2 toneladas de las 193,1 toneladas calculadas para el país de mercurio y, por lo tanto, es el departamento más afectado por los efectos nocivos del mercurio en la salud de los seres vivos y en el ecosistema. Por último, para tener una correlación entre el oro producido y el mercurio utilizado por departamento, en la siguiente tabla se presenta una relación del uso de mercurio por gramo de oro producido en 2013 y estimativo del consumo de mercurio para 2014.

Sin embargo, es importante anotar que en el país se está trabajando en el diseño de mecanismos que permitan regular, o eliminar, el uso del mercurio, es así como el 15 de julio de 2013, se expide la Ley 1658, donde entre otros, se fijan requisitos e incentivos para la reducción y eliminación del mercurio, acorde con estos lineamientos este mismo año el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

construyó los lineamientos para el Plan estratégico Nacional para la reducción y eliminación del uso de mercurio en minería artesanal y de pequeña escala - MAAPE [34].

Por su parte, Antioquia ha propuesto un proyecto de ordenanza que busca controlar la importación, comercialización y uso del mercurio en todo el departamento de Antioquia. De acuerdo con la Gobernación de Antioquia, este departamento consume de 100 a 120 toneladas de mercurio anualmente [35]. El proyecto, que fue radicado el 1 de junio de 2017, tiene como propósito prohibir el uso del mercurio en el departamento en actividades de minería, estableciendo controles de legalidad a los que utilicen esta sustancia química para actividades industriales. De ser aprobada esta iniciativa, las personas naturales o jurídicas que utilicen el mercurio en el departamento, lo tendrán que declarar ante la Secretaría Seccional de Salud y ante Rentas Departamentales [36].

Departamento	Relación gramo de oro producido por gramo de mercurio consumido (promedio en kilogramos anuales para 2013 )	Mercurio consumido (promedio kilogramos anuales para 2014
Antioquia	4,88	137.207,38
Chocó	1,60	18.141,94
Cauca	3,80	16.394,49
Bolívar	7,02	19.267,73
Nariño	1,40	7.280,75
Córdoba	3,99	1.982,32

**Tabla 19.** Relación de uso de mercurio por gramo de oro producido en 2013 y estimativo del consumo de mercurio para 2014. Fuente para la cantidad de mercurio: Estudio de la cadena de mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo 3. Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía 2014. Para la producción de oro Sistema de Información Minero Colombiano [37].





# SECCIÓN IV

ANEXOS  
METODOLÓGICOS

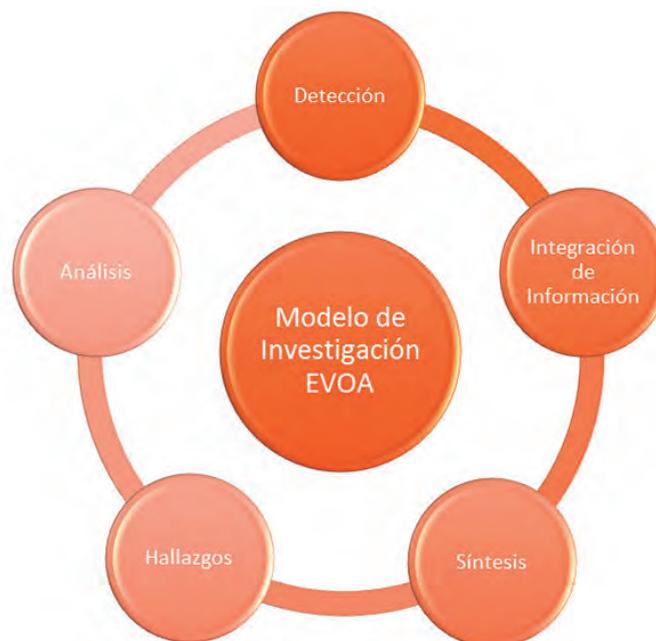


# ANEXO 1 METODOLOGÍA INTERPRETACIÓN EVIDENCIAS DE EXPLOTACIÓN DE ORO DE ALUVIÓN CON USO DE MAQUINARIA EN TIERRA

Para caracterizar el fenómeno de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra se implementó un modelo de investigación que incluye: detección, integración de información, síntesis, hallazgos y análisis.

Este modelo parte de la detección de las EVOA a partir de imágenes de sensores remotos y con la

aplicación de una clave de interpretación diseñada para tal efecto. Posteriormente, esta información (EVOAS interpretadas) se integra con información secundaria (de fuentes oficiales) en un marco de investigación. Los datos obtenidos son procesados y cuantificados (síntesis) dando lugar a los principales hallazgos que finalmente serán objeto de análisis.



**Ilustración 8.** Modelo de Investigación EVOA.

Este modelo confiere a los resultados obtenidos el carácter de censo por cuanto cumple con las siguientes premisas: i) enumeración, la detección de las EVOA se hace de forma individual y visual, siguiendo criterios definidos y estructurados de acuerdo con una clave de interpretación; ii) universalidad, se enfoca en la totalidad del universo de estudio (EVOA con uso de maquinaria en tierra)

en todo el territorio colombiano, ii) simultaneidad o periodo de referencia definido, con base en la temporalidad de las EVOAS, “Evidencia duradera<sup>63</sup>”, tiene un periodo de referencia para la captura de información (enero 2016 a mayo 2017).

<sup>63</sup> Las evidencias generadas por las actividades de explotación se consideran permanentes en el tiempo debido al deterioro de la capa vegetal y del suelo.

## Percepción remota

Uno de los aportes de mayor relevancia de la percepción remota<sup>64</sup> es su capacidad para monitorear procesos dinámicos. La información adquirida por las imágenes de satélite constituye una fuente importante y valiosa para estudiar los cambios que se producen en la superficie terrestre, ya sea debido a factores naturales o por acción humana. Las características orbitales de los satélites de observación terrestre permiten adquirir imágenes periódicas de cualquier lugar, en condiciones comparables de observación lo que resulta idóneo para estudiar la dinámica y tendencias de expansión de fenómenos de interés.

Algunas ventajas específicas del uso de imágenes de satélite como fuente de información sobre los recursos naturales y del ambiente son: i) el cubrimiento de escenas permite obtener una visión sinóptica de grandes áreas de la superficie terrestre, lo que posibilita una mejor comprensión de la organización espacial; ii) la periodicidad de tomas permite el seguimiento y monitoreo de procesos dinámicos, con esta característica es posible realizar análisis de tipo espacial y temporal mediante la comparación entre dos o más imágenes de un mismo lugar en diferentes fechas (análisis multitemporal); iii) la capacidad de captura de datos en diferentes rangos de longitud de onda facilita la identificación y discriminación de las coberturas analizadas en la imagen y permiten acceder a información que nuestra visión no capta, tal como las bandas del infrarrojo; iv) rápida actualización de la información por la periodicidad de las tomas (resolución temporal); v) cubrimiento territorial, que permite accesibilidad a datos en zonas aisladas, por lo que hace que sean menos costosas por unidad de superficie que las fotografías aéreas o la información tomada en el terreno [38]; vi) disponibilidad de imágenes de varios sistemas de teledetección de forma gratuita.

Las técnicas de procesamiento digital de imágenes facilitan la aplicación de las bases teóricas y algorítmicas mediante las cuales puede extraerse información del mundo real a partir de la imagen analizada. Esta explotación de información puede hacerse a través de la interpretación visual y la clasificación digital. Las diferencias entre las dos técnicas se fundamentan en la metodología. La interpretación visual se realiza con base en el conocimiento previo del territorio observado y la

### Línea Base Nacional:

Se procesaron e interpretaron 58 Path Row (grilla de Landsat) que cubren todo el territorio nacional (1.142.000 km<sup>2</sup>) a excepción de las islas de San Andrés y Providencia. Se descargaron 274 imágenes Landsat 8 (LDCM) con fechas entre enero de 2016 y mayo de 2017.

aplicación de técnicas de identificación a partir de las características pictórico-morfológicas de la imagen. De otra parte, la clasificación digital se basa en los niveles digitales (ND), que permiten agrupar valores iguales de visualización en escalas de gris.

La metodología para la detección de evidencias de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra se fundamenta en la interpretación visual de imágenes satelitales y cubre las siguientes etapas:

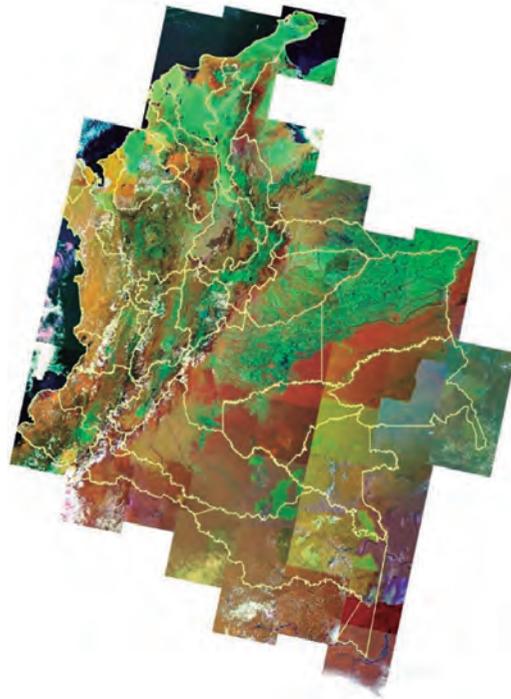
- **Selección y adquisición de imágenes satelitales**

La cobertura EVOA se obtuvo con la interpretación de imágenes de resolución media del sistema de teledetección Landsat<sup>65</sup> ya que habían sido usadas anteriormente para la identificación de cultivos de coca y su dinámica. En ese sentido se obtuvo optimización y eficiencia en el uso de recursos. Estas imágenes, ampliamente conocidas y utilizadas para el monitoreo de las áreas sembradas con coca desde 2001, presentan condiciones adecuadas de periodicidad, disponibilidad, cobertura, resolución espectral y gratuidad, las cuales representan una herramienta valiosa para la realización de estudios de la dinámica de los recursos naturales, facilitando la sostenibilidad de los monitoreos implementados.

Para la actualización de la línea base nacional de EVOA con uso de maquinaria en tierra se tomó una ventana temporal aproximada de un año y medio (2016- 2017). Los datos obtenidos no tienen ajustes por áreas sin información o temporalidad.

<sup>64</sup> La percepción remota comúnmente es definida como el proceso de adquisición de información a distancia, sin que exista contacto físico entre la fuente de información (objeto) y el receptor de la misma (sensor), por esta razón es llamada también "teledetección" (Tele = lejos; teledetección = detectar de lejos) [70].

<sup>65</sup> La constelación de satélites LANDSAT (LAND = tierra y SAT = satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (Earth Resources Technology Satellites), fue la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Su mantenimiento y operación está a cargo de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

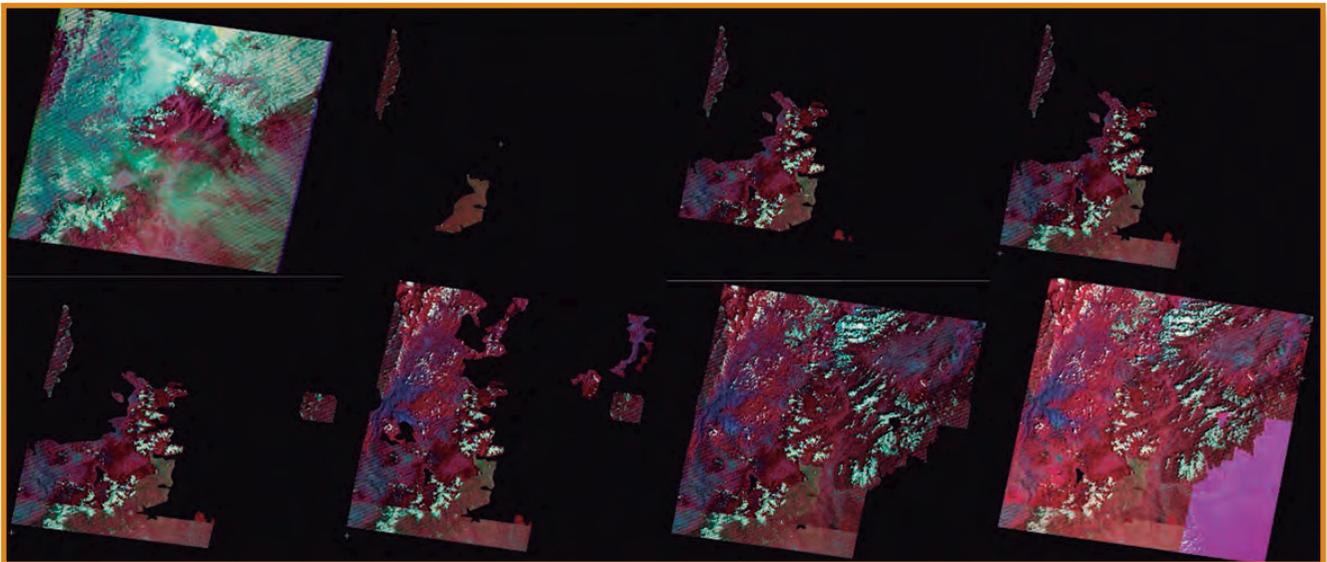


**Ilustración 9.** Cobertura de imágenes de satélite Landsat 8 usadas para la interpretación de EVOA. Composición RGB 5, 6, 4.

### Minimización de áreas sin información

La posición estratégica del territorio colombiano en la zona tropical favorece la condensación y por ende, la formación de nubes, lo que implica pérdida de información capturada por el satélite. Para reducir estas áreas sin información y en función de la temporalidad de la evidencia, se realizó una

búsqueda permanente de las imágenes disponibles en los portales de descarga<sup>66</sup> y se construyeron mosaicos a partir de imágenes de la misma zona con fechas entre enero de 2016 y mayo de 2017. En total se descargaron y procesaron 274 imágenes Landsat 8 (LDCM) que cubren 58 Path Row de todo el país, reduciendo el área sin información a solo el 2% de todo el territorio afectado por EVOA en el 2016.

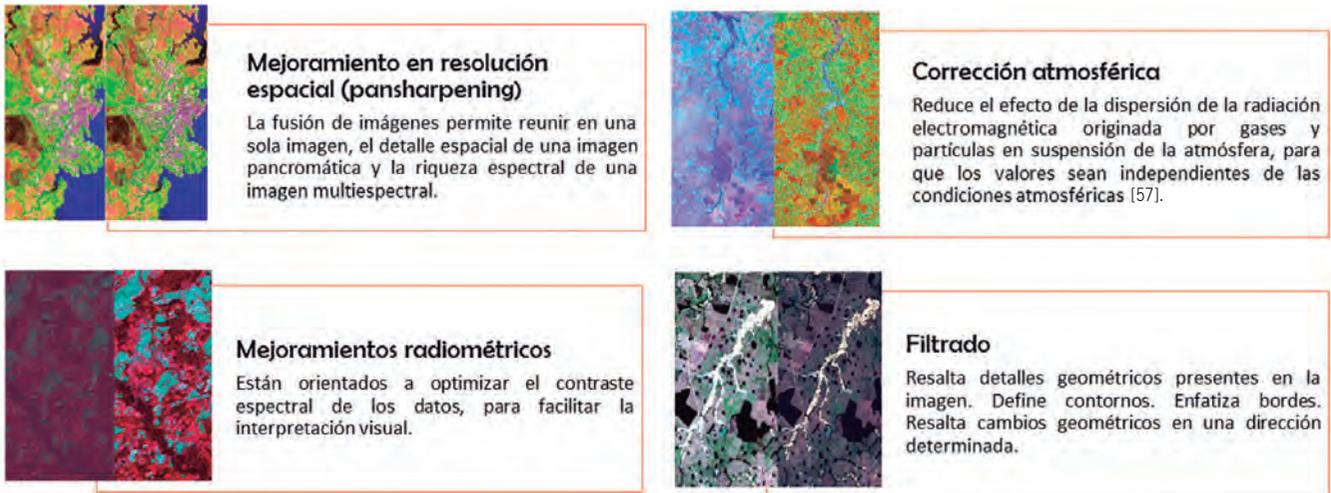


**Ilustración 10.** Ejemplo de minimización de áreas sin información.

a	b	c	d
e	f	g	h

A partir de una imagen Landsat 7 ETM+ (a) y mediante la selección y adición de información disponible en otras imágenes Landsat (c, d, e, f, g y h) se obtiene una imagen final.

<sup>66</sup> Portales para descargar imágenes Landsat: <http://glcfapp.glcfc.umd.edu/>, <http://earthexplorer.usgs.gov/>, <http://glovis.usgs.gov/>



**Ilustración 11.** Técnicas de preprocesamiento de imágenes.

• **Preprocesamiento de imágenes**

El preprocesamiento de imágenes agrupa una serie de técnicas orientadas a: i) corregir o remover efectos en la imagen por errores del sensor o por factores ambientales, ii) realzar el contraste para facilitar la interpretación, iii) incrementar la resolución espacial para mejorar la delimitación y detección de objetos.

