

PROTOCOLO DE MONITOREO Y VIGILANCIA CON RPAS CONTRA DEGRADACIÓN DE BOFEDALES Y PAJONALES DE PUNA HÚMEDA POR CHAMPEO EN LA RESERVA NACIONAL DE JUNÍN

Asociación Ecosistemas Andinos - ECOAN. Octubre de 2021

El presente documento describe el proceso metodológico para monitorear y vigilar bofedales y pajonales de puna húmeda contra su degradación por champeo en la Reserva Nacional de Junín, utilizando la técnica de fotogrametría con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) y tomando como base para el diseño de sobrevuelos las cuadrículas generadas para la Reserva Nacional de Junín en el marco de Documento de Trabajo 11 "Evaluación del Estado de Conservación de Ecosistemas en ANP utilizando la metodología de Efectos por Actividades" elaborado por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado Peruano (SERNANP).

DEFINICIONES

Plan de vuelo: es la información respecto a un vuelo programado, que contendrá información sobre el RPA, operador/piloto, tiempo de vuelo, información de la cámara a usar, cantidad de fotografías a tomar y traslape entre ellas, rutas y líneas de vuelo.

RPAS (sistema de aeronave pilotada a distancia - Remote Piloted Aircraft System): es el conjunto de elementos configurables integrado por una aeronave pilotada a distancia, sus estaciones de piloto remoto conexas, los necesarios enlaces de mando y control y cualquier otro elemento de sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo.

RPA (aeronave pilotada a distancia - Remotely Piloted Aircraft): es una aeronave pilotada por un "piloto remoto" quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo.

Fotogrametría: es la disciplina que utiliza las fotografías aéreas para la obtención de mapas de terrenos. Los levantamientos fotogramétricos comprenden la obtención de datos y mediciones precisas a partir de fotografías del terreno tomadas con cámaras aéreas métricas. El vuelo fotogramétrico tiene por objeto la obtención de fotogramas verticales del terreno (zona de interés), los mismos que tendrán cobertura estereoscópica, tomando en cuenta los márgenes necesarios para la óptima geometría del producto final.

Ortofoto: es una imagen digital en la que se han corregido los desplazamientos de los puntos provocados por la inclinación de la toma y del relieve. Está referida a un sistema de proyección cartográfica, por lo que posee las características geográficas de cualquier producto cartográfico con la ventaja adicional de que los objetos están representados con su apariencia real. Está definida en función a una resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal.

Píxel: es un elemento geométrico superficial, resultante de la subdivisión de una imagen en elementos de idéntica forma, que nos proporcionan información sobre la posición, la intensidad, y a veces el color de la fuente.

Resolución espacial: es la medida del elemento de menor tamaño distinguible en una imagen digital. Habitualmente se asimila con el tamaño del píxel proyectado sobre el terreno.

DISEÑO DEL MONITOREO Y VIGILANCIA

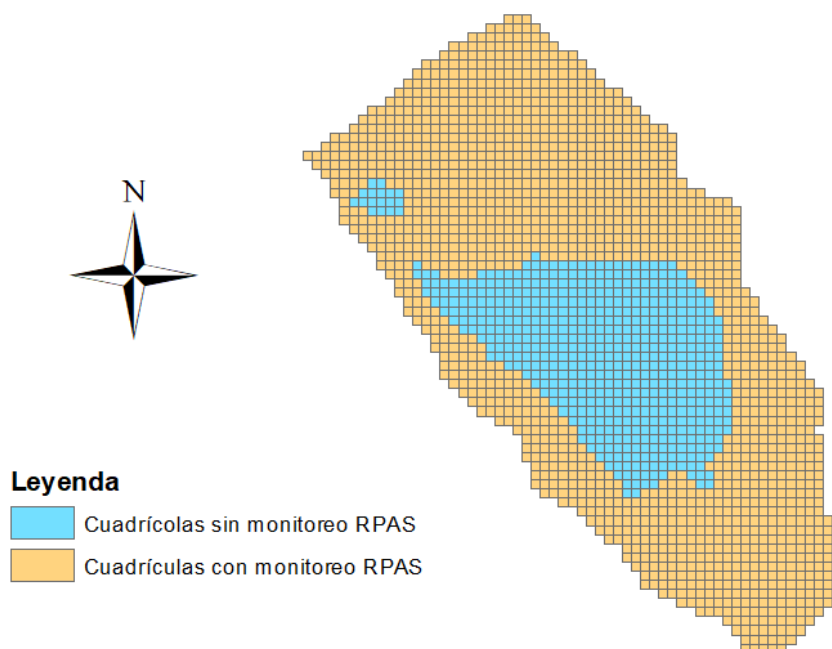
1. Delimitación del área de monitoreo y vigilancia

