VI CONGRESO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO
& IX SIMPOSIO NACIONAL MARINO COSTERO

Distribución potencial del ecosistema nuboso de Guatemala: modelo multivariable como insumo técnico para la adaptación basada en ecosistemas

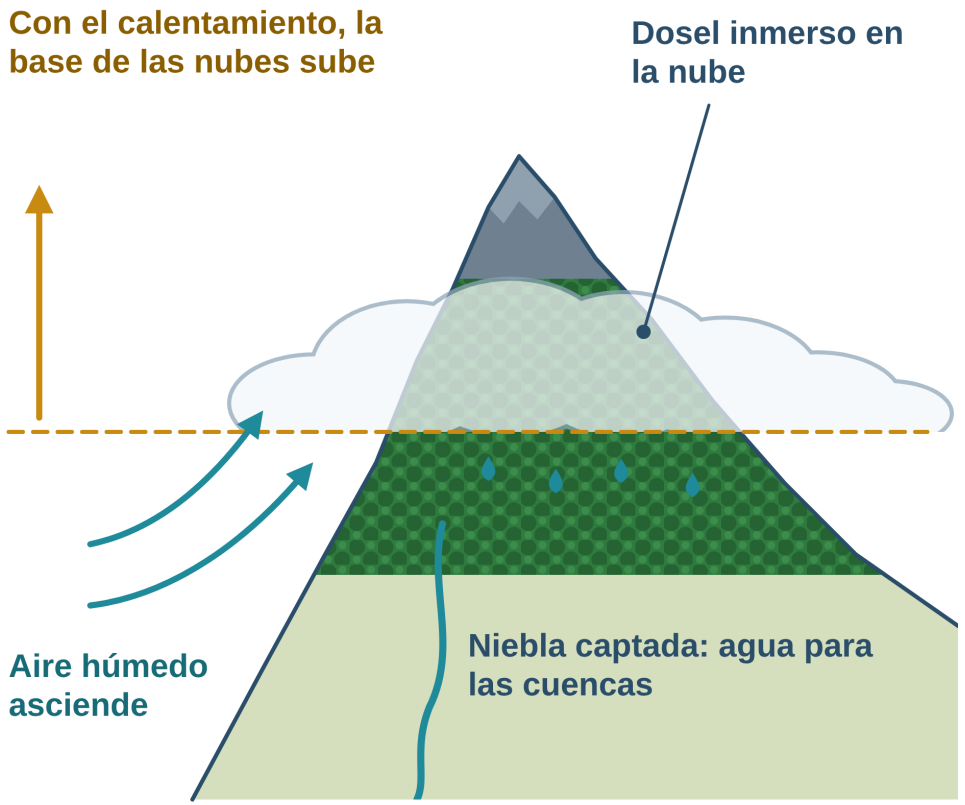
Manuel Alejandro Colindres Orellana

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)

14/10/2026

Introducción: un ecosistema que depende de la nube

- Capta niebla y nubes: aporta agua a las cuencas de montaña
- Alta diversidad y endemismo: quetzal, pavo de cacho, bromelias, salamandras
- Sensible al clima: si la base de las nubes sube, el dosel pierde inmersión
- Faltaba un modelo multivariable, reproducible y validado de dónde puede existir



Elaboración propia con base en Bruijnzeel et al. (2011)

Fuentes: Bruijnzeel et al. (2011); Helmer et al. (2019); Dix et al. (2023).

Objetivos del estudio

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo geoespacial multivariable para estimar la distribución potencial del ecosistema nuboso de Guatemala (2000-2024)

1

Determinar las variables que mejor explican su distribución

2

Estimar y cartografiar sus límites espaciales

3

Comparar cuatro algoritmos y su ensamble para elegir el más preciso

Basado en la tesis de Maestría en Geomática, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala (2026).