Las técnicas utilizadas para el procesamiento inicial de las imágenes seleccionadas se resumen en la siguiente ilustración:

**Co-registro**

El proyecto ha adoptado el Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS 84) como marco de referencia espacial, este sistema tiene el mismo elipsoide que el utilizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para Colombia, lo que permitirá que los datos de UNODC/SIMCI puedan vincularse con otro tipo de información geográfica producida oficialmente en el país. La interpretación del área EVOA se realiza en su totalidad con imágenes Landsat 8 OLI que se reciben en este sistema de proyección.

Para facilitar la labor de interpretación se construyó un mosaico para todo el país que se define como la base de georreferenciación de cada una de las imágenes. A partir de una operación de co-registro se garantiza que cada imagen que se descarga se ajusta pixel a pixel, asegurando que no exista desplazamiento, rotación o distorsión. En consecuencia, cada imagen empleada como insumo dentro del proyecto se encuentra referenciada espacialmente de la misma manera a esta matriz base, lo que mejora la comparabilidad temporal para los diferentes análisis.

95% de los puntos detectados en sobrevuelos de verificación fueron identificados mediante la metodología planteada y cubren un área de 17.000 ha, 20% de evidencias para el 2016.

• **Interpretación visual de EVOA con uso de maquinaria en tierra**

La explotación aurífera que se lleva a cabo en terrazas aluviales comprende las siguientes etapas: preparación y acceso a la zona, operación, beneficio o transformación del mineral; transporte del material y abandono de la mina (estas dos últimas actividades no se abordan en el presente estudio) [39], [40], [41]. Mayor información en [1].

Esta línea metodológica se realizó usando como insumo base la detección de EVOA en 2014, sobrevuelos de reconocimiento y documentación fotográfica.

En el proceso de interpretación se tienen en cuenta aquellas características presentes en la imagen que sirven de evidencia para la identificación de objetos y su diferenciación [42]. Algunos autores las definen como características pictórico-morfológicas e incluyen el análisis de forma, tamaño, tono, color, patrón, textura y posición geográfica [43].

La interpretación visual de EVOA se realiza mediante barrido sistemático de las imágenes con énfasis en la red hídrica y paisajes aluviales.

La identificación se lleva a cabo mediante delimitación de los polígonos que circunscriben estas áreas, los cuales son digitalizados en pantalla con ayuda de herramientas manuales (bitmaps<sup>67</sup>) y semiautomáticas del software (semilleo o agrupación automática de píxeles).

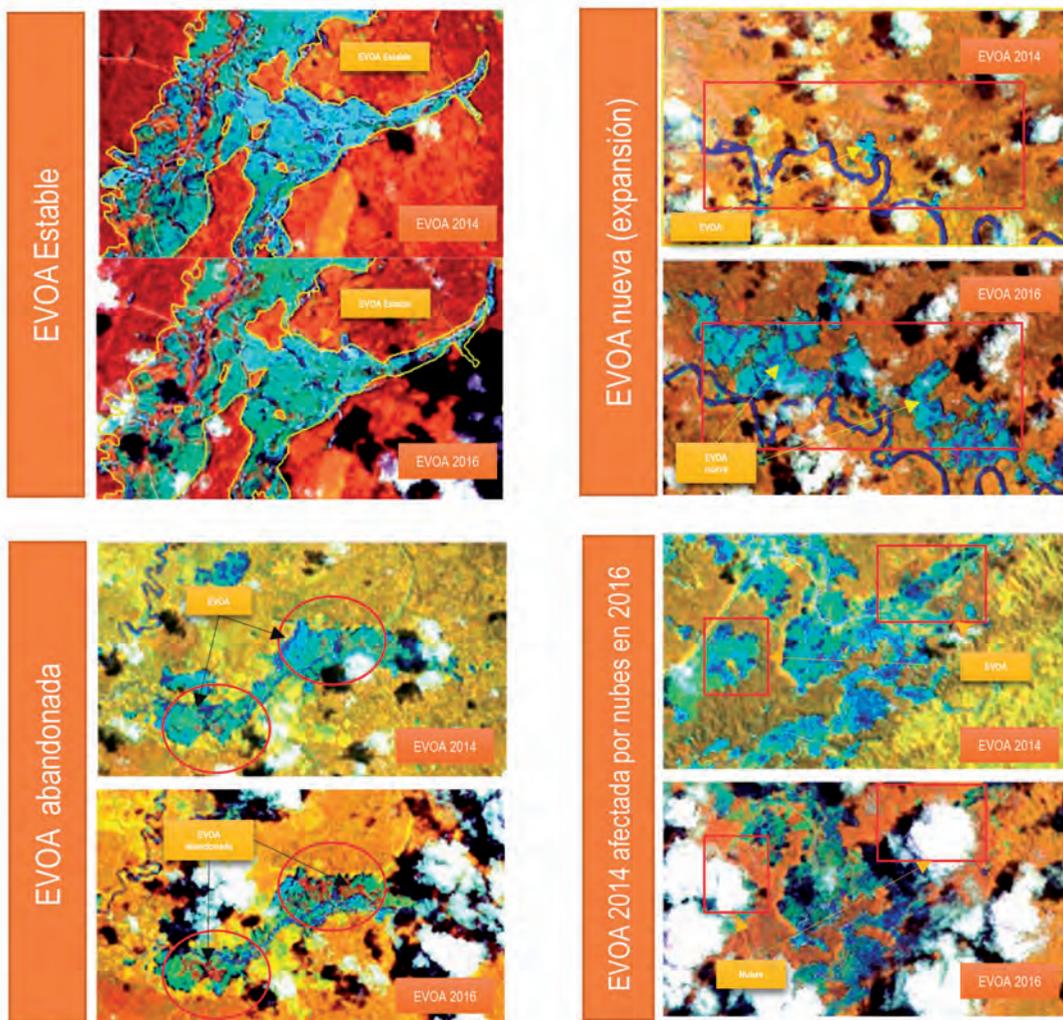
Para la actualización de la cobertura EVOA en el 2016 se usó como insumo base, la detección realizada en el 2014 (EVOA 2014) y con la interpretación visual de las imágenes seleccionadas 2016, se identificaron los cambios en las áreas afectadas en cuatro categorías:

I) EVOA estable: área afectada por EVOA en 2014 e identificada nuevamente en el 2016.

II) EVOA nueva: área afectada por EVOA en 2016 que no estaba presente en 2014. Puede ser consecuencia de la expansión o nuevos frentes de explotación.

III) EVOA abandonada: área afectada por EVOA en 2014 que cambió de cobertura en el 2016.

IV) EVOA 2014 afectada por nubes en 2016: área afectada por EVOA en 2014 que no pudo ser identificada por presencia de nubes en el 2016, a pesar de la minimización de las áreas sin información. El estudio reporta que 2.150 ha de EVOA 2014, no pudieron ser interpretadas por cobertura de nubes en el periodo de estudio.



**Ilustración 12.** Categorías interpretadas en la línea base nacional EVOA 2016. Imagen Landsat 1056 RGB 5, 6, 4.

<sup>67</sup> Un mapa de bits o Bitmap actúa como una capa gráfica que puede ser utilizada para crear máscaras de regiones en las imágenes para diversos propósitos.

- **Reconocimiento aéreo**

Una vez se ha terminado la etapa de interpretación de EVOA, la metodología contempla sobrevuelos de verificación. Este reconocimiento se basa en la inspección visual del terreno de zonas afectadas por el fenómeno desde una aeronave. Los sobrevuelos cuentan con registro fotográfico y de información vectorial de este fenómeno, desde el año 2012. Con los hallazgos encontrados en los sobrevuelos la interpretación de las EVOA es ajustada si así se requiere.

- **Control de calidad**

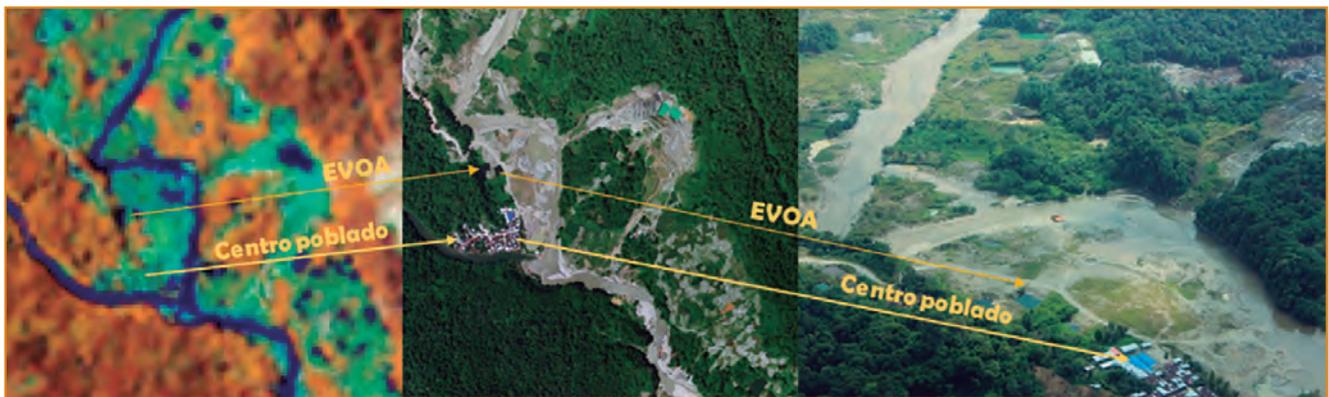
Finalmente y transversal a todas las etapas se realiza el control de calidad de procesos. El control de calidad busca garantizar la estandarización de los procedimientos, de manera que los datos generados cumplan los estándares de calidad, exactitud y comparabilidad requeridos por el Gobierno de Colombia y los usuarios de la información. En general, este control de calidad está basado en evaluaciones específicas de las diferentes actividades involucradas en la detección de EVOA, especialmente en los procesos de interpretación. La calidad se controla en:

- **Selección de imágenes y cubrimiento:** el área sin información se reduce al mínimo posible utilizando varias imágenes de la misma zona y conformando mosaicos. Se obtienen imágenes de la totalidad del territorio en estudio.

- **Interpretación:** para evaluar este parámetro inicialmente se realiza una validación de los datos entre intérpretes en diferentes zonas. Posteriormente, se realiza una confrontación de la información obtenida por medio de verificación de campo en sobrevuelos, información secundaria y validación con imágenes de alta resolución de la galería de imágenes del mundo (World Imagery) que provee el servicio de mapas de Esri<sup>68</sup>.

La galería de Esri proporciona imágenes satelitales de alta resolución de GeoEye<sup>69</sup>, IKONOS<sup>70</sup>, QuickBird<sup>71</sup> y WorldView<sup>72</sup> que pueden ser visualizadas con la herramienta Add Basemap de ArcGis.

Estas imágenes son utilizadas únicamente como apoyo a la interpretación, debido a que en muchas zonas del país solo se dispone de imágenes anteriores al 2010. Sin embargo, brindan un buen punto de comparación.



**Ilustración 13.** Comparación imagen de satélite (Landsat 8 1058 RGB 564) (izquierda) - imagen de alta resolución GeoEye - 1 (centro) y fotografía tradicional (derecha) tomada en sobrevuelo de reconocimiento SIMCI. Municipio de Timbiquí, sector Coteje, Cauca.

68 Esri (Environmental Systems Research Institute) es una empresa fundada por Jack Dangermond en 1969 que en sus inicios se dedicaba a trabajos de consultoría del territorio. Actualmente desarrolla y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica y es una de las compañías líderes en el sector a nivel mundial.

69 GeoEye es un satélite comercial lanzado el 6 de septiembre de 2008. Este satélite puede capturar imágenes pancromáticas de 0,41 m e imágenes multispectrales de 1,65 m.

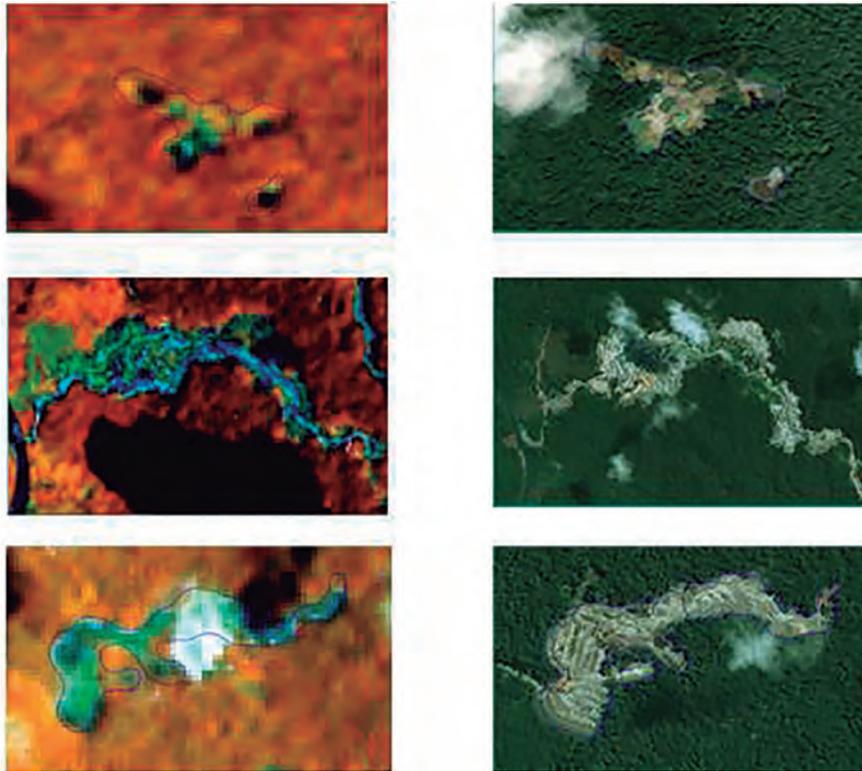
70 IKONOS es un satélite comercial de teledetección de DigitalGlobe. Fue el primero en recoger imágenes con disponibilidad pública de alta resolución con un rango entre 1 y 4 metros de resolución espacial. Su lanzamiento fue el 24 de septiembre de 1999.

71 QuickBird es un satélite comercial perteneciente a la compañía DigitalGlobe. Se lanzó desde la base de la fuerza aérea estadounidense en Vandenberg, California, el 18 de octubre de 2001. El sistema recogía datos pancromáticos de 61 centímetros y estereoscópicos multispectrales de 2,5 metros. La última imagen adquirida fue el 17 de diciembre de 2014; el 27 de enero de 2015 QuickBird reentró a la atmósfera terrestre [87].

72 WorldView 1, 2 y 3 son satélites ópticos de muy alta resolución que pertenecen a la compañía DigitalGlobe. Operan desde el 2007 (WorldView-1).

Las imágenes de alta resolución permiten mejorar la delimitación de las áreas con evidencias y despejar casos de confusión espectral<sup>73</sup> con otras coberturas

presentes en la zona como caseríos, suelos desnudos u otro tipo de explotación de minerales.



**Ilustración 14.** Ejemplos de control de calidad de la interpretación con imágenes de alta resolución. Imagen Landsat 8 1056 RGB 5, 6, 4 (izquierda) versus imagen de alta resolución QuickBird (derecha). Municipio de Nóvita, Chocó. Sectores Chicha Bay y El Barrancón. Fuente: Galería World Imagery de Esri.

La detección de EVOA mediante herramientas de interpretación se fundamenta en las características pictoricomorfológicas que definen el comportamiento espectral de la evidencia. Sin embargo, por sí solo este comportamiento espectral no garantiza la confiabilidad de la interpretación, por cuanto otras coberturas o elementos sobre el paisaje presentan un comportamiento espectral similar que genera traslape.

En este sentido, la metodología incluye en esta etapa, el uso de una clave de interpretación<sup>74</sup> desarrollada para tal efecto por SIMCI, en aras de minimizar y resolver aquellos casos que puedan presentar confusión espectral.

### Clave de interpretación para detección de EVOA

De acuerdo con lo anterior, la identificación de evidencias de explotación de oro de aluvión a cielo abierto con uso de maquinaria en tierra (EVOA)

mediante percepción remota se vale de una clave de interpretación, para este caso un árbol de decisión para interpretar aquellas zonas del territorio que están o estuvieron afectadas por esta actividad y que son detectables en imágenes satelitales. El uso de esta permite diferenciar de manera objetiva coberturas diferentes que pueden generar confusión al observar las imágenes satelitales debido al traslape de la respuesta espectral, estas coberturas se denominan factores de confusión.

En el esquema general de la clave de interpretación se establecen dos momentos: identificación de factores de confusión y estructuración de la clave.