El Documento de Trabajo N°11 del SERNANP (Anexo 07), diseña un sistema de cuadrículas para la evaluación del estado de conservación de ecosistemas en ANP utilizando la metodología de efectos por actividades, la cual es alimentada por personal de cada ANP a través del sistema web del SERNANP. Las mismas cuadrículas serán utilizadas para el monitoreo y vigilancia de champa sobre áreas de la RNJ que no se encuentren cubiertas por espejos de agua.

La RNJ está conformada por 2120 cuadrículas de 500m x 500m (25ha), de las cuales 557 se superponen a zonas cubiertas totalmente por espejos de agua, es decir, sobre el lago de Junín, según imagen satelital Sentinel2B del 04 de julio de 2021. Por ello las 1563 cuadrículas restantes que cubren 39,075ha de sistemas de bofedales, pajonales de puna húmeda y otros, formarán parte del área de monitoreo y vigilancia.

El Anexo 01 presenta las coordenadas geodésicas y proyectadas de los vértices de cada cuadrícula en una hoja de cálculo y el Anexo 02 en un mapa con el código de identificación de cada cuadrícula, las cuales serán utilizadas para el diseño de los planes de vuelo para levantamiento fotogramétricos que se describe en las siguientes secciones.

Imagen 01: mapa de cuadrículas para monitoreo y vigilancia con RPAS.



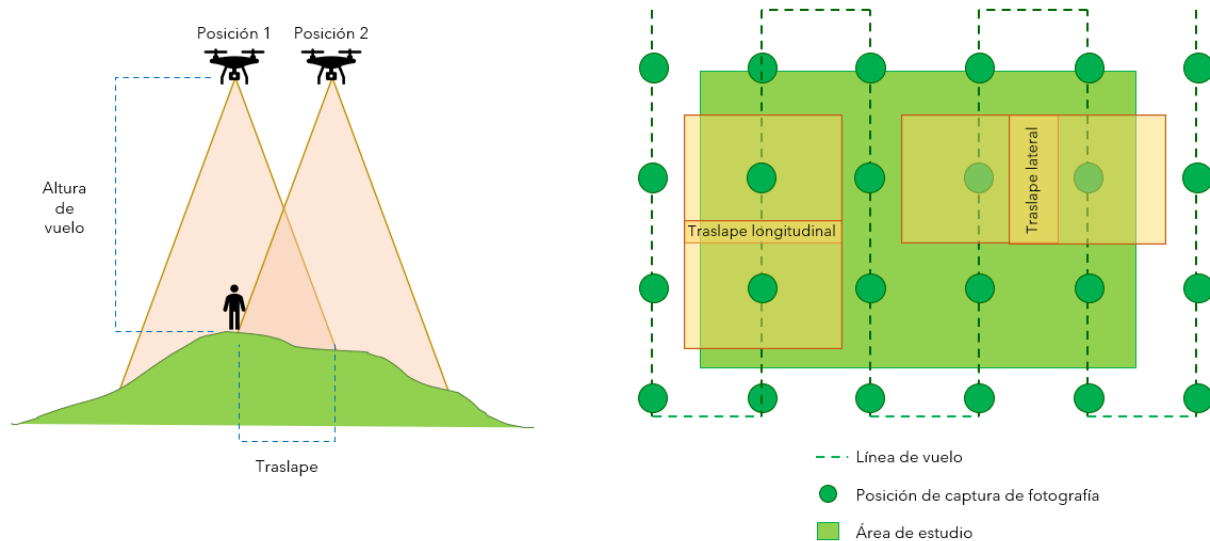
2. Levantamiento fotogramétrico

El mapeo de cuadrículas mediante fotogrametría con RPAS permitirá obtener información espacial del territorio y sobre todo identificar áreas degradadas por champeo y otras actividades antrópicas. A continuación, se detalla el procedimiento y recomendaciones para la ejecución de misiones de vuelo para levantamiento fotogramétrico con RPAS.

