

>>> Reserva natural de Nouragues/Parque amazónico de Guyana

## Contra los buscadores de oro clandestinos: la teledetección

Métodos innovadores para compensar las dificultades de acceso a los territorios

La gestión del macizo forestal guyanés y, más especialmente, de los espacios protegidos, necesita la utilización de métodos innovadores para compensar las dificultades de acceso y la amplitud de los territorios. Frente a la presión de los buscadores clandestinos de oro, que afecta gravemente dos espacios protegidos franceses de gran importancia, el estado implanta un dispositivo de vigilancia reactivo. El uso de la teledetección (datos de alta resolución proporcionados por los satélites) aporta soluciones interesantes.

El proyecto se ha desarrollado en un contexto cada vez más alarmante en la planicie de las Guayanas. El aumento continuo del precio del oro en el mercado internacional ha acelerado el desarrollo de la actividad clandestina: Desde los años 90, la superficie de las actividades mineras se han multiplicado por 5. Además, como la búsqueda del oro se hace en un contexto de aluviones, su impacto se despliega a lo largo de los ríos y se alteran así directamente numerosos hábitats naturales; sin hablar de la contaminación de la cadena alimenticia provocada por la movilización del mercurio y el aumento de la concentración de materias en suspensión. Los servicios del estado, especialmente la ONF, responsable del ámbito forestal del estado y la dirección regional del medio ambiente, se han alertado y se ha puesto a punto una herramienta de seguimiento de esta actividad.

Este dispositivo de alerta ha sido utilizado a partir de 2005 en dos lugares de ensayo especialmente afectados (mapa adjunto). El primero es la reserva natural nacional de Nouragues<sup>2</sup> (el noreste de la reserva, zona de alto potencial aurífero, que sufre de un desarrollo reciente de pequeñas instalaciones clandestinas). El segundo se refiere al río Sikini, al noreste del parque amazónico Guyana<sup>3</sup>. Desde hace varios años, este sector tiene un desarrollo importante de la actividad aurífera clandestina que afecta ahora a amplias superficies. Los «garimpeiros», obreros del oro, son muy dinámicos aquí debido a la proximidad de la frontera brasileña.

**Evolución de las obras.** La teledetección se utilizaba primero para realizar el balance anual de los sectores impactados y para evaluar las superficies deforestadas entre 1999 y 2000. Esta metodología ha sido desarrollada por el centro para la

cooperación internacional en investigación agronómica para el desarrollo (Cirad) sobre la base de imágenes procedentes de los satélites Landsat (30 metros de resolución) en cooperación con la ONF, que cuenta con un SIG (sistema de información geográfica) aplicado a la vigilancia de la actividad minera. El procedimiento se ha perfeccionado luego basándose en los datos procedentes del satélite Spot-5<sup>4</sup> (2,5 metros y 10 metros de resolución) para hacer el seguimiento de la evolución de las instalaciones clandestinas.

El dispositivo actual permite caracterizar dos fenómenos directamente observables por el satélite.

- Las deforestaciones. Claramente visibles, permiten reconocer de manera precisa los sectores trabajados. Sin embargo, la huella

espectral de las deforestaciones no es discriminante (una fuerte nebulosidad, las franjas de nubes y vapores pueden dar la misma respuesta en los tratamientos automatizados). Se analizan por lo tanto estos objetos con suelo limpio, por fotointerpretación, digitalizando directamente sus contornos.

- La turbidez y las contaminaciones del agua. La explotación aurífera tal y como se practica en Guyana, de manera artesanal por lavado de los suelos, vierte una cantidad importante de materias en suspensión en los ríos guyaneses. Las aguas turbias tienen una firma espectral muy específica, y es mucho más discriminante. En este caso es posible hacer un tratamiento automatizado.

En lo relativo a este último fenómeno, han de distinguirse dos casos:

- Para las pequeñas instalaciones realizadas con pretexto forestal – es el caso de la reserva de Nouragues – las contaminaciones sólo son observadas aguas abajo de los ríos, en sus tramos anchos de unos diez metros como mínimo; las instalaciones en sí mismas están aguas arriba de la señal detectada.
- En las zonas explotadas en grandes exten-



siones pueden detectarse los barrancos (fosas de decantación que retienen las aguas del lavado de los suelos), estos elementos son suficientemente grandes para ser observados por el satélite.