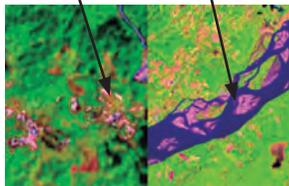
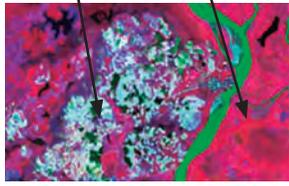
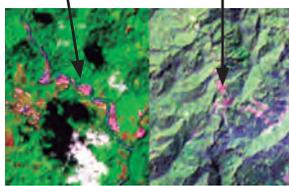
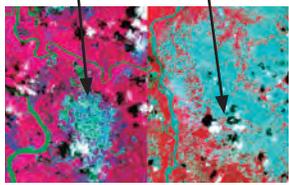
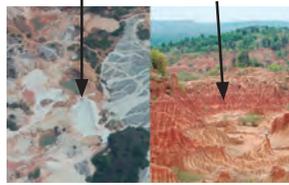
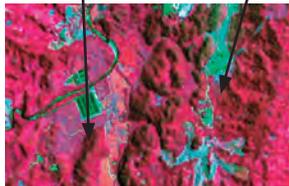
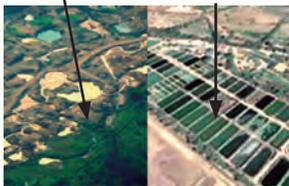
<sup>73</sup> Una descripción más detallada de estos casos está disponible en el apartado "Clave de Interpretación".

<sup>74</sup> Herramienta basada en la característica o combinación de características de un elemento particular que permite su identificación a partir de su forma, tamaño, color, textura, etc. [52]. La utilización de estas herramientas garantiza la reducción del margen de subjetividad al momento de interpretar de imágenes provenientes de sensores remotos.

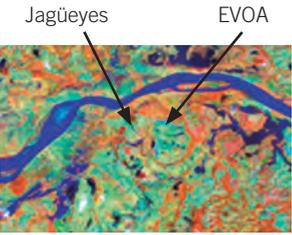
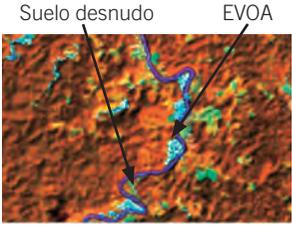
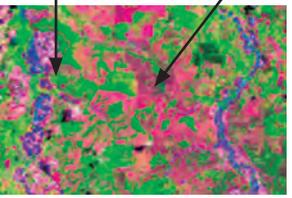
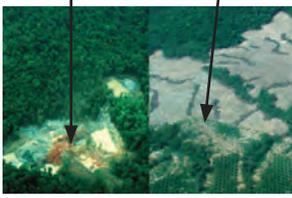
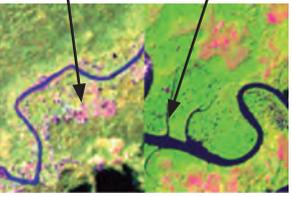
**Factores de confusión**

Son las salidas resultantes del árbol de decisión distintas a EVOA y presentan características pictoricomorfológicas similares a la EVOA en la imagen satelital, lo que puede generar decisiones erróneas cuando se clasifican las coberturas

interpretadas sin una guía definida. Por esta razón, se establecen las diferencias sustanciales entre estos factores de confusión y las EVOA con el fin de generar la decisión correcta en la clave de interpretación:

Cobertura	Factor de confusión	Diferencias	Imagen satelital	Fotografía
Bancos de arena	Presentan tonalidades brillantes y colores iguales a EVOA, formas irregulares y se encuentran sobre el curso de los ríos.	Texturas finas y ausencia de objetos oscuros en su interior (lagunas de beneficio).	<p>EVOA Banco de arena</p>  <p>Landsat 8 RGB-654</p>	<p>Banco de arena EVOA</p>  <p>Sobrevuelo SIMCI</p>
Centros poblados, caseríos	Presentan tonalidades brillantes y colores similares a EVOA, formas irregulares en algunos casos, texturas gruesas.	Patronamiento interno geométrico que conforma la red vial.	<p>EVOA Centro poblado</p>  <p>Landsat 8 RGB-547</p>	<p>Centro poblado EVOA</p>  <p>Sobrevuelo SIMCI</p>
Derrumbes	Presentan tonalidades brillantes y colores similares a EVOA, texturas medias y gruesas.	Ausencia de objetos oscuros en su interior (lagunas de beneficio), se presentan en zonas de alta pendiente (aunque la erosión puede llegar hasta las terrazas).	<p>EVOA Derrumbe</p>  <p>Landsat 8 RGB-654</p>	<p>EVOA Derrumbe</p>  <p>Sobrevuelo SIMCI</p>
Eriales <sup>75</sup>	Presentan tonalidades brillantes y colores similares a EVOA, texturas finas y medias.	Ausencia de objetos oscuros al interior (lagunas de beneficio), presencia interna de pequeñas áreas con vegetación de color rojo (RGB-547), naranja (RGB-564) o verde (RGB-654).	<p>EVOA Erial</p>  <p>Landsat 8 RGB-547</p>	<p>EVOA Erial</p>  <p>Sobrevuelo SIMCI Diario El Tiempo</p>
Estanques piscícolas	Presentan grupos de objetos con tonos oscuros (estanques de agua) en medio de áreas con tonalidades brillantes y colores similares a EVOA.	Presentan una forma geométrica y un patrón de distribución uniforme, generalmente.	<p>Estanques piscícolas EVOA</p>  <p>Landsat 8 RGB-562</p>	<p>EVOA Estanques piscícolas</p>  <p>Sobrevuelo SIMCI ICA</p>

<sup>75</sup> Zonas secas sujetas a erosión eólica con vegetación incipiente de bajo desarrollo y sin uso [56], tienen un origen geológico distinto a los suelos desnudos debido a los tiempos de formación [94].

Cobertura	Factor de confusión	Diferencias	Imagen satelital	Fotografía
Jagüeyes <sup>76</sup>	Presentan grupos de objetos con tonalidades oscuras (cuerpos de agua) con un patrón irregular.	Se encuentran rodeados por lo general de vegetación herbácea de colores en la gama de los verdes en RGB-547, RGB-564 y RGB-654). Típicos en zonas de sabana donde predomina la actividad ganadera.	 <p>Jagüeyes EVOA</p> <p>Landsat 8 RGB-564</p>	 <p>Jagüeyes EVOA</p> <p>Sobrevuelo SIMCI</p>
Suelos desnudos	Presentan tonalidades brillantes y colores similares a EVOA.	Texturas finas y ausencia de objetos oscuros en su interior (lagunas de beneficio), en algunos casos pueden estar lejos del curso de los ríos.	 <p>Suelo desnudo EVOA</p> <p>Landsat 8 RGB-654</p>	 <p>EVOA Suelo desnudo</p> <p>Sobrevuelo SIMCI</p>
Zonas de preparación agrícola	Presentan tonalidades brillantes y colores similares a EVOA.	Polígonos con formas definidas y patrones regulares.	 <p>EVOA Preparación pastos/cultivos</p> <p>Landsat 8 RGB-654</p>	 <p>EVOA Preparación pastos/cultivos</p> <p>Sobrevuelo SIMCI</p>
Manglares <sup>77</sup>	Presentan en su interior grupos de objetos con tonalidades oscuras (espejo de agua) con un patrón irregular, textura gruesa.	Alrededor del agua hay vegetación de porte alto (rojo en RGB-547, naranja en RGB-564 y verde en RGB-654).	 <p>EVOA Manglares</p> <p>Landsat 8 RGB-654</p>	 <p>EVOA Manglares</p> <p>Sobrevuelo SIMCI Iván Gabaldón</p>

**Tabla 20.** Factores de confusión en la interpretación de EVOA.

### Estructuración de la clave

Una vez identificados los posibles factores de confusión, se definen los niveles o jerarquías en la clave. La interpretación de EVOA consta de los siguientes niveles: i) paisajes, ii) características pictoricomorfológicas, iii) información de referencia y

iv) validación, imágenes de alta resolución espacial. Por su parte, las salidas resultantes de las preguntas referidas corresponden únicamente a dos tipos de decisión: EVOA o No EVOA.

<sup>76</sup> Depresiones sobre el terreno que permiten almacenar agua proveniente de escurrimientos superficiales [62].

<sup>77</sup> Cobertura de árboles y arbustos adaptados para colonizar terrenos inundados con agua salada [65].

• Paisajes

La detección de EVOA mediante percepción remota comprende la identificación visual de algunos elementos del paisaje característicos en las zonas donde se presentan estas coberturas, de tal manera

que se facilita considerablemente el proceso de interpretación al descartar otros paisajes y se reduce el universo de exploración. A continuación se describen los elementos de paisaje contemplados:

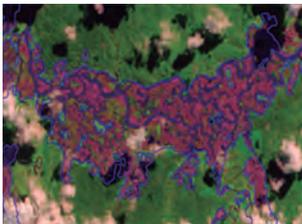
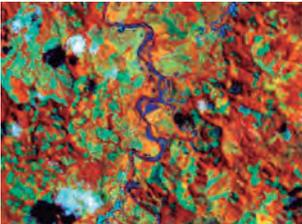
Paisaje	Contenido	Vista fotografía	Vista imagen satelital
Llanuras aluviales	Corresponden a zonas planas o ligeramente planas que bordean un río y que se han formado por acumulación de materiales sedimentarios derivados de los procesos fluviales donde hay flujos en movimiento [44]. Entre los materiales sedimentarios que allí se depositan se encuentran las concentraciones gravitacionales de minerales valiosos y pesados, como el oro [45].	 Sobrevuelo SIMCI	 Landsat 8 RGB-654
Valles aluviales	Son llanuras o depresiones alargadas e inclinadas por las cuales hay corrientes hídricas, que llegan bien sea hacia el océano o hacia otros ríos de mayor jerarquía. Se caracterizan por situarse en medio de montañas u otras formaciones de mayor altura [44]. En las terrazas más próximas a los ríos se depositan materiales sedimentarios, entre los cuales se encuentran las concentraciones gravitacionales de minerales valiosos y pesados, entre ellos el oro [45].	 Sobrevuelo SIMCI	 Landsat 8 RGB-564

Tabla 21. Paisajes de influencia de las EVOA.

• Características pictoricomorfológicas

También conocidos como elementos de interpretación, permiten interpretar un objeto en una imagen debido al comportamiento particular de la EVOA en términos de forma, tamaño, brillo, color, textura y patrón. La integración de estas características hace posible que la EVOA sea diferenciada de otras coberturas, en virtud de la transformación de las coberturas originales en las llanuras y valles aluviales (remoción de la capa vegetal, excavación del suelo y establecimiento de lagunas de beneficio), la cual deja una evidencia determinada en la superficie terrestre por varios años y establece una aproximación para la detección de la EVOA.

En algunos casos, un mismo elemento de interpretación puede variar respecto a la EVOA en función de la región del país donde se encuentre, de

la intensidad de la actividad y de la etapa en la que se encuentre la explotación.

• Información de referencia

Una de las condiciones esenciales del árbol de decisión es la información geográfica disponible acerca de la explotación de oro de aluvión. Existen dos tipos de información de referencia empleada en el proceso de detección de EVOA: información primaria e información secundaria.

SIMCI dispone información referente a tres procesos de registro de datos sobre el fenómeno de explotación de oro de aluvión a cielo abierto: i) evidencia específica del fenómeno a través de sobrevuelos de verificación desde 2011, ii) línea base de EVOA nacional 2014 y iii) dinámica espacial de coberturas en torno a EVOA en la región Pacífico para los periodos 2001-2006-2011-2014.

Por su parte, existe información generada por otras fuentes (Agencia Nacional Minera, Ministerio de Minas y Energía, Ejército Nacional) la cual contiene datos georreferenciados del Censo Minero, de figuras de ley para explotación de oro de aluvión y de operaciones de la fuerza pública contra la minería ilegal.

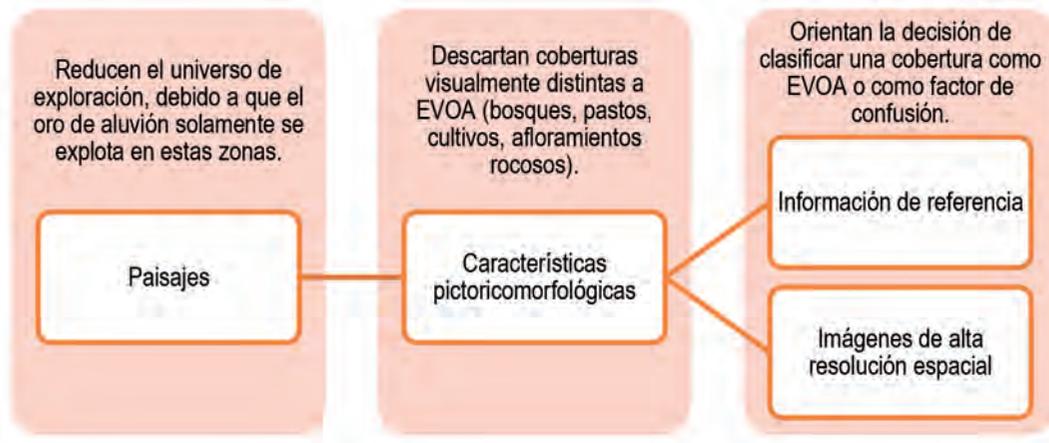
- **Validación, imágenes de alta resolución espacial**

Existen algunos casos en los que es necesario acudir a la consulta de imágenes de alta resolución espacial para tomar la decisión de clasificar una zona donde se tienen dudas acerca de la presencia de EVOA o no, dado que, aun siguiendo las condiciones iniciales del árbol de decisión (paisajes, características pictoricomorfológicas e información de referencia), no es posible llegar a una respuesta con seguridad. Generalmente esto sucede con i) caseríos muy pequeños localizados al margen de los ríos donde no existe una red vial por lo que su identificación en las imágenes se dificulta, ii) con algunas zonas de derrumbes en los valles aluviales, o iii) con explotaciones de otros minerales distintos al oro que presentan una dinámica similar.

### Árbol de decisión para la interpretación de EVOA

La integración estructurada de la información previamente mencionada define las entradas, condiciones y salidas resultantes de la clave de interpretación, según los enunciados excluyentes para la identificación de EVOA y su discriminación de las coberturas similares. Para esto, es necesario generar un diagrama de flujo que oriente la toma de decisiones siguiendo el orden de criterios establecidos en la clave, de esta manera el proceso de interpretación y clasificación, además de facilitarse, es objetivo.

Inicialmente se establece un diagrama de flujo guía con la secuencia lógica de los aspectos que se van a tener en cuenta en el proceso de interpretación de EVOA, en el cual se determinan los resultados parciales en cada nivel de participación. Con esto, la interpretación avanza de lo general a lo particular hasta llegar a un resultado concluyente que clasifica una cobertura como EVOA y la diferencia de los factores de confusión.



**Ilustración 15.** Diagrama de flujo para la construcción de clave de interpretación EVOA.

A continuación se presenta el resultado final del proceso de integración que suministra la herramienta

para la detección de EVOA mediante percepción remota:



## ANEXO 2

# METODOLOGÍA DETECCIÓN DE ALTERACIÓN DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN MEDIANTE ÍNDICES ESPECTRALES

La metodología de detección de alteraciones de sedimentos en suspensión fue desarrollada en el marco del convenio 589 de 2015, entre el Ministerio de Justicia y del Derecho y la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito - UNODC. En este convenio se llevó a cabo una aproximación metodológica para la detección de explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en agua a partir de evidencias de percepción remota. Esta metodología fue validada mediante un estudio piloto en el río Inírida, en el sector comprendido entre las comunidades “El Zancudo” y “Morroco”, en el departamento de Guainía. El modelo está basado en la identificación de cambios en el comportamiento natural de los sedimentos en ríos que se pueden medir a través de cambios en los índices espectrales y que se pueden asociar con actividades de explotación de oro de aluvión. Para la aplicación del modelo se seleccionó el índice MNDWI (Modification for normalized difference water index).

Los índices espectrales se basan en la combinación algebraica de bandas en sus valores espectrales corregidos y calibrados radiométricamente (reflectancias), mejorando la capacidad de interpretación de resultados; el objetivo es agrupar y minimizar las diferentes respuestas de los sensores en un único valor por píxel, que pueda relacionarse con éxito con un fenómeno a investigar [90].

El modelo inicia con el establecimiento de la línea base de comportamiento natural espectral, es decir, sin afectación por actividades de explotación, sigue con la aplicación de índices espectrales para detección de alteración en los sedimentos suspendidos, para la identificación de la dinámica de cambios y finaliza con la validación de los datos.

La detección de la evidencia generada por la explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en agua, se aborda a partir de la identificación de alteración en los sedimentos suspendidos, a través de herramientas de percepción remota con el uso de álgebra de bandas (índices espectrales). El modelo involucra cuatro etapas:

- i) Identificación del marco general de la zona.
- ii) Construcción de la línea de base para el río en la que se garantiza el comportamiento espectral “natural”, es decir, sin intervención de actividades de explotación.
- iii) Detección de cambios en el comportamiento natural mediante análisis de índices espectrales.
- iv) Validación de los hallazgos mediante información secundaria, elementos de asociación de la detección de la alteración de sedimentos.

Por otra parte, el modelo aborda la detección teniendo en cuenta las siguientes premisas para garantizar la comparabilidad:

- Comparabilidad espacial, aplicación de técnica corrección geométrica, co-registro de las imágenes y muestreo sistemático de puntos.
- Comparabilidad espectral, empleo de herramientas de corrección atmosférica.