Metodología: de 63 variables a un mapa a 250 m

1

Datos

63 variables candidatas

554 presencias

9,912 puntos de fondo

250 m, Google Earth Engine

2

Filtrado

Circularidad

Redundancia

Relevancia ecológica

Colinealidad

13 predictores

3

Modelos

Random Forest

MaxEnt

GBM

GLM

Ensamble equiponderado

4

Validación

Cruzada espacial

Bloques de ~333 km²

5 pliegues

AUC, TSS y CBI

5

Cartografía

Idoneidad a 250 m

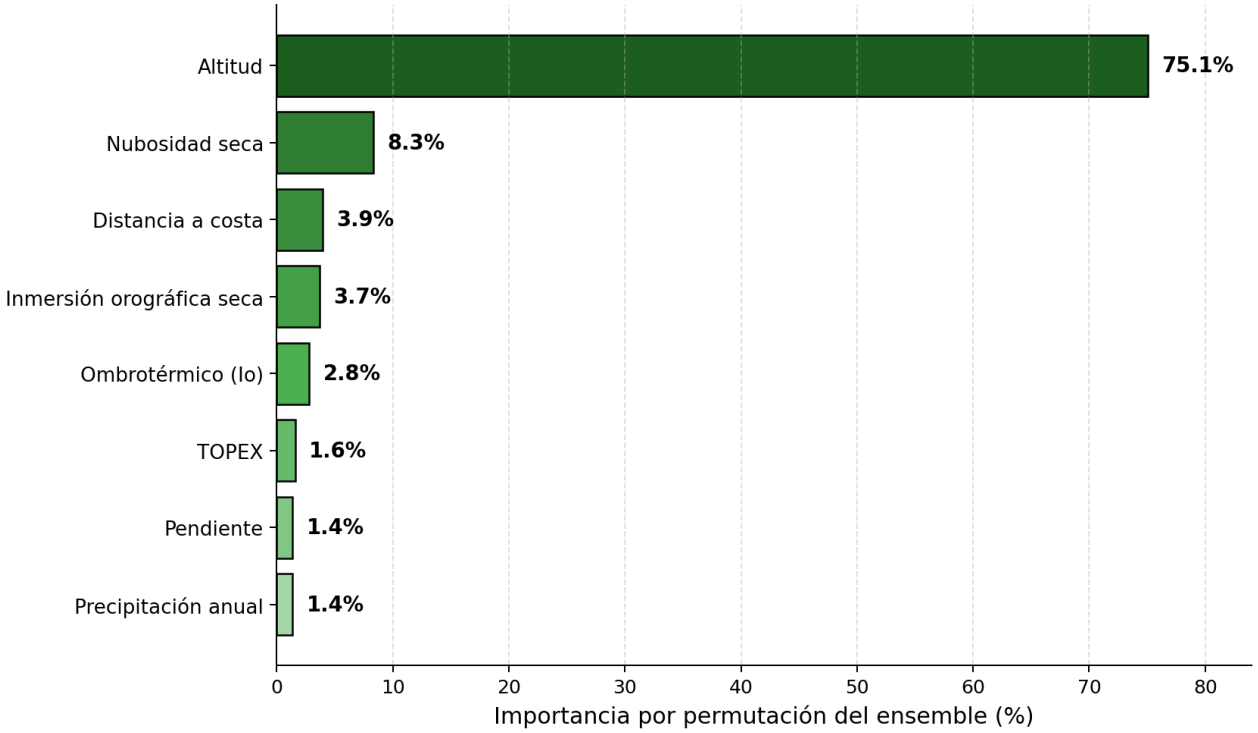
Mapa binario

4 subtipos altitudinales

Área por departamento

Validación cruzada espacial por bloques según Valavi et al. (2019).