El tratamiento aplicado para analizar la turbidez consta de seis fases:

1. Calibración de las imágenes Spot. Las diferencias de asoleo y de ángulos de captación de la imagen son corregidas.

2. Cálculo de tres índices de agua (NDWI), vegetación (NDVI) y turbidez (NDCI). Estos índices se construyen a partir de los cuatro canales proporcionados por Spot-5 (a saber: el medio infrarrojos sensible al agua de las excavaciones, el infrarrojos cercano sensible a la estructura de las hojas, el canal rojo, sensible a la absorción de clorofila de las hojas, el canal verde, sensible al contenido de agua de la atmósfera).

3. Aplicación de los algoritmos de tratamiento. Se trata de filtros que, para cada uno de los cuatro canales y de los tres índices, sólo conservan los píxeles que reaccionan a las características espectrales del objeto buscado.

4. Reconstrucción de la señal. Sólo se conservan los píxeles comunes a los filtros elaborados que tienen los siete criterios selectivos (los tres índices y los cuatro canales).

5. Validación y limpieza manual de los artefactos.

6. Vectorización del resultado para la integración en el SIG de la ONF.

**Un sistema eficiente.** En dos ocasiones, las misiones de reconocimiento por helicóptero de la ONF o de la Gendarmería han confirmado los resultados. Actualmente, el tratamiento es operativo y permite la implantación de un sistema de alerta. El doble interés de este procedimiento descansa por un lado en la calidad de los tratamientos desarrollados por el Cirad y la ONF y, por otro lado, en la regularidad y la rapidez de cobertura que ofrecen los satélites. Para esto, el satélite Spot-5 se muestra muy reactivo: En un año completo de seguimiento, ha permitido adquirir escenas cada once días de promedio. Además, la presencia de la estación SEAS en Guyana permite una recepción casi instantánea de los datos (y gratis, gracias a un acuerdo firmado entre el estado

y la compañía que gestiona el satélite, Spot Image).

En adelante, la herramienta de detección automática de puesta en alerta permite situar de manera precisa cada lugar de extracción aurífera activo. Los servicios del estado pueden tener así una información rápida y fiable sobre las instalaciones ilícitas y pueden optimizar sus misiones de policía del medio ambiente. Las fuerzas del orden pueden iniciar operaciones enfocadas para la destrucción de las instalaciones ilícitas. Además, los datos procedentes de Spot-5 son de mejor resolución y el balance patrimonial de las superficies ha sido mejorado también.

**Perspectivas.** Esta herramienta de tele-detección será integrada en el Observatorio de la actividad minera en Guyana (plataforma interservicios de centralización de datos gestionada por la prefectura de la región y cuya utilización se confía a la ONF). En este marco, el sistema de alerta será ampliado también al conjunto del territorio



INSTALACIÓN  
TÍPICA  
CLANDESTINA.

VISTA AÉREA  
DE UNA  
INSTALACIÓN  
DE BÚSQUEDA  
DE ORO.

afectado por la actividad minera, o sea, una tercera parte de Guyana. Estas herramientas permiten también una extrapolación, para hacer el seguimiento de otros fenómenos vinculados a la deforestación y a la contaminación de los ríos, como la evaluación de la turbidez de las aguas, en el marco de nuevos programas de investigación. ■

**SÉBASTIEN LINARÉS** - *DIREX GUYANE*

**PIERRE JOUBERT** - *ONF*

**VALÉRY GOND** - *CIRAD*

1. La mayor reserva terrestre francesa, que cubre 100.000 hectáreas de bosques tropicales, gestionada desde 2008 por la ONF.
2. Parque nacional, creado en 2007.
3. Estos datos se adquieren directamente en Cayena con la nueva estación de recepción SEAS Guyana (Vigilancia por satélite del entorno amazónico).
4. Anomalías técnicas en función del tratamiento automatizado.

>>> E-mail: [Sebastien.linares@guyane.ecologie.gouv.fr](mailto:Sebastien.linares@guyane.ecologie.gouv.fr)