El modelo de detección de evidencias de explotación por uso de maquinaria en agua, basado en índices espectrales, está orientado a la identificación de “hot spots” o puntos activos de alteración de sedimentos en suspensión. Esto quiere decir que identifica zonas en el cuerpo hídrico que tienen actividad de explotación mediante el uso de maquinaria en agua, al momento de la toma de la imagen satelital.

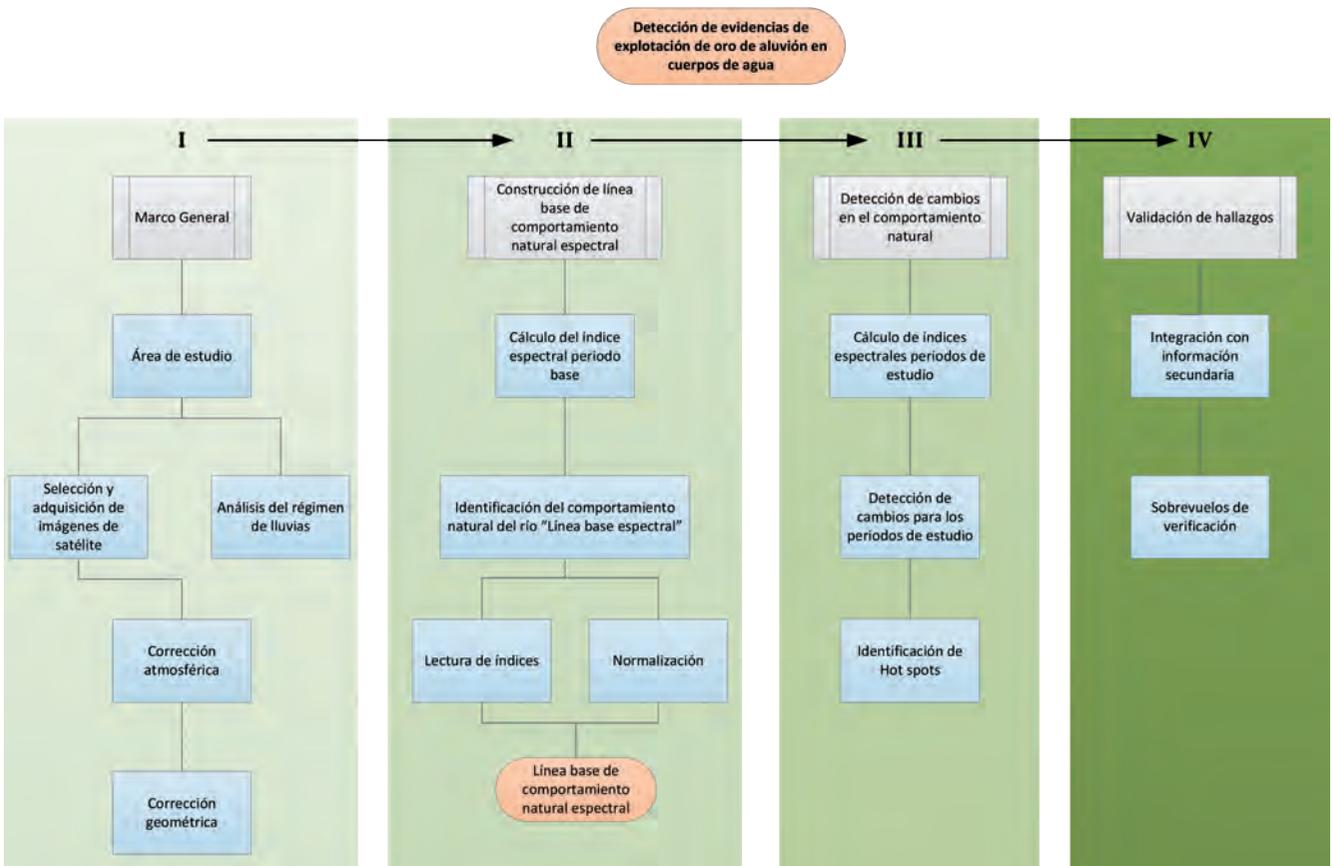
- Comparabilidad en función del caudal hídrico, ventana de tiempo correspondiente a la estación seca en función de las siguientes premisas: i) el menor caudal facilita la detección de alteraciones en los sedimentos suspendidos; ii) el periodo lluvioso representa un régimen fuerte de precipitación, lo cual conlleva un incremento en los sedimentos transportados, generados tanto por el régimen de lluvias como por otros factores inherentes a derrumbes y arrastre de material y iii) información secundaria adquirida por

instituciones presentes en la zona reporta que el mayor caudal dificulta el acceso al yacimiento por parte de la maquinaria utilizada.

Sin embargo, el modelo metodológico, permite de igual forma, la aplicación en periodo de lluvias, por cuanto la alteración de los sedimentos en estos periodos afectan el caudal hídrico de manera uniforme y los “hot spots” de sedimentos en suspensión ocasionados por la explotación pueden ser detectados por la sensibilidad del índice y por ajustes de correlación estadísticos.

**Marco general:** esta etapa aborda: i) identificación de zona de estudio, ii) selección de imágenes y iii) evaluación del régimen de lluvias [46]. En cuanto a este último se mantiene la premisa de temporada seca, para reducir el ruido en los resultados por la alteración en los sedimentos debida a factores naturales.

De acuerdo con lo anterior, se define el establecimiento de la línea base natural espectral del río, en periodo seco, para garantizar la lectura del índice sin ninguna alteración exógena ocasionada por factores externos, entre ellos derrumbes.



**Ilustración 17.** Diagrama de modelo metodológico para la detección de alteración de sedimentos en suspensión mediante índices espectrales.

De acuerdo con la escala regional del modelo metodológico y considerando la resolución temporal, espectral y espacial de las imágenes; se recomienda el uso de imágenes Landsat 5, 7 y 8 ya que cuentan con bandas homólogas que capturan información en el rango del espectro visible e infrarrojo.

Por otra parte, las bandas del infrarrojo facilitan la separación entre suelo, coberturas vegetales y cuerpos de agua, esto permite la discriminación o separación de los elementos presentes en la cubierta terrestre, en razón de las diferencias en contenidos de humedad, calor o temperatura [38]. La combinación mediante índices espectrales de estos grupos de bandas, permite realzar y suministrar información sobre una cobertura específica, de esta manera es posible obtener de forma objetiva y precisa información cuantitativa del objeto de estudio.

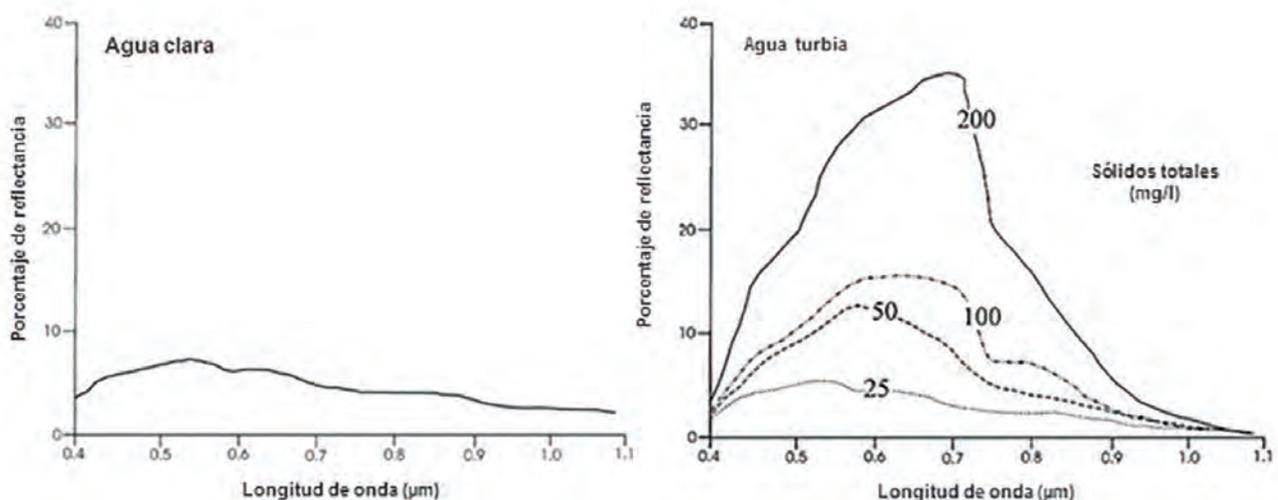
### Construcción de línea base de comportamiento natural espectral

La metodología hace énfasis en el establecimiento de una línea base de sedimentos en suspensión normales en el cuerpo de agua, que permita la comparabilidad en el tiempo para detección de cambios. Es de destacar que los cuerpos de agua en las imágenes satelitales están entre los elementos que mejor explican las propiedades ópticas de reflectancia, transmitancia y absorción; el agua absorbe o transmite la mayor parte de la radiación

visible que recibe y su absorptividad<sup>78</sup> es mayor cuanto mayor sea la longitud de onda. La mayor reflectividad<sup>79</sup> del agua clara se produce en el rango del espectro electromagnético que comprende desde 0,45 hasta 0,52  $\mu\text{m}$ , en el cual se reduce su valor paulatinamente hacia el infrarrojo cercano, donde ya es prácticamente nulo. La reflectividad se ve afectada por factores como el contenido de clorofila, sedimentos en suspensión, rugosidad superficial y profundidad [47].

La siguiente ilustración presenta una comparación entre el comportamiento de la reflectividad en agua clara (sin turbidez) y agua turbia afectada por sedimentos suspendidos, donde se observa que a mayor cantidad de sólidos en suspensión hay mayor reflectividad [48].

La construcción de la línea base para el río, establece el comportamiento espectral “natural”, es decir, sin afectación por actividades de explotación de oro. De esta manera, garantiza que los resultados de la comparación con los índices en diferentes periodos de tiempo se relacionen con alteraciones de los sedimentos en suspensión. La validación de las curvas espectrales obtenidas, se realiza mediante un análisis de congruencia con respecto a información secundaria<sup>80</sup> y cualitativa, relativa a la presencia de la actividad en la región durante los periodos en estudio.



**Ilustración 18.** Comportamiento espectral del agua (Fuente: Aligarh Muslim University).

78 En el proceso de teledetección, relación entre el flujo incidente y el que absorbe una superficie.

79 En el proceso de teledetección, relación entre el flujo incidente y reflejado en una superficie.

80 Información proveniente de las FF.MM y de Policía de Colombia, documentos descriptivos de la dinámica histórica de la actividad minera en las zonas de estudio e información proveniente de las diferentes entidades del Estado colombiano.

## Detección de cambios en el comportamiento “natural” espectral del río

Una vez identificado el rango del comportamiento natural espectral del río en estudio, la metodología permite evaluar en diferentes periodos de tiempo la dinámica de los elementos en suspensión, mediante la lectura del índice y su comparación con la línea base de comportamiento natural espectral. En esta etapa la metodología hace énfasis en el análisis de posibles fuentes externas que impliquen alteración en los resultados. En este sentido, previo a la identificación de los “hot spots” de alteración de sedimentos en suspensión, se realiza un análisis con información de coberturas e información secundaria proveniente de comunidades, que permita descartar falsos “hot spots”, entre estos, derrumbes, avalanchas, talas recientes en las riberas y procesos erosivos activos. Una vez descartadas las alteraciones externas se identifica la dinámica espectral.

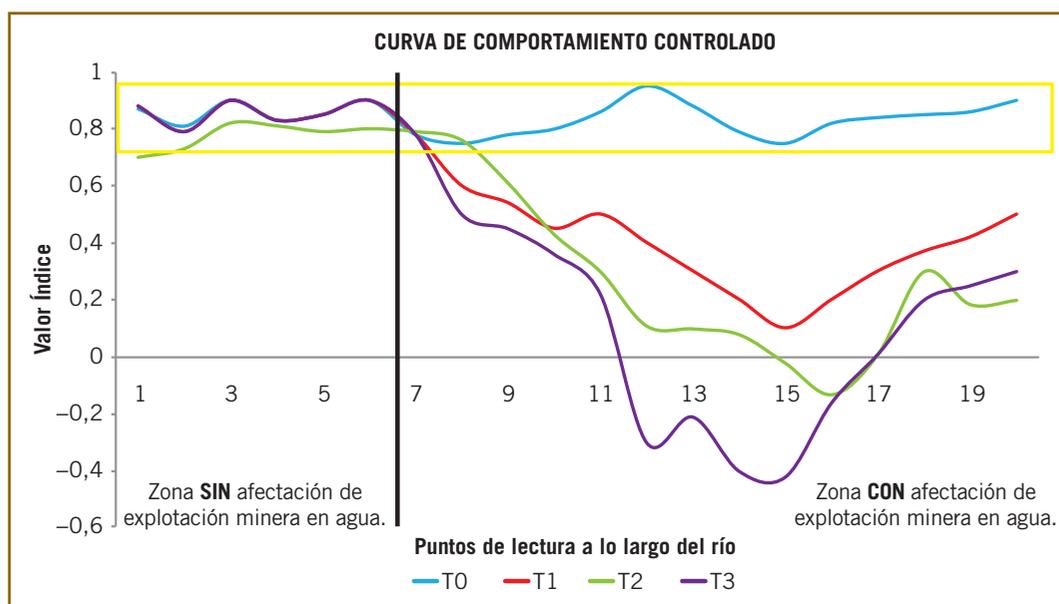
En la siguiente ilustración, se observa, en color azul, la curva de comportamiento espectral esperada en un periodo con comportamiento natural, sin alteración por la actividad de explotación; las otras curvas reflejan el comportamiento del índice en diferentes periodos de tiempo con actividades de explotación. El eje horizontal representa los puntos<sup>81</sup> para lectura del índice tomados sobre la imagen satelital a lo largo del tramo del río en estudio. El eje vertical representa el valor del índice.

Tal como se observa, la curva de comportamiento espectral genera una alerta en dos dimensiones i) en tiempo, cuando aparece la alerta y ii) espacio en que sitio geográfico. Las alertas se consolidan cuando el valor del índice se ubica por debajo del rango de comportamiento espectral (recuadro amarillo).

## Validación de los hallazgos mediante información secundaria, elementos de asociación y sobrevuelos de verificación

Como parte de la validación de los hallazgos, se realizan cruces espaciales, mediante correspondencia espacial con información secundaria proveniente de instituciones oficiales<sup>82</sup> y talleres con comunidades sobre lugares de exploración y explotación, donde se corroboran o validan los hallazgos obtenidos por la aplicación metodológica. Hasta el momento se han realizado dos estudios caso, con validación de hallazgos exitosa, una en río Sipí - Chocó, año 2013 y otro en Río Inírida - Guainía, año 2014.

Finalmente, vale la pena resaltar que la corroboración de los hallazgos no siempre se registra por la detección de la maquinaria en flagrancia, sino por elementos de asociación que permiten inferir con certeza su relación con la actividad de explotación (balsas escondidas en caños aledaños, contenedores de sustancias utilizadas para el beneficio, planchones base para el soporte de la maquinaria en el agua etc.).



**Gráfico 19.** Curvas esperadas de afectación, valores cercanos a 1,0 indican aguas claras, sin alteración en los sedimentos.

81 Los puntos de lectura se generan teniendo en cuenta todas las áreas con información en los periodos de análisis.

82 Operaciones de control e interdicción de Fuerzas Militares y de Policía.

## ANEXO 3

# MARCO DE ÁREAS MODELO DE MONITOREO PARA FENÓMENOS DE ILEGALIDAD EN EL TERRITORIO

Desde 2001, el SIMCI ha obtenido información primaria sobre la presencia de cultivos de coca en el territorio. A partir de 2012, mediante sobrevuelos de verificación, se identificaron congruencias geográficas en algunas zonas del territorio, con presencia de dos actividades de ilegalidad, cultivos de coca y explotación de oro de aluvión con uso de maquinaria en tierra.

La información de EVOA, desde el 2014, al igual que los datos de cultivos de coca, se ha recolectado con metodologías similares basadas en percepción remota que facilitan la comparabilidad y seguimiento en el territorio. De esta manera se hace viable la integración de información de ambos fenómenos, lo que permite analizar tendencias y determinar posibles relaciones entre las actividades.

Actualmente, el proyecto cuenta con una base de datos de información primaria estructurada de ambos fenómenos, así como con información concerniente a otros fenómenos de ilegalidad como la suministrada por la Dirección para la Acción Integral contra Minas Antipersonal (DAICMA) actualmente Descontamina Colombia, referente a minas antipersonal; por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible relativa a deforestación y por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en cuanto a límites administrativos.

La base para poner la información geográfica del SIMCI (cultivos de coca y EVOA) así como de otras fuentes, es el marco de áreas. Este marco consta de una serie de polígonos (grillas cuadradas de 5 km y 1 km) que no están directamente relacionadas con los cambios en el territorio, es decir, el cambio en los límites administrativos o la creación de nuevas entidades territoriales no altera los resultados obtenidos en el marco, por lo cual, se pueden realizar análisis espacio-temporales de forma eficiente y sencilla.