Resultado 1: la altitud pesa 75 %



75 %

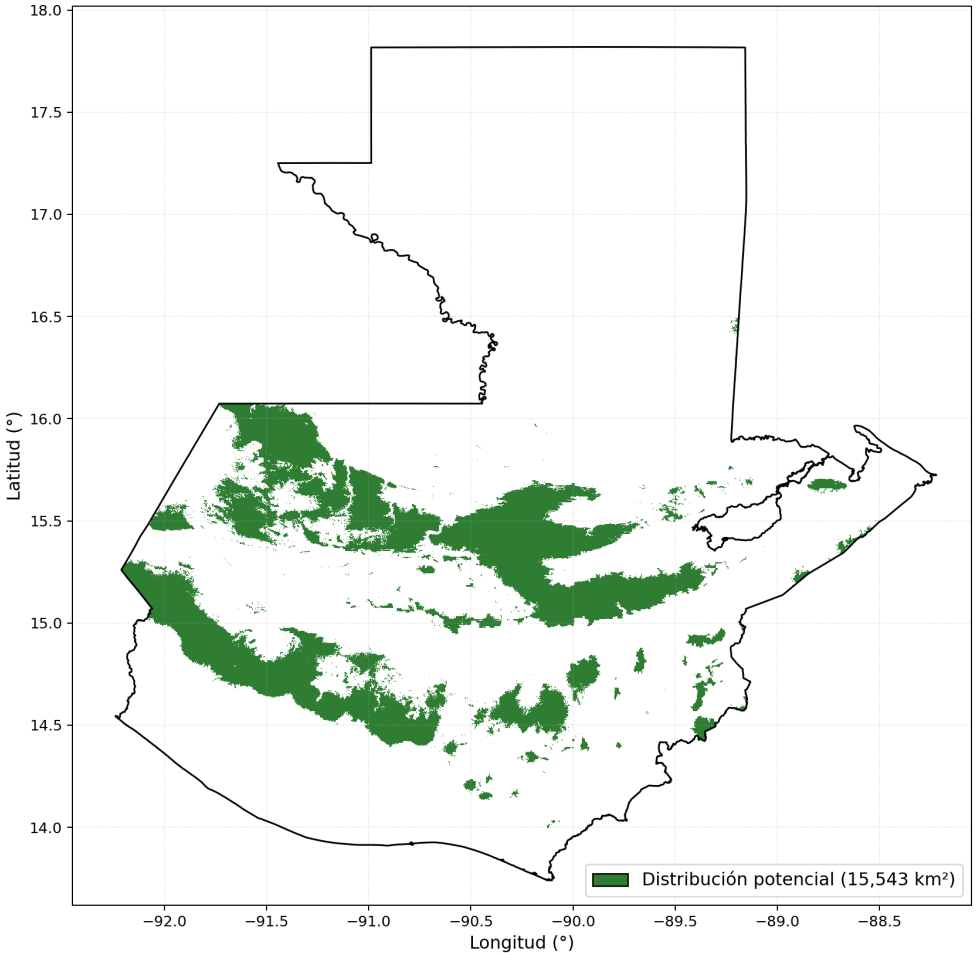
de la importancia la aporta la altitud; la inmersión nubosa orográfica aporta 4 %

8 %

aporta la nubosidad agregada (MODIS, estación seca), en segundo lugar

El relieve mejora el modelo frente a uno con solo nubosidad y clima (AUC sobre 800 m: 0.932 vs. 0.841)