Planificación de vuelo: Existe diferentes softwares y aplicativos móviles para planificación de vuelo fotogramétrico según el modelo de RPA a utilizar. Por ejemplo, el Mission Planner y QGroundControl para drones con sistema operativo de código abierto, el Ground Station Pro, DJI Terra, eMotion, entre otros para drones comerciales; sin embargo, las consideraciones y

parámetros para tener en cuenta para el diseño de un plan de vuelo son similares en los diferentes softwares. Los parámetros básicos para un vuelo fotogramétrico son:

Imagen 02: *sobreposición longitudinal y lateral en misiones de vuelo para levantamiento fotogramétrico.*



Altura de vuelo: es la altura sobre el terreno a la que el RPA realizará la misión programada. De acuerdo con la Norma Técnica Complementaria NTC-2015-01 "Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia" los planes de vuelo deberán efectuarse por debajo de los 152.4 metros de altura sobre el terreno.

Traslape longitudinal y lateral: es traslape es la extensión en la que una fotografía incluye el área cubierta por otra fotografía, y se expresa como un porcentaje. En cada misión de vuelo fotogramétrico existe un traslape de fotografías en la dirección de las líneas de vuelo (traslape longitudinal) y un traslape de fotografías en paralelo entre las líneas de vuelo (traslape lateral). Según la Norma Técnica IGN 2011 "Especificaciones Técnicas para la Producción Cartográfica Básica Escala 1/1000", se requiere traslapes longitudinales de 60% para relieves planos, 65% para relieves ondulados y 70% para relieves montañosos; y traslapes laterales de 20%, 25% y 30% para relieves planos, ondulados y montañosos respectivamente.

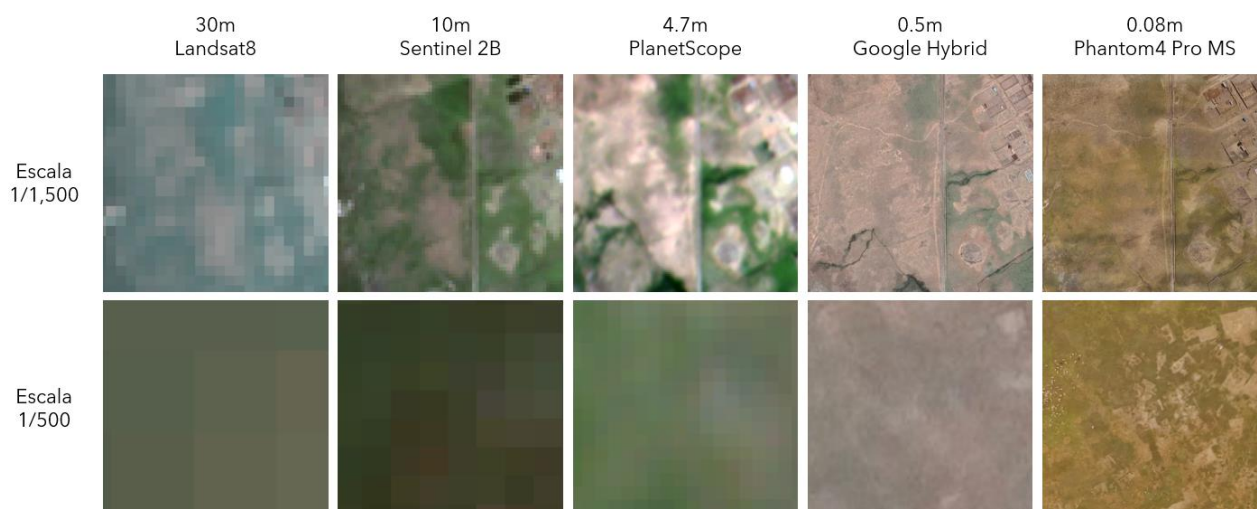
De acuerdo con los principales softwares de procesamiento fotogramétrico, se recomienda traslape longitudinal de 75% y traslape de 60% para casos generales, debiéndose incrementar hasta 80% aproximadamente para vuelos sobre zonas montañosas, bosques y cultivos.

Área de estudio: es el área que la ortofoto debe cubrir en el levantamiento fotogramétrico. Para ello se requiere calcular las coordenadas de cada vértice del polígono e introducirlo en el aplicativo de planificación. El área de sobrevuelo debe ser mayor al área de estudio para obtener una ortofoto de buena calidad en nuestra zona de interés. Para el presente protocolo se sugiere identificar la cuadrícula o cuadrículas a mapear en el patrullaje o salida a campo; en el Anexo X se muestra la lista de cuadrículas y sus respectivas coordenadas.

GSD (ground sample distance/distancia de muestra del suelo): es la distancia entre la distancia entre los centros de los píxeles medidos en el suelo; este parámetro referencia la resolución de la ortofoto a obtener en el levantamiento, se determina de acuerdo con la necesidad o problema a resolver y varía de acuerdo con la altura de vuelo y las especificaciones de la cámara. En la

siguiente imagen se aprecia resoluciones de diferentes ortofotos; de acuerdo con ello, una ortofoto de 10cm/píxel o menos es adecuada para identificar áreas degradadas por champeo.

Imagen 03: *sobreposición longitudinal y lateral en misiones de vuelo para levantamiento fotogramétrico.*



El GSD, la altura de vuelo y los traslapes son los parámetros principales para tener en cuenta durante la planificación de un vuelo fotogramétrico; adicionalmente la velocidad de crucero y el intervalo de tiempo de capturas entre fotografías se podrá configurar teniendo en cuenta de no salir del rango recomendado para los parámetros principales mencionados, así como el azimut de las líneas de vuelo.

El Anexo 03 detalla los pasos a seguir para el diseño de un plan de vuelo en el aplicativo GSP, basado en las cuadrículas de monitoreo y vigilancia.

Sobrevuelo

El sobrevuelo se ejecuta de forma automática de acuerdo con la misión planificada en el respectivo aplicativo. Sin embargo, de acuerdo con las necesidades en campo y la experiencia del operador, se puede ejecutar misiones de vuelo controladas directamente por el operador.

Realizar el sobrevuelo de acuerdo con las regulaciones mencionadas de la Ley N°30740 "Ley que regula el uso y las operaciones de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS)" y la NTC-2015-01.

En adición a los lineamientos de la normativa, se recomienda:

- Reconocer las condiciones meteorológicas: evitar volar en condiciones no recomendadas por el fabricante del RPA. Si las condiciones meteorológicas cambian desfavorablemente, ejecutar el retorno a casa inmediatamente.
- No sobrevolar cerca y sobre personas. No está permitido sobrevolar sobre áreas urbanas si no se cumple con los requerimientos de la NTC-2015-01.
- Identificar los obstáculos que podrían interferir en la misión de vuelo y modificar el plan de vuelo según los requerimientos del lugar.
- Asegurarse que los datos de telemetría del RPA muestran valores normales antes de ejecutar la misión en modo automático. Por ejemplo: el nivel de batería adecuado para el tiempo y distancia de vuelo, el número de satélites es el óptimo según modelo de RPA y la ubicación de esta y el

operador se muestra acorde a la realidad, el compás está calibrado, la cámara y los controles responden a las señales del radio control, entre otros.

- Asegurar la capacidad almacenamiento requerido en las misiones planificadas.
- Organizar los datos obtenidos de forma ordenada. Por ejemplo, capturar una imagen del código de la misión al inicio de cada vuelo.

***Imagen 04:** sobrevuelo de Phantom 4 Multispectral*



Procesamiento de fotografías

Al igual que los aplicativos para diseñar misiones de vuelo, existen diversos softwares de procesamiento fotogramétrico comerciales como Pix4D, AutoDesk123D, Correlator3D, DroneDeploy, Drone2Map y de código abierto como OpenDroneMap, AirPhoto SE, VisualSFM, etc; en ambos casos es posible el procesamiento en computadores de escritorio y servidores en la nube. El procedimiento en los diferentes softwares varía, sin embargo, de acuerdo con el sensor utilizado para el levantamiento fotogramétrico, se producen resultados y productos comunes como las que se muestran en las imágenes 05, 06, 07, 08 y 09.

***Imagen 05:** nube de puntos*



Imagen 06: malla3D.



Imagen 07: modelo digital de superficie.

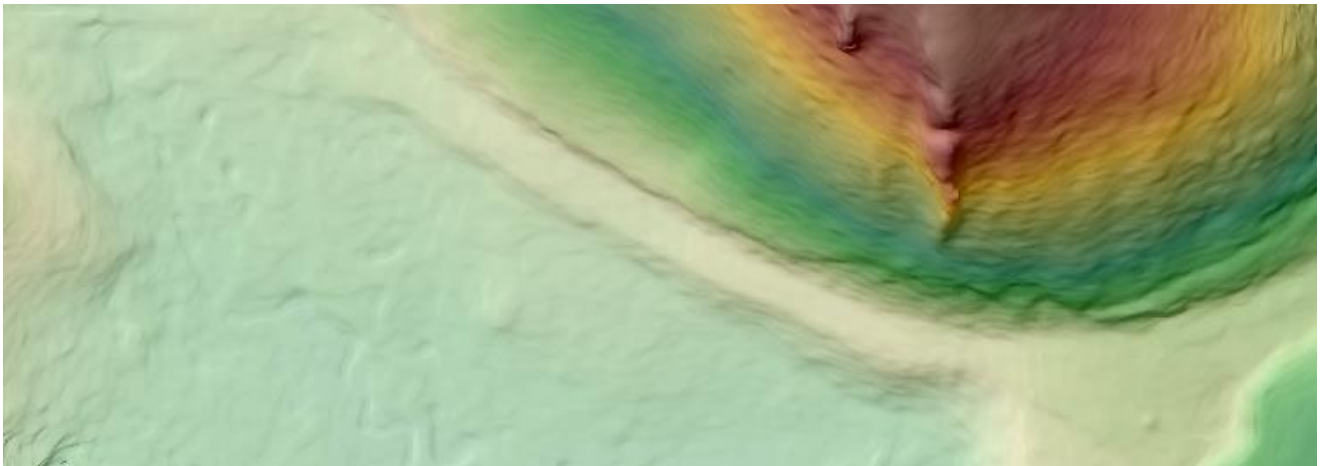
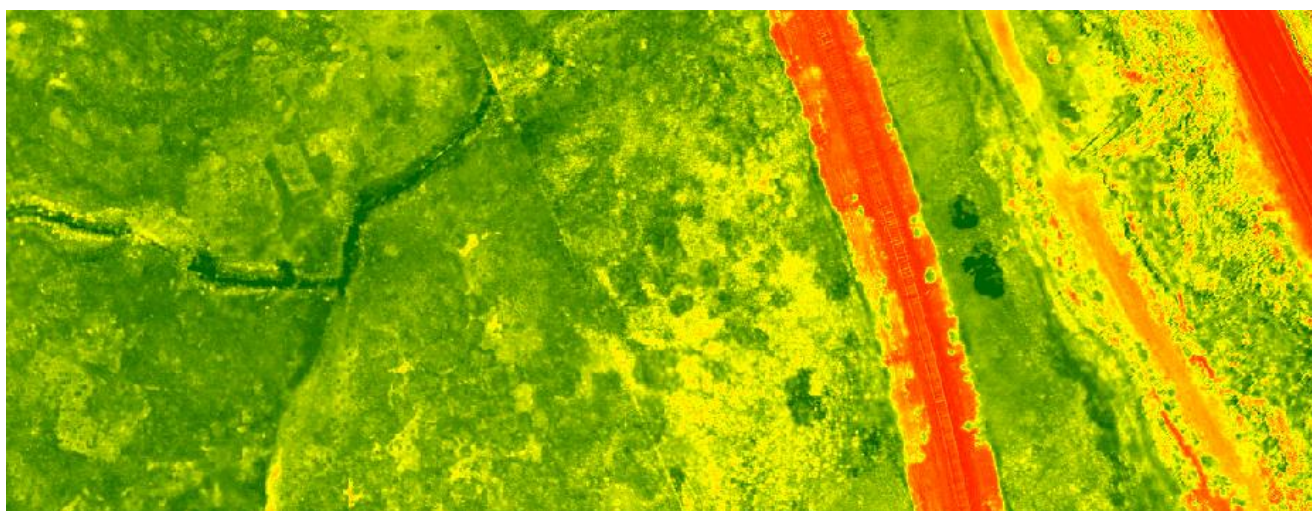


Imagen 08: ortofoto.



Imagen 09: mapa de reflectancia e índice de vegetación (para sensores multispectrales).

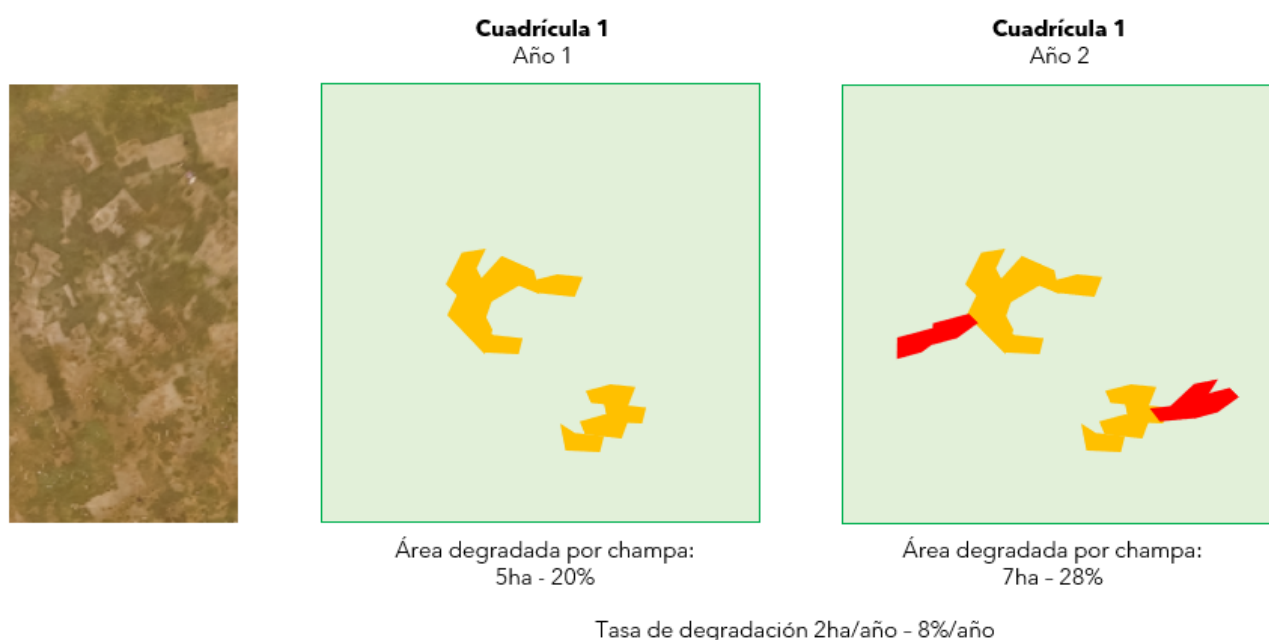


De acuerdo con el software utilizado, es posible realizar post procesamiento y clasificación de la imagen en el mismo entorno. Del mismo modo los resultados obtenidos se encuentran georreferenciados y pueden ser utilizados en los diferentes softwares SIG y CAD.

3. Cuantificación de áreas degradadas por champeo

El uso de las cuadrículas no solo aportará en los reportes del estado de conservación de ecosistemas bajo la metodología de efecto por actividades, sino también permitirá cuantificar de forma precisa el área degradada por champeo como línea base y conocer el área ampliada para esta actividad durante el monitoreo en los futuros sobrevuelos de vigilancia, es decir la tasa de incremento de áreas degradas por champa.

Imagen 10: monitoreo de áreas degradas por champa en Año 1 y Año 2.



Esta fase se desarrolla mediante la digitalización de las áreas degradadas por champeo durante la línea base en un primer levantamiento fotogramétrico de cada cuadrícula y durante el monitoreo en futuros levantamientos fotogramétricos de cada cuadrícula. La digitalización puede ser desarrollada en los diferentes programas de sistemas de información geográfica.

El Anexo 04 contiene los archivos espaciales en formato vectorial (shapefile) "Cuadriculas_RNJ" que contiene la base espacial de ubicación y descripción de las cuadrículas, y "BaseEspacial_MonitoreoChampa" que contiene la base espacial de las áreas degradadas por champeo y que será utilizada durante la digitalización de la línea base y monitoreos.

Los metadatos de los shapefiles del Anexo 04 son:

Cuadriculas_RNJ:

- ID_GRILLA: código único de cuadrícula
- GMA_CODANP: código del ANP
- COLUMNA_FI: código de columna representado por una letra del alfabeto y el número de fila.
- RPAS_mon: describe las cuadrículas que cubren áreas de bofedales, pajonales de puna húmeda y otros con el número "1" (cuadrículas de monitoreo) y cuadrículas que cubren el espejo de agua con el número "0".

BaseEspacial_MonitoreoChampa:

- ETAPA: describe si la digitalización afectada corresponde a la LINEA BASE o al MONITOREO.
- FECHA: describe la fecha de levantamiento de información.
- OBS: observaciones durante el trabajo de campo y/o gabinete.
- AREA_HA: cálculo del área digitalizada.
- ID_GRILLA: contiene el código único de la cuadrícula afectada por la degradación.
- COLUMNA_FI: código de columna representado por una letra del alfabeto y el número de fila de la cuadrícula afectada.

4. Monitoreo de indicadores

Las ortofotos obtenidas durante el levantamiento fotogramétrico permitirán generar gran cantidad de datos del territorio. El presente documento propone el monitoreo de la degradación de las cuadrículas a partir del incremento del área de champeo con los siguientes indicadores:

Indicador	Unidad	Cadencia de reporte
Área degradada por champeo	- Hectárea - Porcentaje de la cuadrícula	Anual
Tasa de degradación por champeo	- Hectáreas por año - Porcentaje de la cuadrícula por año	

Para el monitoreo de los indicadores mencionados, es necesario realizar una línea base y conocer el estado actual y preciso del ecosistema de bofedales a través del levantamiento fotogramétrico y mapeo de áreas degradadas por champa de las 1563 cuadrículas que equivale a 39,075ha

aproximadamente. Posteriormente, el monitoreo y vigilancia constante de las cuadrículas requiere ser ejecutado durando los diferentes patrullajes y visitas de campo.

En el Anexo 05 se presenta la base de datos en hoja de cálculo que almacenará la información recopilada durante la elaboración de la línea base y los monitoreos, y el panel de reporte de degradación por champeo de las cuadrículas.

En el Anexo 06 se presenta un mapa con los resultados del levantamiento y digitalización de áreas degradadas por champeo en las cuadrículas 301201, 191476, 191515, 191552, 301199, 191475, 191514, 191551, 191589, 191513, 191550, 191588, 191549.

Adicionalmente a los indicadores mencionados, es importante monitorear las horas de vuelo de las RPA's y operadores, para el mantenimiento preventivo de los equipos de acuerdo con las especificaciones del fabricante, y el registro de la ubicación de los puntos de despegue para facilitar la labor de futuros operadores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente protocolo describe el proceso metodológico para el monitoreo y vigilancia de bofedales y pajonales de puna húmeda contra su degradación por champeo utilizando fotogrametría a partir de RPAS en la Reserva Nacional de Junín, el mismo que identifica las cuadrículas generadas por el Documento de Trabajo N°11 - SERNANP como insumo básico para la generación de misiones de vuelo fotogramétrico, que además de monitorear la expansión de áreas degradadas, permite y facilita el reporte del estado de conservación de ecosistemas en el marco de la metodología del SERNANP, con resultados de alta precisión.

El uso de fotogrametría a partir de RPAS para digitalización de áreas degradadas es una técnica de alta precisión que mejora la eficiencia de patrullajes convencionales ya que permite ampliar la cobertura del área patrullada en menos tiempo, sin embargo, inicialmente consume gran cantidad de recursos durante el desarrollo capacidades del equipo en sistemas de información geográfica, teledetección, manejo de RPAS, y el establecimiento de la línea base. Posteriormente, la técnica se convertirá en una actividad rutinaria que generará información muy importante para la gestión del área protegida, de manera eficiente.

Se recomienda realizar la cobertura anual o bianual de todas las cuadrículas que se sobreponen a bofedales y pajonales de puna húmeda mediante fotogrametría con RPAS para una vigilancia y monitoreo preciso de su degradación, ya que las imágenes satelitales de libre acceso no permiten su identificación de áreas degradadas por champeo, y las imágenes satelitales de muy alta resolución tienen costos a largo plazo más elevados la ejecución de levantamientos fotogramétricos con RPAS. La identificación temprana de áreas degradadas por champeo, permitirá a la gestión del ANP y disminuir los riesgos de pérdida áreas de bofedales y acelerar los procesos de restauración con los actores involucrados.