Al incorporar los datos de otras fuentes de información al marco de áreas y al mismo tiempo la de límites administrativos y las zonas de manejo especial, es posible la creación de tablas y reportes dinámicos útiles para el análisis y verificación de la congruencia de los datos y los análisis espaciales, al mismo tiempo se cuenta con la información de las unidades territoriales de importancia para el Gobierno nacional como municipio y departamento.

Por otro lado, se tiene conocimiento de que las investigaciones y trabajos de otros sectores son creados en escala municipal; unidad mínima territorial oficial definida para la toma de decisiones<sup>83</sup>. Finalmente, el marco de áreas ofrece un universo de muestreo con posibilidad de incorporar criterios probabilísticos útiles para investigaciones basadas en muestreos.

Este capítulo presenta los procesos técnicos realizados al integrar las informaciones al marco de áreas, con el fin de que un usuario pueda definir el alcance y limitaciones del marco de áreas. Como se ha mencionado, al usar una figura geométrica (grilla) para la representación del territorio colombiano es necesario tener en cuenta algunas consideraciones.

La información integrada al marco se puede dividir en tres grupos; el primero, relacionado con la presencia de actividades ilegales en los territorios (información primaria y secundaria), el segundo con la información oficial de entidades territoriales y límites administrativos, y el tercero, con análisis espaciales desarrollados utilizando el marco de áreas.

<sup>83</sup> Para citar unos casos, los reportes de producción de la transformación de hoja de coca a clorhidrato de cocaína, análisis multi-temporales de coberturas, índice de amenaza por presencia de cultivos de coca (SIMCI), incautaciones de drogas y sustancias químicas (Mindefensa), deforestación (Minambiente) se encuentran en esta escala.

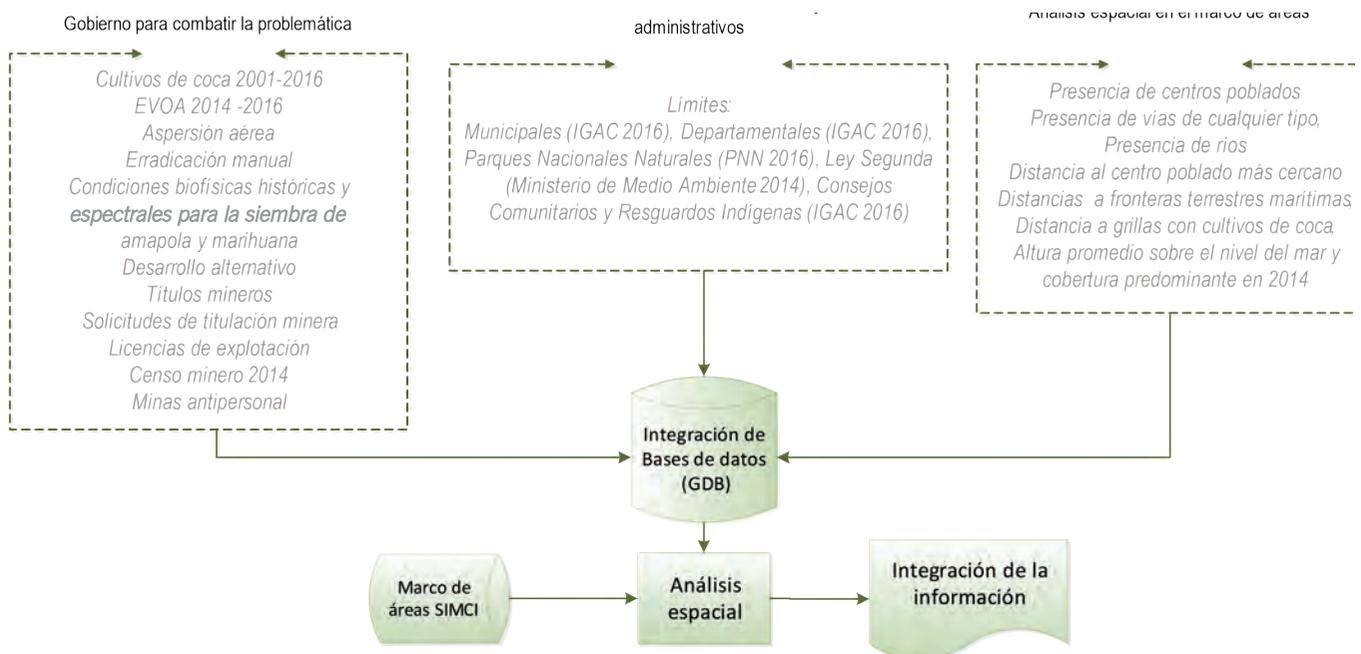


Ilustración 19. Integración al marco de áreas.

### Presencia de actividades ilegales.

En este grupo de información se clasifican los datos no solo de la presencia de actividades ilegales en el territorio sino también la información secundaria relacionada con el tema, por ejemplo, los datos de las acciones realizadas por parte del gobierno de Colombia para hacer frente a la problemática, o zonas legalmente constituidas que se reportan por parte de la institución encargada para realizar actividades como explotación de oro.

En primer lugar, se cuenta con datos de cultivos ilícitos como: hectáreas sembradas con cultivos de coca, periodo 2001-2016, hectáreas de erradicación manual de cultivos ilícitos, hectáreas de operaciones de aspersión aérea con glifosato, territorios con condiciones biofísicas, históricas y espectrales favorables para la siembra de amapola o marihuana y territorios intervenidos por los programas de desarrollo alternativo.

En segundo lugar se cuenta con información relacionada con EVOA, para este caso EVOA 2014 y EVOA 2016, dinámica de las evidencias 2014-2016 y figuras de ley para la explotación.

Por último, información de minas antipersonal donde se cuenta con datos de: frecuencia de eventos MAP/MUSE<sup>84</sup>, amenaza por presencias de minas antipersonal, vulnerabilidad asociadas a la circulación de personas en los territorios y riesgo por presencia de minas antipersonal.

- **Cultivos de coca**

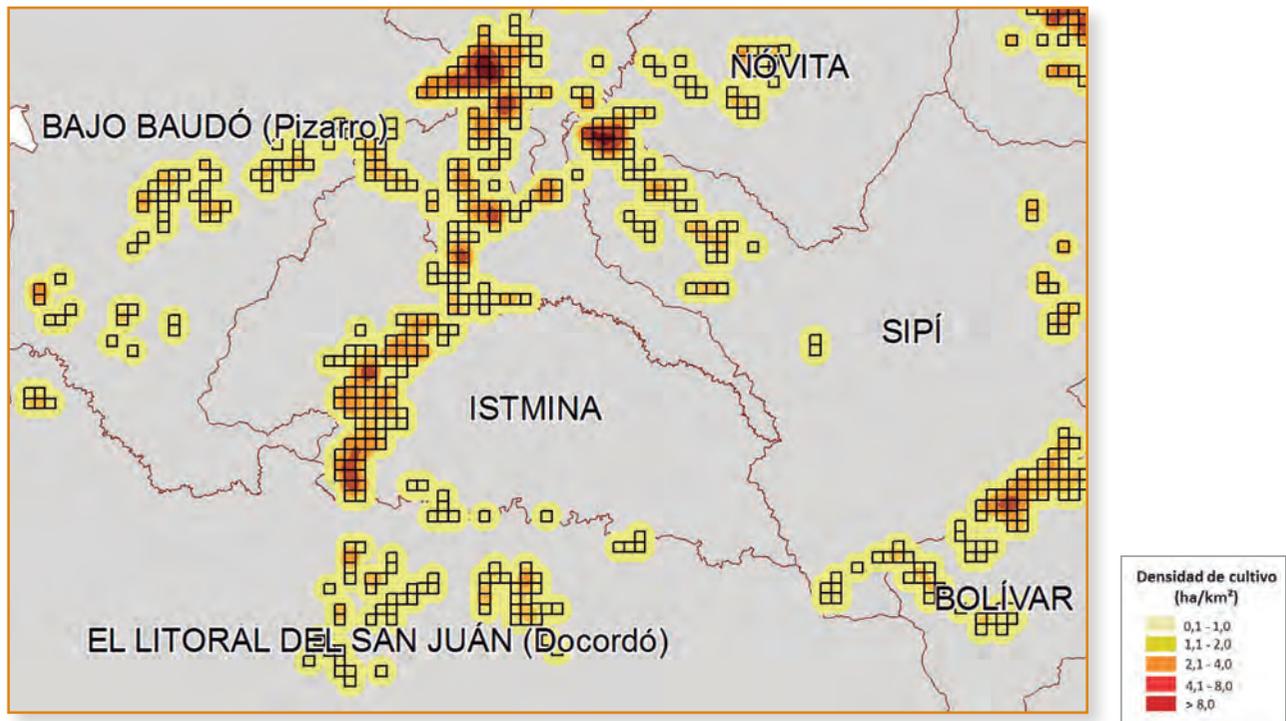
El área de cultivos de coca para cada grilla corresponde a un procedimiento geográfico y estadístico mediante el cual se calcula la cantidad de hectáreas sembradas de coca a fecha de 31 de diciembre de cada año. Este proceso incluye ajustes por temporalidad; por acciones de interdicción, como erradicación manual; por áreas sin información y tendencia de la grilla. El marco de áreas tiene la serie histórica 2001-2016.

- **EVOA**

El procedimiento utilizado para determinar el área de EVOA por grilla inicia con una intersección entre los polígonos de EVOA interpretados en las imágenes de satélite y las grillas; posteriormente se calcula el área de cada polígono resultante y se establece para cada grilla la cantidad de EVOA que le corresponde.

El identificador de grilla (grilla1 kf) facilita el seguimiento de cada unidad, sin tener en cuenta atributos como municipio o departamento. El dato final de EVOA para cada municipio corresponde a la sumatoria de las áreas de cada grilla.

<sup>84</sup> Minas antipersona / Municiones sin explotar.



**Ilustración 20.** Densidad de cultivos de coca en el marco de grillas.

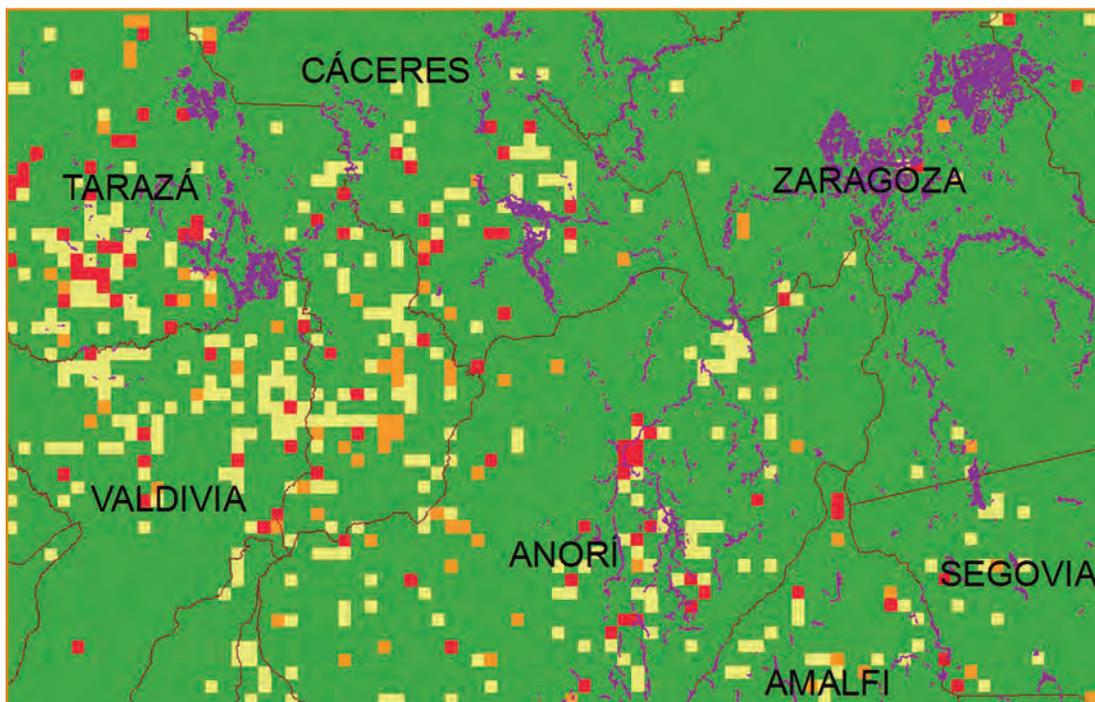


**Ilustración 21.** Asignación de las áreas interpretadas de EVOA por intersección con grillas.

- **Eventos de minas antipersona y municiones sin explotar (MAP/MUSE)**

El proceso de integrar los datos de MAP/MUSE en la base de grillas comienza con la intersección entre los eventos para cada año y las grillas cuadradas de 1 kilómetro; posteriormente, se calcula la frecuencia de ocurrencia para cada grilla, este cálculo permite determinar cuántos y qué tipo de eventos se

presentaron por año en cada grilla. Como referencia a 2017, se cuenta con información disponible de MAP/MUSE a fecha de corte a 31 de diciembre de 2015. El procedimiento mencionado se debe realizar cada año, pues los eventos de minas antipersona pueden cambiar su tipología; por lo cual, el dato para las grillas varía respecto a la fecha de corte.



- Grillas tipología 1: accidentes<sup>85</sup> en los últimos 6 años.
- Grillas tipología 2: no presentan reportes de accidentes por MAP/MUSE en los últimos 6 años (2010-2015). Cuentan con registro de accidentes en años anteriores a 2010.
- Grillas tipología 3: no existe reporte o registro de accidentes por MAP/MUSE. Se han presentado incidentes<sup>86</sup>.
- Grillas tipología 4: no existen reportes históricos de eventos por MAP/MUSE.
- EVOA 2016

**Ilustración 22.** Información del DAICMA en el marco de áreas.

### Información oficial de entidades territoriales y límites administrativos

Aunque los análisis y cálculos de áreas se realizan mediante las grillas de un kilómetro cuadrado, es necesario generar datos a escala municipal, departamental, nacional y por otro tipo de entidades administrativas de interés. Para cumplir con este objetivo, al marco de áreas se integró la información de límites<sup>87</sup>: municipales (IGAC 2016), departamentales (IGAC 2016), Parques Nacionales Naturales (PNN 2016), Ley Segunda (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2014), Consejos Comunitarios y Resguardos Indígenas (IGAC 2016).

Esta información se actualiza según la disponibilidad de los datos de cada institución.

- **Límites administrativos municipales y departamentales**

Durante 2017, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi entregó los límites administrativos municipales actualizados a 2016. La asignación de los límites administrativos y otras entidades territoriales se realizó mediante un cruce entre las coordenadas del centro de la grilla y el polígono de límite administrativo.

Este procedimiento se ejecutó en 2010, cuando se creó la grilla.

<sup>85</sup> Según el Glosario Nacional de Términos para la Acción Integral contra Minas Antipersonal-AICMA, por “accidente” se entiende un acontecimiento indeseado causado por minas antipersonal o municiones sin explotar que causa daño físico y/o psicológico a una o más personas [108].

<sup>86</sup> Según el Glosario Nacional de Términos para la AICMA, por incidente se entiende un acontecimiento relacionado con minas antipersonal o municiones sin explotar, que puede aumentar hasta un accidente o que tiene el potencial para conducir a un accidente [108].

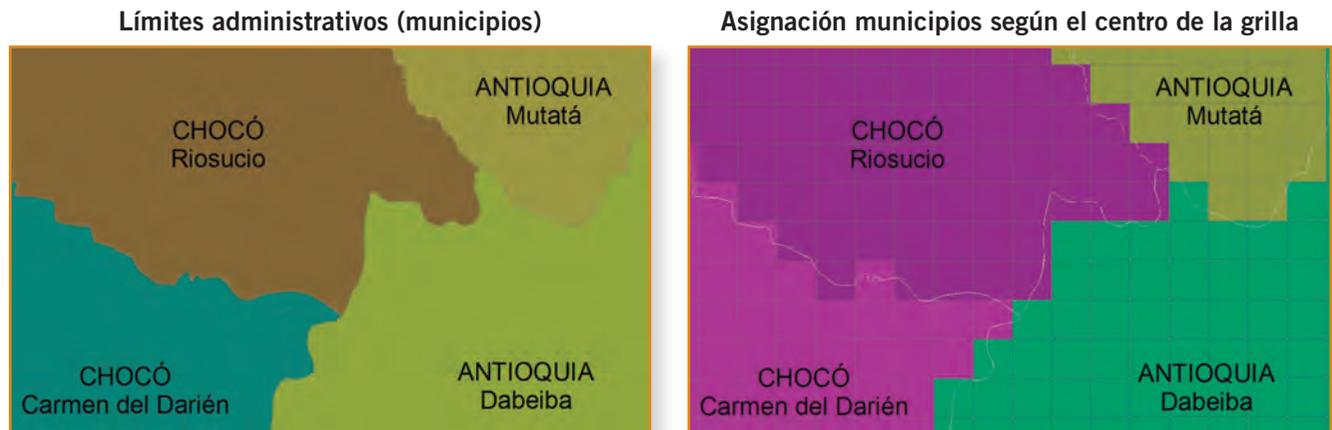
<sup>87</sup> La asignación se realiza por el centroide de la grilla.