Resultado 2: 15,543 km² aptos para ecosistema nuboso



15,543 km²

de distribución potencial

14.4 %

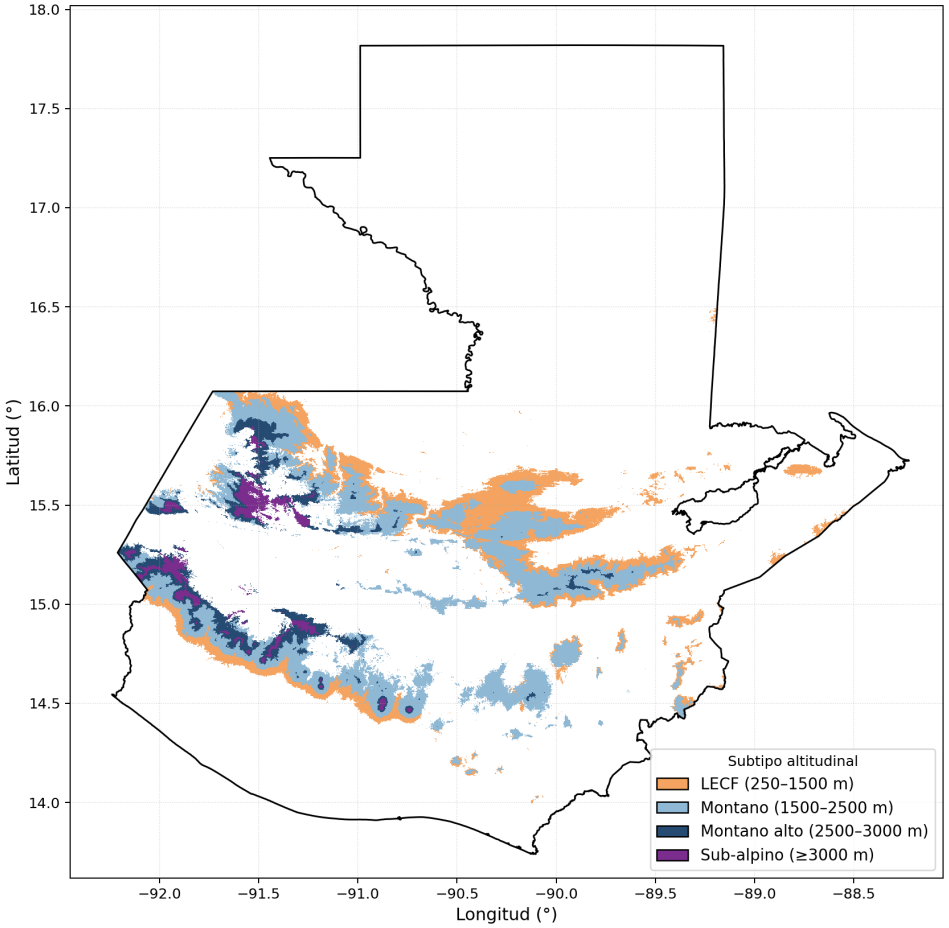
del territorio nacional

+43.0 %

respecto a la cartografía oficial INAB-CONAP 2020 (10,872 km²)

