



**Naciones Unidas**  
Oficina contra  
la Droga y el Delito

# Uso de drones para el monitoreo y vigilancia de actividades ilícitas

Jorge Caballero  
Especialista en Sensores Remotos  
[jorge.caballeroespejo@un.org](mailto:jorge.caballeroespejo@un.org)





# Problemática del monitoreo de cultivos ilícitos

Los cultivos ilícitos representan uno de los principales desafíos para el monitoreo territorial en regiones amazónicas y andinas debido a:

- Expansión en zonas remotas.
- Son controlados por economías ilegales.
- Acceso limitado por vía terrestre.
- Condiciones climáticas complejas.
- Cambios rápidos en el uso del suelo.





# Limitaciones de métodos tradicionales



Los métodos tradicionales presentan limitaciones importantes:

## Trabajo de campo

- Alto costo logístico.
- Riesgos operativos.
- Cobertura limitada.

## Imágenes satelitales

- Problemas de nubosidad.
- Resolución insuficiente en zonas específicas.
- Baja frecuencia de validación en campo.



# Limitaciones de métodos tradicionales

Los drones permiten complementar estas limitaciones mediante observaciones detalladas y focalizadas



Los métodos tradicionales presentan limitaciones importantes:

## Trabajo de campo

- Alto costo logístico.
- Riesgos operativos.
- Cobertura limitada.

## Imágenes satelitales

- Problemas de nubosidad.
- Resolución insuficiente en zonas específicas.
- Baja frecuencia de validación en campo.



# Sistemas RPAS aplicados al monitoreo



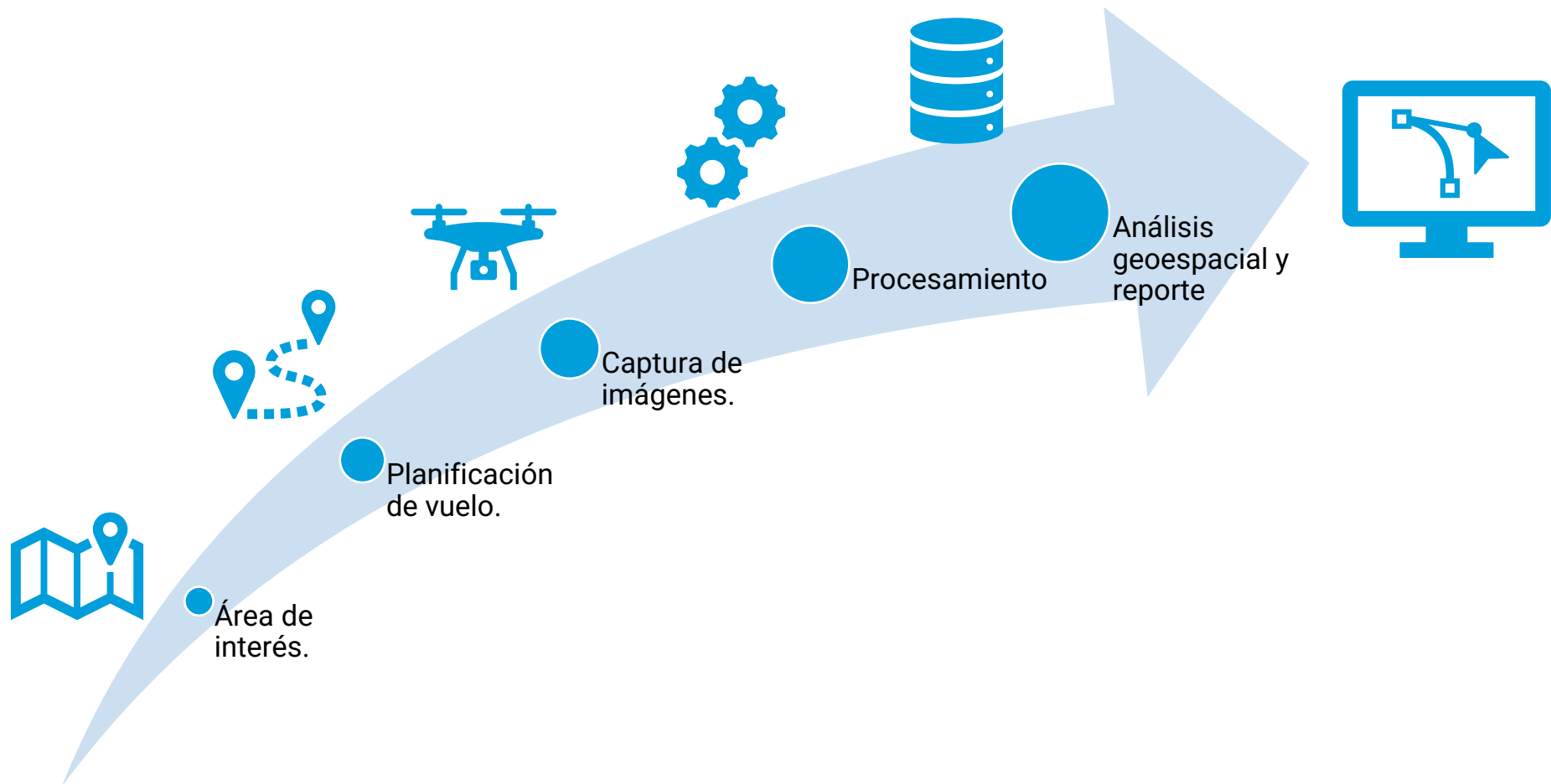
El uso de drones ofrece múltiples ventajas:

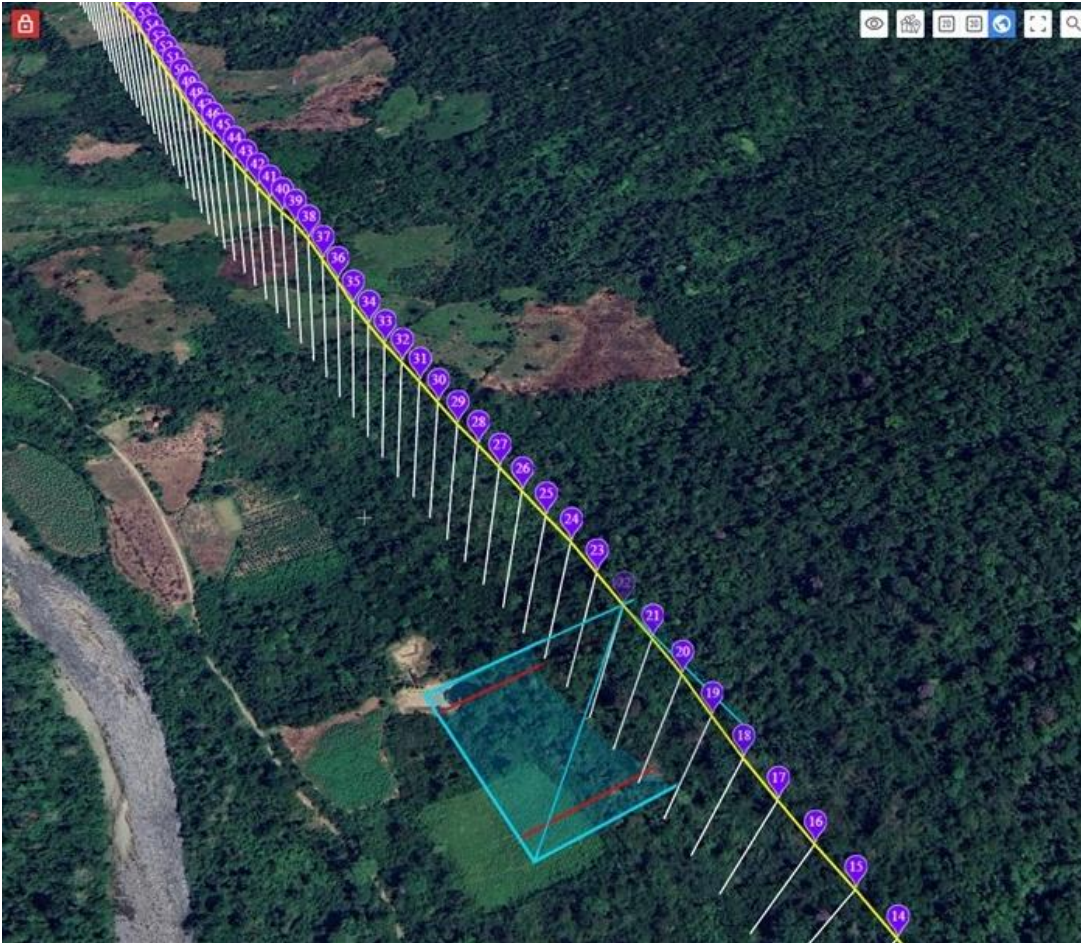
- Alta resolución espacial (<5 cm/pixel).
- Adquisición rápida de datos.
- Flexibilidad operativa.
- Reducción de costos.
- Cobertura de zonas inaccesibles.
- Monitoreo multitemporal.
- Validación precisa de focos.

***“Los drones permiten obtener evidencia visual detallada para análisis y toma de decisiones”***



# Metodología de monitoreo con RPAS





La planificación adecuada es fundamental para garantizar calidad de datos

### Variables importantes:

- Altura de vuelo - 150m
- Solape frontal y lateral 70 y 80%
- Resolución deseada. < 5cm/px
- Condiciones climáticas.
- Autonomía del dron ~ 8km
- Seguridad operacional.

### Productos esperados:

- Orthomosaico.
- Modelo digital de superficie.
- Nube de puntos.



# Monitoreo multiescala



Los drones complementan el monitoreo satelital mediante validaciones de alta precisión.

## Integración típica:

- Satélite:
  - Detección regional,
  - Alertas tempranas.
- Dron:
  - Verificación detallada,
  - Caracterización local.

***Esta integración mejora la precisión del monitoreo territorial.***



# Uso de Machine Learning - IA

```
09_baseline_models.ipynb 11_comparacion.ipynb 13_ensemble_engineer.ipynb
oks > 13_ensemble_engineer.ipynb > M4 2. Cross-validation + Test evaluation > M4 Comparación general
+ Markdown | Run All | Restart | Clear All Outputs | Jupyter Variables | Outline
cv=cv,
scoring=current_scoring,
n_jobs=-1
)
# -----
# Entrenamiento
# -----
model_clone = clone(model)
model_clone.fit(X_train, y_train)

y_pred = model_clone.predict(X_test)

# -----
# AUC test
# -----
if hasattr(model_clone, "predict_proba"):
    y_proba = model_clone.predict_proba(X_test)[:, 1]
    auc_test = roc_auc_score(y_test, y_proba)

elif hasattr(model_clone, "decision_function"):
    y_proba = model_clone.decision_function(X_test)
    auc_test = roc_auc_score(y_test, y_proba)

else:
    auc_test = None

# -----
# Resultados
# -----
results_list.append({
    'Modelo': name,

    'CV_Accuracy': scores['test_accuracy'].mean(),
    'CV_Precision': scores['test_precision'].mean(),
    'CV_Recall': scores['test_recall'].mean(),
    'CV_F1': scores['test_f1'].mean(),

    'CV_AUC': scores['test_roc_auc'].mean()
    if 'test_roc_auc' in scores else None,

    'Test_Accuracy': accuracy_score(y_test, y_pred),
    'Test_Precision': precision_score(y_test, y_pred, zero_division=0),
    'Test_Recall': recall_score(y_test, y_pred, zero_division=0),
    'Test_F1': f1_score(y_test, y_pred, zero_division=0),
    'Test_AUC': auc_test,

    'Train Time': scores['fit time'].mean()
})
```



La inteligencia artificial permite automatizar procesos de identificación y clasificación.

## Aplicaciones:

- Clasificación supervisada.
- Segmentación semántica.
- Detección automática de parcelas con IA.
- Análisis multitemporal.

***La IA mejora velocidad y precisión analítica.***



# Desafíos técnicos y operativos



## Técnicos:

- Clima tropical.
- Autonomía limitada.

## Operacionales:

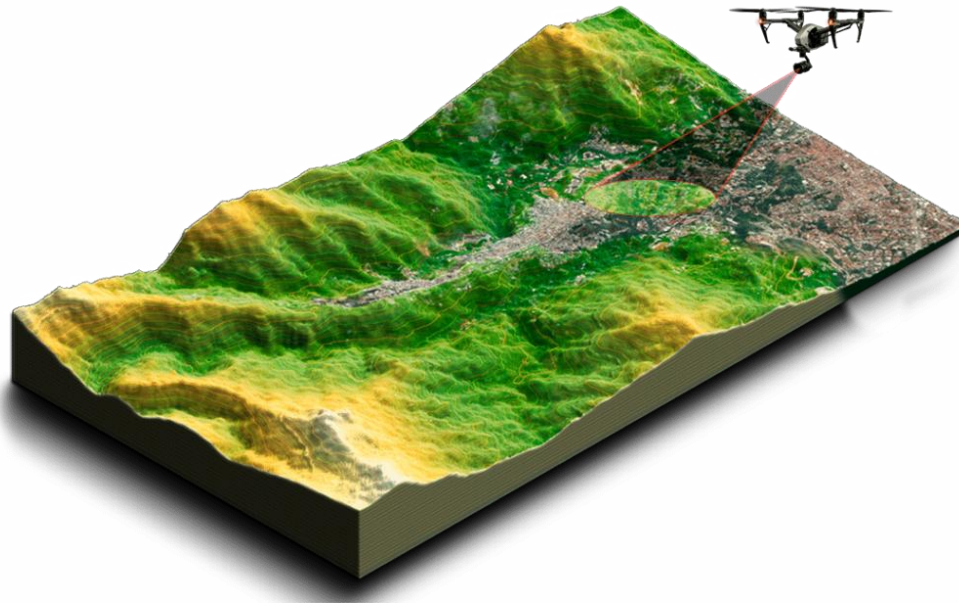
- Acceso difícil.
- Seguridad en campo.
- Transporte de equipos.

## Normativos:

- Regulación aérea DGAC / FFAA
- Permisos de vuelo en ANP

## Analíticos:

- Gran volumen de datos.
- Necesidad de procesamiento avanzado.



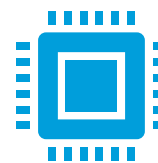
## Innovaciones emergentes

Las nuevas tecnologías permitirán:

- Drones autónomos.
- IA en tiempo real.
- Edge computing.
- Monitoreo automatizado.
- Plataformas cloud GIS.



***El futuro apunta a sistemas integrados e inteligentes de vigilancia territorial.***



# Conclusiones



- Los drones complementan eficazmente el monitoreo satelital.
- Permiten observación de alta precisión.
- Mejoran la capacidad de verificación territorial.
- Facilitan monitoreo rápido y flexible.
- La integración con IA potencia el análisis automatizado.

***El uso de drones representa una herramienta estratégica para el monitoreo ambiental y territorial.***



# Muchas gracias

Jorge Caballero  
Especialista en Sensores Remotos  
SIMCI Perú  
[jorge.caballeroespejo@un.org](mailto:jorge.caballeroespejo@un.org)



**Naciones Unidas**  
Oficina contra  
la Droga y el Delito