En 2017, se realizó la actualización de los límites municipales. Al tener en cuenta los nuevos límites administrativos, los datos de EVOA 2014-2016 son comparables en un 98% en escala nacional. Para las escalas departamentales el porcentaje se mantiene en el mismo rango, a excepción de Nariño (93%) y Caldas (92%) donde se presentaron las mayores diferencias.

El territorio continental colombiano se compone de 1.190.675 grillas cuadradas de 1 km o 47.627 grillas

de 5 km. El siguiente ejemplo presenta las diferencias entre los datos originales de límites administrativo (izquierda) y el resultado en grillas (derecha). De la misma forma se incorpora la información de entidades territoriales especiales como PNN, Resguardos indígenas, Reservas Forestales de Ley Segunda y Tierras de las Comunidades Negras.

Asignación de información de los límites administrativos mediante las coordenadas del centro de la grilla (a):



**Ilustración 23.** Asignación de límites administrativos a grillas.

La principal limitación de la grilla está relacionada con la delimitación territorial; ya que existen grillas que comparten límites administrativos con dos o más entidades territoriales, denominadas grillas de borde. Para 2017, 106.632 grillas presentan esta situación respecto a los límites municipales, de estas solo 1.321 tienen EVOA en 2014 o 2016. Para la última detección de EVOA, 10.873 hectáreas se encuentran en grillas de borde, lo que corresponde a 13% del total.

### Análisis espaciales en el marco de áreas

Al tener unidades irrepetibles con geometría regular es posible realizar de forma ágil y sencilla ejercicios de análisis espacial, dado que toda la información presentada está agregada en cada una de las grillas, los análisis espaciales aplican para todas las variables. Por ejemplo, si se quiere conocer la distancia de los cultivos de coca a las fronteras terrestres, al realizar el ejercicio de análisis espacial se puede no solo conocer la relación entre cultivos de coca y fronteras sino que al mismo tiempo se cuenta con la relación de MAP/MUSE, EVOA, erradicación manual y aspersión aérea respecto a las fronteras. En esencia el marco de áreas se comporta como una base de datos geográfica,

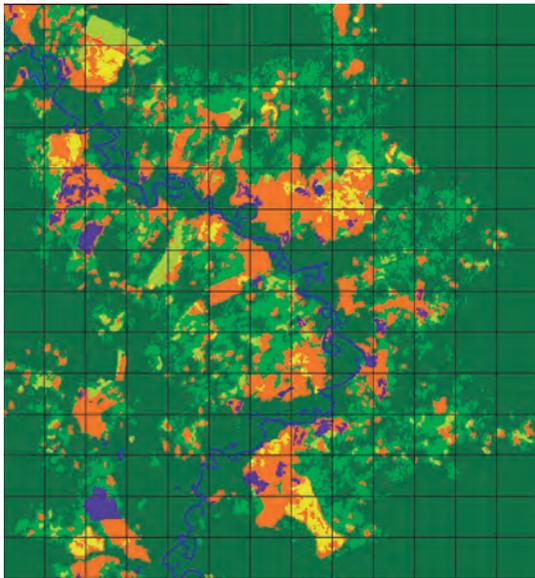
pero de fácil manejo para un usuario no experto en sistemas de información geográfica. Con esto se busca que expertos de diferentes campos utilicen la información concerniente a actividades ilegales en el territorio.

Con los datos del IGAC en escala 1:100.000 y el marco de áreas de 1 kilómetro se han realizado varios análisis espaciales, entre ellos, distancia de cultivos a centros poblados, densidad vial e hídrica. Por otro lado, ejercicios de distancias entre fronteras terrestres, fronteras marítimas y cultivos de coca entre otros.

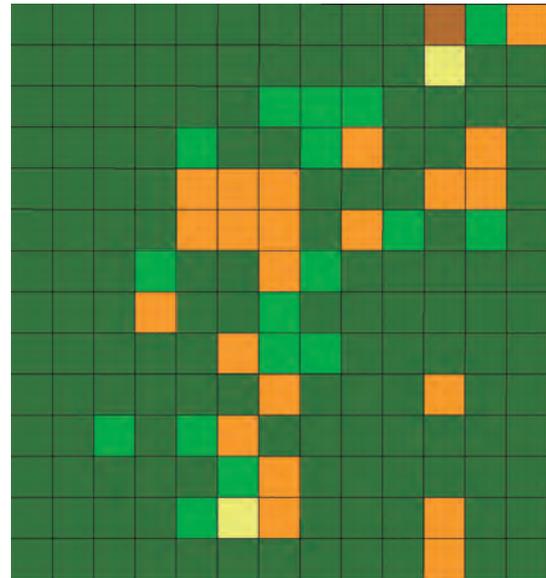
- **Coberturas de la tierra predominantes para la grilla**

Se cuenta con la serie histórica de coberturas de las zonas de influencia de los cultivos de coca 2001-2014. Para la interpretación de coberturas se definieron 18 clases de coberturas de la tierra<sup>88</sup>. Para definir qué cobertura asignar en cada grilla, se define que la clase predominante será la que defina su cobertura. La última versión de coberturas de la tierra que el SIMCI ha desarrollado corresponde al 2014.

<sup>88</sup> Para mayor información consultar: Análisis multi-temporal de cultivos de coca, SIMCI, 2001.



Coberturas de la tierra



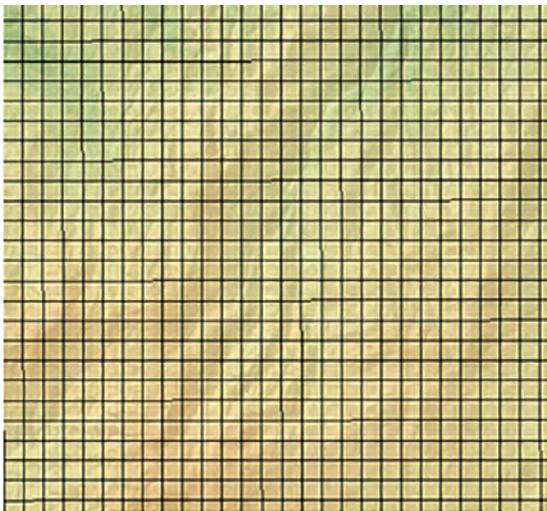
Grillas con coberturas predominantes  
anaranjado: intervenido, verde: bosque

**Ilustración 24.** Coberturas de la tierra visualizadas en el marco de áreas.

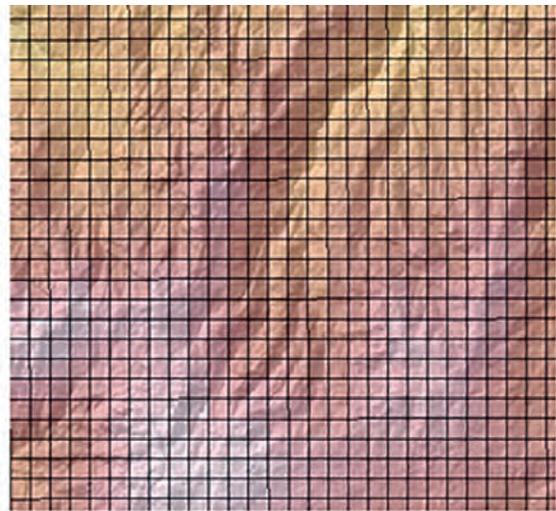
• **Altura promedio sobre el nivel del mar**

La incorporación de los datos de altura sobre el nivel del mar se basa en el modelo digital de elevación construido por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI por sus siglas en inglés) de Japón

y La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA). El Modelo GDEM V2 fue construido en 2011<sup>89</sup>. El dato resultante es el cálculo del promedio de las alturas del modelo digital de elevación por grilla.



Altura sobre el nivel del mar MDE



Altura sobre el nivel del mar promedio  
para cada grilla

**Ilustración 25.** Altura sobre el nivel del mar visualizada en el marco de grillas.

En conclusión, el marco de áreas se comporta como una entidad única con características geográficas fijas; no cambia su posición en el tiempo ni su forma, la actualización de la información presentada se puede realizar con la metodología descrita. Adicionalmente, este marco permite integrar datos

georreferenciados indiferente de la fuente de información. Esta característica facilita el monitoreo, seguimiento y evaluación de las intervenciones realizadas sobre el territorio.

<sup>89</sup> <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>

# GLOSARIO

**Análisis multitemporal.** Es una evaluación de tipo espacial que consiste en identificar no solo los cambios que presenta en sí un fenómeno en particular, sino también en relación con las coberturas terrestres por medio de observaciones o lecturas que se hacen en diferentes periodos de tiempo [49].

**Árbol de decisión.** Conjunto de condiciones organizadas en una estructura de guía jerárquica multivía, de tal manera que la decisión final para tomar se puede determinar siguiendo las condiciones que se cumplen desde la raíz del árbol hasta alguna de sus hojas [50].

**Amalgamación.** Proceso en el cual se agregan excesos a los minerales previamente clasificados (puede ser dentro de estanques de agua o en canalones), de tal manera que se aproveche la propiedad física del mercurio de ligarse fácilmente con los metales preciosos, proceso en el que se obtiene una pasta combinada (mercurio y oro) que es expuesta al fuego para liberar el mercurio en forma de vapor [51].

**Banda.** Intervalo de longitud de onda dentro del espectro electromagnético. Por extensión, se denomina banda a cada uno de los canales de adquisición de datos de un sistema sensor [38].

**Características pictoricomorfológicas.** Se refiere a aquellos elementos presentes en una imagen que sirven de evidencia para la identificación de objetos, entre ellas la forma, tamaño, sombras, tono, color, patrones espaciales, textura y asociación [43].

**Clave de interpretación.** Se refiere a la característica o combinación de características que posibilitan la identificación de un objeto particular, por ejemplo, el tamaño, la forma, el tono, el color [52].

**Cobertura terrestre.** Formada por diferentes tipos de objetos o cuerpos que se encuentran sobre la

Tierra (vegetación, suelos, agua, entre otros) que reciben la señal energética procedente de la fuente de energía y la refleja o emite de acuerdo con sus características físicas y químicas [53].

**Color.** Elemento básico de la interpretación visual de imágenes, se origina de las diferentes longitudes de onda que captan los ojos como característica de la reflectividad selectiva de las cosas. Por ejemplo: si un objeto refleja en longitudes de onda 0,5 a 0,6  $\mu\text{m}$ , entonces lo que se vea será de color verde [53].

**Composición a color.** Proceso de formación de una imagen en color mediante la composición de tres bandas, en donde a cada una de las cuales se les hace corresponder uno de los tonos primarios rojo, verde y azul [54].

**Depósitos aluviales.** Material detrítico (formado o compuesto por fragmentos) transportado por un río y depositado en sectores a lo largo de su llanura de inundación [55].

**Erial.** Zonas secas sujetas a erosión eólica con vegetación incipiente de bajo desarrollo, sin uso [56]

**Filtro.** Operador local mediante el cual se resalta o suprime, de forma selectiva, la información contenida en una imagen para destacar algunos de sus elementos, o también para ocultar valores anómalos [57].

**Forma.** Se define como “configuración externa de algo”. La forma de un determinado objeto es una clave determinante para identificarlo, ya que su contorno permite asimilarlo a alguno de los patrones que resultan familiares [38].

**Georreferenciación.** Es el procedimiento mediante el cual se dota de validez cartográfica a una imagen digital corrigiendo geoméricamente la posición de las celdas y atribuyéndoles coordenadas en algún sistema de referencia [58].

**Hot spot.** Anglicismo utilizado con frecuencia en idioma español, es un punto o zona de alta actividad dentro de un área mayor de baja actividad. El término se aplica a diferentes cosas en diferentes contextos [59].

**Imágenes de satélite.** Son productos de sensores pasivos y trabajan en el rango óptico del espectro electromagnético de 0,4  $\mu\text{m}$  a 15  $\mu\text{m}$ . El sistema de captura de información se combina con una óptica similar a la de la fotografía y un sistema de detección electrónica [57].

**Índice espectral.** Combinaciones algebraicas de dos o más bandas que sirven para realzar espectralmente determinada cobertura. El resultado de estas operaciones permite obtener una nueva imagen donde se destacan determinados píxeles relacionados con parámetros de la cobertura analizada [60].

**Interpretación.** Formalmente interpretación se define como “explicar o declarar el sentido de algo” [61]. En el contexto de la teledetección, la interpretación consiste en la utilización de técnicas, sistemas y procesos de análisis de imágenes por personal capacitado, para dar información segura y detallada acerca de los objetos naturales o artificiales contenidos en la superficie cuya imagen se analiza, y determinar los factores que implican la presencia, condición y uso de ellos [43].

**Jagüey.** Depresión sobre el terreno que permite almacenar agua proveniente de escurrimientos superficiales [62].

**LandSat.** Programa civil de información satelital. La constelación de satélites LANDSAT (LAND = tierra y SAT = satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (Earth Resources Technology Satellites), fue la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Su mantenimiento y operación está a cargo de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) [57].

**Lixiviación.** Proceso basado en la utilización de estanques con soluciones de cianuro y medios filtrantes, donde se agregan las colas de amalgamación mezcladas para facilitar que por gravedad se generen precipitados de cianuración

que posteriormente deben ser fundidos a fuego lento para finalmente separar el oro [63].

**Llanura aluvial.** Zonas planas o ligeramente planas que bordean un río que se han formado debido a la acumulación de materiales sedimentarios derivados de los procesos fluviales donde hay flujos en movimiento [44].

**Llanuras de inundación.** Las llanuras de inundación son áreas adyacentes a ríos, sujetas a inundaciones recurrentes [64].

**Manglar.** Cobertura de árboles adaptados para colonizar terrenos inundados con agua salada [65].

**Marco de áreas.** Conjunto de grillas con cubrimiento nacional con un arreglo sistemático y cartográfico de unidades geoespaciales de uno y cinco kilómetros cuadrados, construido por el proyecto SIMCI - UNODC para facilitar la continuidad geográfica del análisis espacial y estadístico de los cultivos ilícitos en Colombia [1].

**Modelo Digital de Elevación - DEM.** Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno [66].

**Multiespectral.** Imagen adquirida ópticamente en más de un espectro o intervalo de longitud de onda. Cada imagen individual es usualmente de la misma área física y escala pero de una diferente banda espectral [67].

**Nivel digital.** Valor numérico discreto que traduce la intensidad radiométrica recibida por un sensor electro-óptico. Se le conoce también como nivel de gris, luminancia, número digital, valor de píxel, etc. [68].

**Pancromática.** Imagen colectada dentro del amplio rango de longitudes de onda visibles pero producida en blanco y negro. El término ha sido históricamente referido a la emulsión fotográfica en blanco y negro sensible a todos los colores visibles, aunque no necesariamente de forma uniforme [67].

**Pan-Sharpning.** Es el acrónimo para “Panchromatic sharpening” proceso en el cual se emplea una imagen pancromática de alta resolución para ajustar una imagen multispectral incrementando su resolución espacial [1].

**Patrimonio de la Humanidad o Patrimonio Mundial.** Es el título conferido por la Unesco a sitios específicos (sean bosque, montaña, lago, cueva, desierto,

edificación, complejo arquitectónico, ruta cultural, paisaje cultural o ciudad) que cumplen una función de hitos en el planeta, de símbolos de la toma de conciencia de los Estados y de los pueblos acerca del sentido de esos lugares y emblemas de su apego a la propiedad colectiva, así como de la transmisión de ese patrimonio a las generaciones futuras. Estos sitios han sido propuestos y confirmados para su inclusión en *La Lista del Patrimonio Mundial* [69].

**Patrón.** Arreglo espacial de un conjunto o asociación de objetos similares, así como la repetición sistemática de formas. Tiene en cuenta la organización espacial particular de los objetos de una cobertura [53].

**Patronamiento.** Término usado en teledetección para relacionar el comportamiento de un objeto en la imagen (características pictoricomorfológicas) con la realidad del terreno [1].

**Percepción remota (teledetección).** Esta ciencia hace alusión al “proceso de adquisición de información a distancia, sin que exista contacto físico entre la fuente de información (objeto) y el receptor de la misma (sensor)” [70].

**Procesamiento Digital de Imágenes de Satélite.** Disciplina que desarrolla las bases teóricas y algorítmicas mediante las cuales puede extraerse información del mundo real, de manera automática, a partir de una imagen observada. Tal información puede relacionarse con el reconocimiento de objetos, descripciones tridimensionales, posición y orientación de los mismos o la medición de cualquier propiedad espacial tal como la distancia entre dos puntos bien definidos o la sección transversal del objeto [43].

**Proyección cartográfica.** Sistema de representación gráfico que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa), para esto utiliza transformaciones matemáticas [38].

**Radiancia.** Es la cantidad de energía radiada desde un objeto en la unidad de tiempo por cada unidad de ángulo sólido y de unidad de superficie del objeto perpendicular a la dirección de propagación [38].

**Raster.** Forma de tratamiento y representación espacial de las entidades mediante la disposición de celdas o píxeles en forma de matriz numérica de niveles digitales [38].

**Reflectancia.** Medida de la capacidad de una superficie para reflejar energía electromagnética

en una determinada longitud de onda. Es la razón existente entre el flujo reflejado y el incidente sobre dicha superficie. Aplicado al espectro visible, suele hablarse de albedo [38].

**Resolución espacial.** Este término designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen [57]. En otras palabras, es la distancia que corresponde a la unidad mínima de información incluida en la imagen (píxel). Así, a menor tamaño del píxel mayor será la resolución espacial, lo que implica que el sensor obtendrá más detalle de los objetos.

**Resolución espectral.** Indica el número y ancho de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor [71]. Entre más bandas del espectro discrimine un sistema sensor, mayor será su resolución espectral. Esta particularidad facilita la identificación de ciertas características en una imagen, ya que discrimina información dependiendo de la longitud de onda entre el visible y el infrarrojo, lo que permite determinar firmas espectrales de las coberturas terrestres [38].

**Resolución radiométrica.** Se refiere a la capacidad del sensor para detectar las variaciones de luz o de radiación traducidas en niveles de gris. De esta manera, se puede concluir que entre más bits, más tonos de gris equivalentes a una mayor resolución radiométrica. Esta característica permite que haya el suficiente contraste en las imágenes, haciendo más fácil la discriminación de patrones [57].

**Resolución temporal.** Se refiere a la periodicidad con la que el sensor adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre. Este ciclo está en función de las características orbitales de la plataforma (la altura, la velocidad, el ángulo, la hora de captura, la inclinación), así como el diseño del sensor [57].

**Respuesta espectral.** También definida como firma espectral o signatura espectral, es la expresión de un objeto de la superficie terrestre que permite reconocerlo en una imagen satelital de acuerdo con sus características propias que configuran su interacción con la energía electromagnética y sus longitudes de onda [38].

**Shapefile.** Formato de representación vectorial desarrollado por ESRI (Environmental Systems Research Institute). Consta de un número variable de archivos, en los que se almacena digitalmente

la localización de los elementos geográficos (archivo shape \*.shp) junto con sus atributos o características (tabla dBase \*.dbf) [23].

**SIMCI.** Proyecto enmarcado en el Programa Mundial de Monitoreo de Cultivos Ilícitos establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas cuyo objetivo principal es determinar la extensión de los cultivos de coca en el territorio colombiano mediante imágenes de satélite y verificación de campo [72].

**Sistema de referencia.** Conjunto de convenciones y conceptos adecuadamente modelados que permiten definir la orientación, ubicación y escala de tres ejes coordenados (x, y, z) [58].

#### **Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

En su sentido más amplio, un SIG es un grupo de procedimientos utilizados para almacenar y manipular datos referenciados geográficamente, ya sea en forma manual o basada en computador [73].

#### **Sistema de Referencia Mundial (Worldwide Reference System - WRS).**

Es un sistema global de numeración que permite al usuario obtener la ubicación de una imagen satelital obtenida por los satélites Landsat de cualquier parte del planeta especificando el par ordenado de la escena (imagen) que está definido por el PATH (órbita aproximada del satélite) y ROW (centro nominal de la escena o imagen) [38].

**Tamaño.** El tamaño de un objeto es uno de los más útiles indicios que llevan a su identificación. Por la medida de un objeto, el intérprete puede eliminar de su consideración gran parte de las posibilidades de confusión [43].

**Textura.** La textura de una imagen está referida al contraste espacial entre los distintos elementos presentes en la imagen y procede de la relación entre el tamaño de los objetos y la resolución del sensor. Se relaciona con la aparente rugosidad o suavidad de una región de la imagen [43].

**Territorio afectado.** Grillas cuadradas del marco de áreas de 1 km, que presentan EVOA de acuerdo con la metodología establecida basada en percepción remota [1].

**Tono.** Se define como los grados de variación de gris que existe entre el negro y el blanco [50]. Esta característica hace referencia a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro, es decir, se relaciona con el comportamiento espectral de las distintas coberturas, para la banda particular del espectro sobre la que se está trabajando [58].

**UNESCO.** La Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación - UNESCO, es un organismo internacional que tiene como misión contribuir a la consolidación de la paz, la erradicación de la pobreza, el desarrollo sostenible y el diálogo intercultural, mediante la educación, las ciencias, la cultura, la comunicación y la información. Actualmente, UNESCO tiene 193 Estados miembros y 6 miembros asociados [74].

**Valle aluvial.** Llanuras o depresiones alargadas e inclinadas por las cuales generalmente se da el curso de un río bien sea hacia el océano o hacia otros ríos de mayor jerarquía, y se caracterizan por situarse en medio de montañas u otras formaciones de mayor altura [44].

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gobierno de Colombia - UNODC, «Explotación de oro de aluvión. Evidencias a partir de percepción remota. 2014,» Bogotá, 2016.
- [2] ANM, «[www.anm.gov.co](http://www.anm.gov.co),» 2015. [En línea]. Available: <http://www.anm.gov.co?q=agencia/mision>.
- [3] ANLA, «[www.anla.gov.co](http://www.anla.gov.co),» 2015. [En línea]. Available: <http://www.anla.gov.co/funciones-anla>.
- [4] UPME, «<http://www.upme.gov.co>,» 10 2015. [En línea]. Available: [http://www.upme.gov.co/Docs/Proceso\\_Minero\\_Col.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Proceso_Minero_Col.pdf).
- [5] ANM, «Guía de Servicios de la Agencia Nacional de Minería,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.anm.gov.co?q=guia-de-servicios-de-la-agencia-nacional-de-mineria>.
- [6] MME, 12 11 2015. [En línea]. Available: <https://www.minminas.gov.co/legalizacion-minera>.
- [7] Agencia Nacional de Minería- ANM, «[www.anmgov.co](http://www.anmgov.co),» 21 09 2017. [En línea]. Available: [https://www.anm.gov.co?q=se\\_lanzo\\_colombia\\_vale\\_oro\\_boletin\\_prensa](https://www.anm.gov.co?q=se_lanzo_colombia_vale_oro_boletin_prensa).
- [8] UPME, «[www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co),» 25 09 2017. [En línea]. Available: [www.upme.gov.co/generadorconsultas/](http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/).
- [9] SIMCO, «[www.simco.gov.co/Portals/0/.../COMPETENCIA\\_DE\\_ALCALDES.PDF](http://www.simco.gov.co/Portals/0/.../COMPETENCIA_DE_ALCALDES.PDF),» [En línea].
- [10] UNODC-SIMCI, «Evaluación de la sucesión vegetal en áreas intervenidas por el PECIG,» 2014.
- [11] G. Méndez, «<http://www.mincit.gov.co>,» 2014. [En línea]. Available: [www.mincit.gov.co/mintranet/descargar.php?id=76086](http://www.mincit.gov.co/mintranet/descargar.php?id=76086).
- [12] Y. Puerta Quintana, N. Aguirre y F. Vélez Macías, «Sistema cenagoso de Ayapel como posible sitio Ramsar en Colombia,» *Gestion y Ambiente*, vol. 19, nº 1, pp. 110-122, 2016.
- [13] S. Hernandez Chalarcá, «Colombia invierte en protección de humedales,» *El Reto*, vol. 000, nº 55, pp. 42-43, 2005.
- [14] N. V. Garzón y J. C. Gutiérrez, *Deterioro de humedales en el Magdalena Medio: un llamado para su conservación*, Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013.
- [15] IIAP, «<http://siatpc.iiap.org.co>,» 30 09 2017. [En línea]. Available: [http://siatpc.iiap.org.co/docs/avances/estructura\\_ecologica\\_principal\\_de\\_la\\_region\\_del\\_choco\\_biogeografico\\_colombiano.pdf](http://siatpc.iiap.org.co/docs/avances/estructura_ecologica_principal_de_la_region_del_choco_biogeografico_colombiano.pdf).
- [16] Minjusticia- UNODC, *Caracterización regional de la problemática asociada a las drogas ilícitas en el departamento de Chocó*, 2014.
- [17] UPME, «<http://www.upme.gov.co>,» 15 09 2017. [En línea]. Available: [http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm#7](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm#7). ZONAS MINERAS PARA LAS MINORÍAS ÉTNICAS.
- [18] H. Hinnestroza.C.L, «El derecho de prelación de las comunidaes negras en la explotación minera en el Municipio de Condoto-Chocó,» pp. 1-5, 2014.
- [19] MADS, «<http://www.minambiente.gov.co>,» 14 09 2017. [En línea]. Available: [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/reservas\\_forestales/reservas\\_forestales\\_ley\\_2da\\_1959.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/reservas_forestales/reservas_forestales_ley_2da_1959.pdf).
- [20] Sistema de información ambiental de Colombia- SIAC, «<http://www.siac.gov.co>,» 10 09 2017. [En línea]. Available: <http://www.siac.gov.co/manejoespecial>.

- [21] PID Amazonia, «[www.pidamazonia.com](http://www.pidamazonia.com),» 21 09 2017. [En línea]. Available: <http://pidamazonia.com/content/corredor-biol%C3%B3gico-triple>.
- [22] Universia, «[universia.net.co](http://universia.net.co),» 02 09 2017. [En línea]. Available: <http://noticias.universia.net.co/en-portada/noticia/2012/09/26/969276/gobierno-blinda-reserva-forestal-amazonia.html>.
- [23] UNODC, Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2016, Bogotá, 2017.
- [24] Gobernación de Antioquia, «<http://www.antioquia.gov.co>,» 12 09 2017. [En línea]. Available: <http://www.antioquia.gov.co/index.php/component/k2/item/480-antioquia-recibe-la-renovaci%C3%B3n-de-la-delegaci%C3%B3n-minera>.
- [25] MME, «<http://www.simco.gov.co>,» [En línea]. Available: [http://www.simco.gov.co/Portals/0/archivos/Cartilla\\_Minería.pdf](http://www.simco.gov.co/Portals/0/archivos/Cartilla_Minería.pdf). [Último acceso: 10 10 2015].
- [26] UNESCO, «[unesco.org](http://unesco.org),» 2 09 2017. [En línea]. Available: <http://whc.unesco.org/en/tentativelists/5758/>.
- [27] R. Vivir, «Los rostros detras de la ampliación del Chiribiquete,» El Espectador, 20 08 2013.
- [28] UNODC, «Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2015,» Bogotá, 2016.
- [29] G. P. K. M. P. y. A. M. G. Vivek Kumar, «Assessment of Surface Water Dynamicsin Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation,» Aquatic Procedia, vol. 4, pp. 739-746, 2015.
- [30] X. Hanqiu, «Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery,» International Journal of Remote Sensing, vol. 27, n° 14, pp. 3025-3033, 20 Julio 2006.
- [31] F. Forero Bonell, Saltos, cascadas y raudales de Colombia, Cali: Banco de Occidente, 2010.
- [32] IDEAM, «Anomalía de la precipitación decadal,» 28 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/precipitacion-mensual-por-ano>.
- [33] A. Vásquez.M.J, «Experimental design approach for the extraction of methylmercury from certified reference materials using microwave energy,» Chemosphere, vol. 39, n° 7, pp. 1211-1224, 1999.
- [34] MADS, «Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,» [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=600:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-51>. [Último acceso: 20 10 2017].
- [35] Diario el Mundo, «[WWW.elmundo.com](http://www.elmundo.com),» 12 09 2017. [En línea]. Available: [www.elmundo.com/noticia/Proyecto-de-ordenanza-prohibe-uso-de-mercurio-en-Antioquia/53366](http://www.elmundo.com/noticia/Proyecto-de-ordenanza-prohibe-uso-de-mercurio-en-Antioquia/53366).
- [36] Gobernación de Antioquia, «Antioquia sin mercurio: un mensaje por la vida,» 01 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://antioquia.gov.co/index.php/component/k2/item/2328-antioquia-sin-mercurio-un-mensaje-por-la-vida>.
- [37] SIMCO, «[www.simco.gov.co](http://www.simco.gov.co),» 15 02 2016. [En línea]. Available: <http://www.simco.gov.co/simco/Estadísticas/Producción/tabid/121/Default.aspx>.
- [38] E. Chuvieco, Fundamentos de Teledeteccion espacial, Madrid: Ediciones Rialp, S.A., 1996.
- [39] C. Delgado, S. Arango y A. Romero, «Una propuesta sistemática para el análisis de la productividad de un proceso minero aurífero colombiano,» Facultad de ingeniería -Universidad de Antioquia No. 72, 2014.
- [40] O. García y M. Molina, Avances en la solución de impactos ambientales causados por la minería aurífera del Nordeste Antioqueño, Edgar Berrezueta y María José Dominguez, 2011.
- [41] Instituto Geológico y Minero de España, Técnicas aplicadas a la caraterización y aprovechamiento de recursos geológicos mineros:Procesos experimentales VOL III, Oviedo, 2012.
- [42] M. A. Aguilar, Fotointerpretación, Montevideo: Facultad de Ingeniería Instituto de Agrimensura Departamento de Geomática. Universidad de la República de Uruguay. , 2002.
- [43] M. Camacho y H. Melo, Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra, Bogotá: Instituto Geografico Agustin Codazzi, 2005.
- [44] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - BCN, «Glosario de términos geográficos,» 2013. [En línea]. Available: [http://siit2.bcn.cl/glosario/index\\_html](http://siit2.bcn.cl/glosario/index_html).
- [45] V. MaksaeV, Depósitos de Placeres, Universidad de Chile, 2007.

- [46] C. Arango, J. Dorado, D. Guzmán y J. Ruiz, «Climatología trimestral de Colombia,» IDEAM, Bogotá, D.C., 2012.
- [47] H. d. I. M. C. & C. E. (. Hernández, Manejo y Conservación de Recursos Forestales, Santiago de Chile: Pirámide Editions, 2007.
- [48] L. Montalvo, «Spectral analysis of suspended material in coastal waters: A comparison between band math equations,» 2011.
- [49] Scanterra, «scanterra.com.ar,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.scanterra.com.ar/conozcamas.html#espectro>.
- [50] J. Hernández - Orallo, Introducción a la minería de datos, Pearson, 2004.
- [51] PNUMA, MADS, Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala, Bogotá, 2012.
- [52] F. Sabins, Remote sensing, New York, 1996.
- [53] IGAC, «IGAC.gov.co,» 2015. [En línea]. Available: [http://geoservice.igac.gov.co/contenidos\\_telecentro/fundamentos\\_pr-semana2/index.php?id=11](http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/fundamentos_pr-semana2/index.php?id=11).
- [54] S. Aronoff, Remote sensing for GIS managers, New York: Esri Press New York, 2005, p. 487.
- [55] «glosarios.servidor-alicante.com,» 18 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://glosarios.servidor-alicante.com/geologia/depositos-aluviales-aluviones>.
- [56] OEA, Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja, 1994.
- [57] E. Chuvieco Salinero, Teledetección Ambiental: La Observación de la Tierra Desde el Espacio, Madrid: Ariel, 2006, p. 586.
- [58] IGAC, «Instituto Geográfico Agustín Codazzi,» 2015. [En línea]. Available: [http://geoservice.igac.gov.co/contenidos\\_telecentro/fundamentos\\_sig/cursos/sem\\_2/uni2/index.php?id=2](http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/fundamentos_sig/cursos/sem_2/uni2/index.php?id=2).
- [59] G. Inc., «gdict beta,» 2014. [En línea]. Available: <http://es.gdict.org/definicion.php?palabra=hotspot>.
- [60] I. Gómez y P. Martín, Estudio comparativo de Índices Espectrales para la cartografía de áreas quemadas con imágenes MODIS, Granada, 2006, pp. 883-894.
- [61] RAE, «<http://lema.rae.es/drae/srv/search?key=interpretar>,» 2015. [En línea].
- [62] SAGARPA, Ollas de agua, jagüeyes, cajas de agua o Aljibes, México, 2009.
- [63] I. d. I. d. I. A. Peruana, «Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio,» Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, Lima, 2011.
- [64] O. o. A. S. OAS, «Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado,» 1993, 1993. [En línea]. Available: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch13.htm>.
- [65] Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico, «Los Manglares,» 2002.
- [66] A. Felicísimo, «El modelo digital de elevaciones,» 2004. [En línea]. Available: [http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema\\_2.pdf](http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_2.pdf). [Último acceso: 21 12 2015].
- [67] Microlimages, «Glosario para el Análisis Geoespacial,» 2006. [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/7681877/Glosario-Para-Analisis-Geoespacial#scribd>.
- [68] J. R. Jensen, Remote sensing of the environment: an Earth Resources Perspective, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2007.
- [69] UNESCO, «unesco.org,» 21 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/world-heritage/>.
- [70] A. Montoya, Percepción remota y procesamiento digital de imágenes, Bogotá: CIAF, 1996.
- [71] W. H. Bakker, Janssen, LLF, Weir, M, Gorte, BH, Pohl, C, Woldai, T, Horn, JA y Reeves, CV, Principles of remote sensing: an introductory textbook., Tercera Edición ed., ITC Educational Textbook Series, 2004.
- [72] UNODC, «Banco de Información espacial,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.biesimci.org/>.
- [73] Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Proyecto Bosques Nativos y Areas Protegidas Argentina. Manual de Teledetección, 2004.

- [74] Ministerio de Relaciones Exteriores, «<http://www.cancilleria.gov.co>,» 21 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.cancilleria.gov.co/international/multilateral/united-nations/unesco>.
- [75] «[www.simco.gov.co](http://www.simco.gov.co),» [En línea]. Available: [www.simco.gov.co/Portals/0/.../COMPETENCIA\\_DE\\_ALCALDES.pdf](http://www.simco.gov.co/Portals/0/.../COMPETENCIA_DE_ALCALDES.pdf).
- [76] UNODC, «Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2016,» Bogotá, 2017.
- [77] E. Chuvieco, Fundamentos de Teledetección espacial, Madrid: Ediciones Rialp, S.A., 1996.
- [78] MADS, Diagnóstico y proyecciones de la gestión minero ambiental para las regiones auríferas de Colombia, Bogotá, 2002.
- [79] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - BCN, «Glosario de términos geográficos,» 2013. [En línea]. Available: <http://siit2.bcn.cl/glosario/index.html>.
- [80] La República, «La república,» [En línea]. Available: <https://www.larepublica.co/asuntos-legales/actualidad/efectos-de-la-suspension-provisional-del-decreto-933-de-2013-2405091>. [Último acceso: 13 9 2017].
- [81] UPME, «Plan Nacional de Desarrollo Minero al 2014,» 2012.
- [82] A. Hettner, Viajes por los Andes colombianos (1882-1884), Bogotá: Talleres Gráficos del Banco de la República, 1976.
- [83] Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y del San Jorge, «[www.cvs.gov.co](http://www.cvs.gov.co),» 27 Septiembre 2017. [En línea]. Available: [http://cvs.gov.co/jupgrade/images/stories/docs/varios/acuerdo\\_133\\_complejo\\_humedales\\_de\\_ayapel.pdf](http://cvs.gov.co/jupgrade/images/stories/docs/varios/acuerdo_133_complejo_humedales_de_ayapel.pdf).
- [84] M. A. Madrigal González, Lineamientos, criterios e instrumentos técnicos para un proceso de sustracción con fines agropecuarios en áreas de reserva forestal de la ley 2 de 1959, Bogotá, 2016.
- [85] Corte Constitucional, «<http://www.corteconstitucional.gov.co>,» 10 10 2015. [En línea]. Available: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/1993/T-361-93.htm>.
- [86] Ministerio de Minas y Energía, «[www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co),» 25 08 2017. [En línea]. Available: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23517/37238-Decreto-1666-21Oct2016.pdf/17f4f90c-4481-47cd-a084-c7fa0319f9cf>.
- [87] European Space Agency, «<http://www.esa.int>,» 2014. [En línea]. Available: [http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_ES/SEMV76E3GXF\\_0.html](http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMV76E3GXF_0.html). [Último acceso: 09 2017].
- [88] F. Sabins, Remote sensing, New York, 1996.
- [89] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible- MADS, «<http://www.minambiente.gov.co>,» 21 09 2017. [En línea]. Available: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2013/res\\_1926\\_2013.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2013/res_1926_2013.pdf).
- [90] C. Pérez y Á. Muñoz, Teledetección: Nociones y Aplicaciones, Salamanca, España: Universidad de Salamanca, 2006.
- [91] CROMOS, «Así descubrieron al parque natural Chiribiquete,» REVISTA CROMOS, 2016.
- [92] FCDS, «Ampliación del Parque Nacional Chiribiquete,» 2016.
- [93] OEA, «Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja,» 1994.
- [94] DANE, «COLOMBIA - Encuesta Experimental Nacional de Desempeño Agropecuario - ENDA,» 2088.
- [95] SAGARPA., «Ollas de Agua, Jagüeyes, Cajas de Agua o Aljibes,» 2009.
- [96] Ayuntamiento de Astorga, [En línea]. Available: <http://www.rutadeloro.com/>.
- [97] MME, «Métodos de explotación minera: Vetas y Aluvión,» Bogotá, 1988.
- [98] CIPRO Centro de inteligencia prospectiva, Redescubriendo la minería aurífera aluvial, Bogotá, 2014.
- [99] MinMinas, «Glosario técnico minero,» Bogotá, 2003.
- [100] L. Perafán, «Impacto de la minería de hecho en Colombia,» Bogotá, 2013.
- [101] UPME, «Producción más limpia en la minería de oro en Colombia,» Bogotá, 2007.
- [102] Alcaldía de Bogotá, «<http://www.alcaldiabogota.gov.co>,» [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7389>. [Último acceso: 18 9 2017].

- [103] L. Barreto, «Guía de legalización de la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE),» Ottawa, 2011.
- [104] L. Ibañez, «Los municipios mineros en Colombia: características e impactos sobre el desarrollo,» 2013.
- [105] Criminalistica.mx, «[www.criminalistica.com.mx/areas-forenses/criminalistica/104-las-evidencias](http://www.criminalistica.com.mx/areas-forenses/criminalistica/104-las-evidencias),» [En línea].
- [106] IGAC\_CIAF, «Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011,» Bogotá, 2012.

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapa 1.</b> Densidad de EVOA en Colombia, 2016.....	43
<b>Mapa 2.</b> Dinámica de EVOA 2014-2016. ....	49
<b>Mapa 3.</b> Parques Nacionales Naturales y EVOA 2016. ....	51
<b>Mapa 4.</b> EVOA en zonas de influencia de los PNN, 2016. ....	53
<b>Mapa 5.</b> EVOA detectada en el Distrito de Manejo Integrado (DMI) del Complejo de Humedales de Ayapel. ....	56
<b>Mapa 6.</b> Distribución EVOA en Zonas Mineras indígenas y Zonas Mineras de comunidades negras, 2016.....	60
<b>Mapa 7.</b> Distribución de EVOA en Zonas de Reserva Forestal, 2016.....	63
<b>Mapa 8.</b> Territorio afectado por EVOA y cultivos de coca, 2016.....	67
<b>Mapa 9.</b> Distribución departamental de EVOA (ha) en relación con figuras de ley. ....	71
<b>Mapa 10.</b> Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. ....	76
<b>Mapa 11.</b> Detección de alteración de sedimentos en suspensión mediante índices espectrales - Línea base MNDWI 1988.....	80
<b>Mapa 12.</b> Detección de la alteración de sedimentos suspendidos mediante índices espectrales (MNDWI - 2017) y registros de información secundaria FAC Agosto 2017.....	87
<b>Mapa 13.</b> Sistematización del taller con instituciones. Fuente: participantes al taller realizado por UNODC el 18 de julio de 2017.....	94

## ÍNDICE DE FOTOS

<b>Foto 1.</b> Capacitación a Policía Nacional. ....	27
<b>Foto 2.</b> Explotación de oro de aluvión en Antioquia. ....	44
<b>Foto 3.</b> Explotación de oro de aluvión en Nariño.....	44
<b>Foto 4.</b> Área afectada con EVOA, actualmente con cobertura de pastos y herbazales.....	46
<b>Foto 5.</b> Explotación de oro de aluvión en Chocó. ....	59
<b>Foto 6.</b> Fenómenos de ilegalidad en el mismo territorio. Polígonos en amarillo, cultivos de coca, Polígono azul EVOA. Barbacoas – Nariño. ....	65
<b>Foto 7.</b> Evidencias fotográficas, planchones de soporte para maquinaria amarilla, obtenidas por sobrevuelo FAC, agosto 2017.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Volúmenes máximos de producción minera de subsistencia. ....	23
<b>Tabla 2.</b> Bloques temáticos de capacitación a autoridades locales. ....	26
<b>Tabla 3.</b> Cronograma de capacitaciones a autoridades territoriales en 2017. ....	27
<b>Tabla 4.</b> Unidades de Producción Minera sin título minero. Fuente: Censo Minero 2011. ....	29
<b>Tabla 5.</b> Resumen de la información geográfica disponible de la ANM y ANLA. ....	34
<b>Tabla 6.</b> EVOA con uso de maquinaria en tierra (hectáreas) por departamento. ....	41
<b>Tabla 7.</b> Territorio afectado por EVOA 2014-2016. ....	46
<b>Tabla 8.</b> EVOA detectada en PNN 2016 y en diferentes rangos de proximidad. ....	52
<b>Tabla 9.</b> Conectividad fluvial entre EVOA detectadas y PNN. ....	54
<b>Tabla 10.</b> EVOA detectada en otras categorías del SINAP, 2016. ....	54
<b>Tabla 11.</b> Los 10 Consejos comunitarios con mayor área de EVOA en el territorio nacional. ....	58
<b>Tabla 12.</b> Áreas del SINAP en Zonas de Reserva Forestal afectadas por EVOA. ....	62
<b>Tabla 13.</b> Áreas nuevas y estables en Zonas de Reserva Forestal. ....	62
<b>Tabla 14.</b> Índice espectral MNDWI. ....	77
<b>Tabla 15.</b> Valores de MNDWI en puntos de medición (1988, 2009, 2016, 2017). ....	81
<b>Tabla 16.</b> Consejos Comunitarios de Guapi. ....	92
<b>Tabla 17.</b> Organizaciones sociales en Guapi. ....	92
<b>Tabla 18.</b> Estimativo del consumo de mercurio en 2013 y producción de oro en Colombia en 2013 y 2014. Fuente: para la cantidad de mercurio: Estudio de la cadena de mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo 3. Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía 2014. Para la producción de oro Sistema de Información Minero Colombiano. Consultado en <a href="http://www.simco.gov.co/simco/Estadísticas/Producción/tabid/121/Default.aspx">http://www.simco.gov.co/simco/Estadísticas/Producción/tabid/121/Default.aspx</a> . ....	104
<b>Tabla 19.</b> Relación de uso de mercurio por gramo de oro producido en 2013 y estimativo del consumo de mercurio para 2014. Fuente: para la cantidad de mercurio: Estudio de la cadena de mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro, Tomo 3. Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía 2014. Para la producción de oro Sistema de Información Minero Colombiano [37]. ....	105
<b>Tabla 20.</b> Factores de confusión en la interpretación de EVOA. ....	117
<b>Tabla 21.</b> Paisajes de influencia de las EVOA. ....	118

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> EVOA y producción de oro 2016 [8].....	42
<b>Gráfico 2.</b> Estimado de la distribución porcentual de la producción de oro por departamento, de acuerdo con el tipo de yacimiento. ....	42
<b>Gráfico 3.</b> Los 10 municipios con mayor afectación de EVOA con uso de maquinaria en tierra 2016 vs 2014. ....	45
<b>Gráfico 4.</b> Dinámica de EVOA por departamento, 2014-2016. ....	47
<b>Gráfico 5.</b> Distribución porcentual etnias en Resguardos indígenas afectados por EVOA 2016. ....	57
<b>Gráfico 6.</b> Los 10 Resguardos con mayor afectación de EVOA con uso de maquinaria en tierra 2016. ....	57
<b>Gráfico 7.</b> Participación porcentual de Tierras de Comunidades Negras por departamento. ....	58
<b>Gráfico 8.</b> Porcentaje de participación EVOA 2016 en Reservas Forestales. ....	61
<b>Gráfico 9.</b> Coincidencia territorios afectados por EVOA y cultivos de coca, 2016. ....	64
<b>Gráfico 10.</b> Distribución porcentual nacional de EVOA respecto a figuras de ley 2014-2016. ....	69
<b>Gráfico 11.</b> Distribución porcentual de figuras de ley por departamento. ....	70
<b>Gráfico 12.</b> Arriba imagen Landsat RGB 547. Abajo Rango línea base espectral “natural” índice MNDWI, 1988. ....	78
<b>Gráfico 13.</b> Curva del comportamiento espectral de sedimentos en suspensión mediante aplicación del índice MNDWI, río Apaporis. Los segmentos fuera del límite negro, corresponden a alteraciones en los sedimentos suspendidos. ....	83
<b>Gráfico 14.</b> Evolución del índice de desempeño fiscal para el municipio de Guapi 2000-2015. Fuente: DNP. ....	93
<b>Gráfico 15.</b> Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) Guapi. Fuente: DANE. ....	95
<b>Gráfico 16.</b> Dinámica del área sembrada en coca y en los cinco principales cultivos lícitos (por área sembrada) en el municipio de Guapi, 2007 – 2016. Fuente: EVA municipal. ....	96
<b>Gráfico 17.</b> Volumen de producción de oro en Guapi. Fuente: Banco de la República, Ministerio de Minas y Energía, Minercol, Ingeominas (2004-2011), ANM (2012 en adelante). ....	96
<b>Gráfico 18.</b> Análisis de rentabilidad por substrato en la región Pacífico. ....	102
<b>Gráfico 19.</b> Curvas esperadas de afectación, valores cercanos a 1,0 indican aguas claras, sin alteración en los sedimentos. ....	124

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Distribución de la producción según tipo de yacimiento (Fuente SIMCO). .....	18
<b>Ilustración 2.</b> Evidencias físicas detectadas mediante el uso de índices espectrales generadas por el uso de maquinaria en agua. Izquierda imagen satelital RGB 453 en la cual NO se observan perturbaciones en el medio hídrico. Derecha, índice espectral aplicado a la imagen, las zonas del río en color naranja o rojo, indican alteraciones en los sedimentos. Río Apaporis.....	36
<b>Ilustración 3.</b> Detección de cambios con imágenes de satélite Landsat 8 (visualizadas en falso color RGB 543. Evidencias físicas visibles sobre el paisaje, generadas por el uso de maquinaria en tierra. EVOA en tono azul claro con lagunas de beneficio. Municipio López, departamento del Cauca. ....	36
<b>Ilustración 4.</b> Esquema modelo de detección basado en percepción remota. ....	37
<b>Ilustración 5.</b> Imagen Landsat 8 RGB 547. Izquierda en círculos negros EVOA, abril 2014. Derecha en círculos negro áreas con pastos y rastrojos bajos, enero 2017.....	46
<b>Ilustración 6.</b> Fotografías reconocimiento aéreo donde se observa la profundidad de la explotación. a) Excavación Profunda y a poca distancia de la pared del lecho del río b) Excavación superficial. ....	48
<b>Ilustración 7.</b> Distrito de Manejo Integrado de Recursos Naturales del Complejo de Humedales de Ayapel (línea negra). Afectación con EVOA (línea roja). Imagen Landsat 8 RGB (5,6,4). ....	55
<b>Ilustración 8.</b> Modelo de Investigación EVOA. ....	109
<b>Ilustración 9.</b> Cobertura de imágenes de satélite Landsat 8 usadas para la interpretación de EVOA. Composición RGB 5,6,4.....	111
<b>Ilustración 10.</b> Ejemplo de minimización de áreas sin información.....	111
<b>Ilustración 11.</b> Técnicas de preprocesamiento de imágenes. ....	112
<b>Ilustración 12.</b> Categorías interpretadas en la línea base nacional EVOA 2016. Imagen Landsat 1056 RGB 5,6,4.....	113
<b>Ilustración 13.</b> Comparación Imagen de satélite (Landsat 8 1058 RGB 564) (izquierda) – imagen de alta resolución GeoEye - 1 (centro) y fotografía tradicional (derecha) tomada en sobrevuelo de reconocimiento SIMCI. Municipio de Timbiquí – Sector Coteje. Cauca.....	114
<b>Ilustración 14.</b> Ejemplos de control de calidad de la interpretación con imágenes de alta resolución. Imagen Landsat 8 1056 RGB 5,6,4 (izquierda) versus imagen de alta resolución QuickBird (derecha). Municipio de Nóvita, Chocó. Sectores Chicha Bay y El Barrancón. Fuente: Galería World Imagery de Esri.....	115
<b>Ilustración 15.</b> Diagrama de flujo para la construcción de clave de interpretación EVOA.....	119
<b>Ilustración 16.</b> Clave de interpretación de EVOA , método árbol de decisión.....	120
<b>Ilustración 17.</b> Diagrama de Modelo metodológico para la detección de alteración de sedimentos en suspensión mediante índices espectrales. ....	122
<b>Ilustración 18.</b> Comportamiento espectral del agua (Fuente: Aligarh Muslim University).....	123
<b>Ilustración 19.</b> Integración al marco de áreas. ....	126
<b>Ilustración 20.</b> Densidad de cultivos de coca en el marco de grillas. ....	127
<b>Ilustración 21.</b> Asignación de las áreas interpretadas de EVOA por intersección con grillas. ....	127

<b>Ilustración 22.</b> Información del DAICMA en el marco de áreas.....	128
<b>Ilustración 23.</b> Asignación de límites administrativos a grillas.....	129
<b>Ilustración 24.</b> Coberturas de la tierra visualizadas en el marco de áreas. ....	130
<b>Ilustración 25.</b> Altura sobre el nivel del mar visualizada en el marco de grillas.....	130