Es distribución potencial (condiciones aptas), no cobertura forestal actual

Resultado 3: cuatro subtipos altitudinales



LECF (baja elevación)
250–1,500 m
4,827 km²
31.1 %

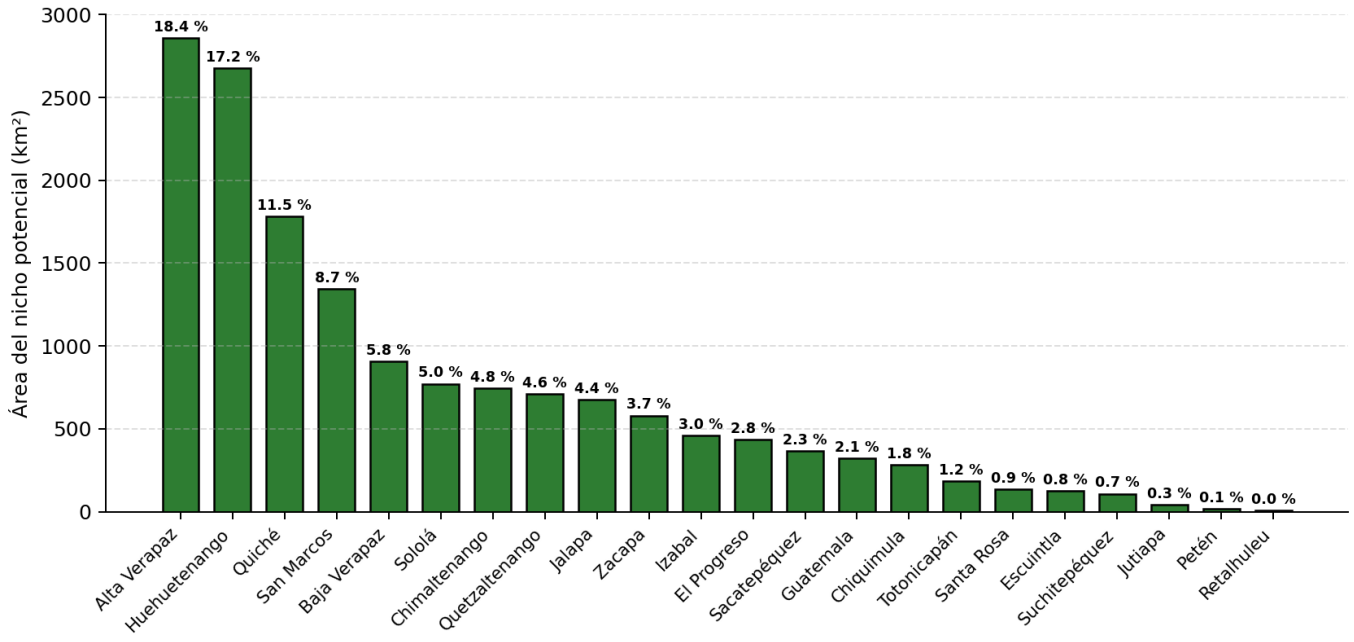
Montano
1,500–2,500 m
7,873 km²
50.7 %

Montano alto
2,500–3,000 m
1,995 km²
12.8 %

Sub-alpino
≥ 3,000 m
847 km²
5.5 %

Clasificación operativa por bandas de altitud, inspirada en Bruijnzeel et al. (2011).

Resultado 4: casi la mitad está en tres departamentos



Área de distribución potencial por departamento (km²)

47.1 %

en Alta Verapaz, Huehuetenango y Quiché

24.3 %

dentro del SIGAP (3,778 km²)

El resto queda fuera de áreas protegidas

SIGAP: capa oficial del CONAP del 8 de diciembre de 2025.

Resultado 5: desempeño del modelo

Validación cruzada espacial del ensamble

0.974 — **AUC**
capacidad de discriminación

0.840 — **TSS**
aciertos en presencias y fondo

0.982 — **CBI**
consistencia idoneidad-presencias

Coherencia con fuentes externas (vecindad de 2 km)

38 de 45 sitios de bosque nuboso documentados en la literatura (84.4 %)

16 de 17 puntos de control del INAB (94.1 %)

Las métricas internas pueden ser optimistas: los bloques son menores que el rango de autocorrelación de las variables

Conclusiones

1. La altitud aporta el 75 % de la importancia; las variables del relieve mejoran el modelo
2. Guatemala tiene 15,543 km² aptos para ecosistema nuboso: 14.4 % del país
3. Casi la mitad está en Alta Verapaz, Huehuetenango y Quiché; 24.3 % en el SIGAP
4. El ensamble discrimina bien (AUC 0.974) y captó el 84.4 % de los sitios documentados
5. El mapa expresa idoneidad relativa: requiere verificación de campo

Implicaciones para la adaptación basada en ecosistemas

Idoneidad alta con bosque

Proteger

Idoneidad alta sin bosque

Restaurar

- Verificar en campo las áreas que el modelo predice y la cartografía oficial no incluye
- Proyectar el modelo a 2050 (RCP 4.5 y RCP 8.5) para anticipar la contracción del nicho
- Actualizarlo cada cinco años y usarlo en planes maestros del SIGAP y PROBOSQUE

Organizado por:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

SGCCC
Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático

Alianza Intersectorial Marino Costera GT
#UnidosXNuestrosOcéanos

DEFENSORES DE LA NATURALEZA

Galileo UNIVERSIDAD

ICC
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

FUNDAECO

Gobierno Municipal Puerto Barrios

MAR FUND

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

VI CNCC
Plataforma Impulsora Local Izabal

Con el apoyo de:

CATIE
Solutions for Inclusive Green Development
Soluciones para el Desarrollo Verde Inclusivo

DEFENSORES
DE LA NATURALEZA

FUNDAECO

France
FFEM
FONDS
FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT
MONDIAL

ICC
Instituto Privado de Investigación
sobre Cambio Climático

Gobierno
Municipal
Puerto Barrios

MAR
FUND

UICN

WWF

¡Muchas gracias!

Manuel Alejandro Colindres Orellana
Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)
Dirección de Manejo de Bosques y Vida Silvestre
manuel.colindres@conap.gob.gt

VI CONGRESO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO
& IX SIMPOSIO NACIONAL MARINO COSTERO

Con el aval de:

2021 2030 Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible