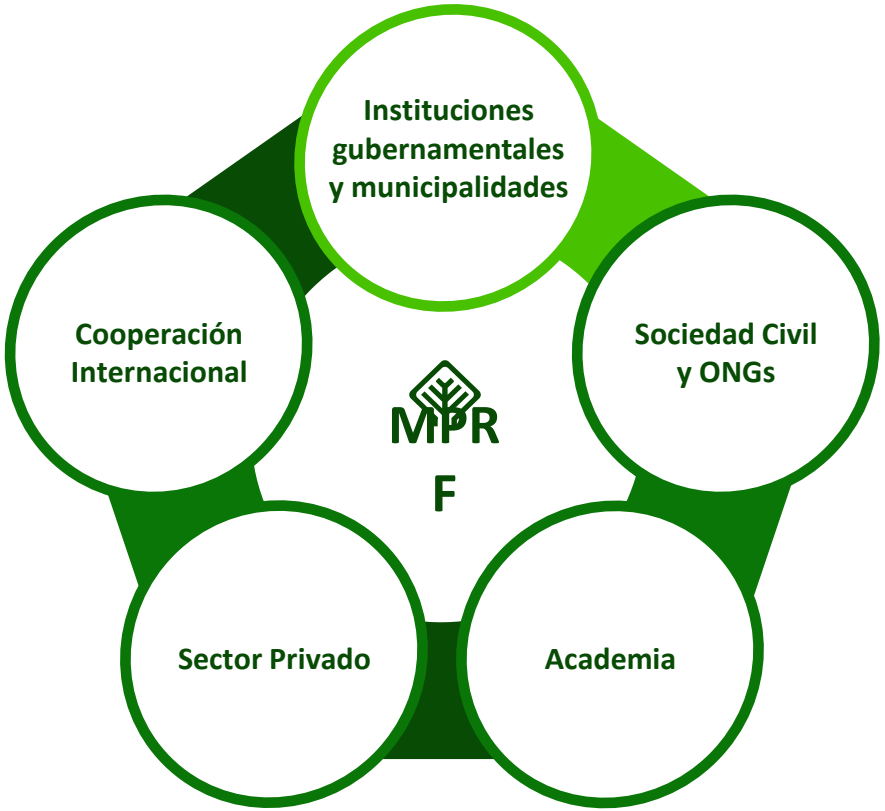
VI CONGRESO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO
& IX SIMPOSIO NACIONAL MARINO COSTERO

# Planificación estratégica de la restauración del paisaje forestal en Guatemala mediante la integración de la modelación del cambio climático y la conectividad ecológica

**MSc. Javier de Paz**
Departamento de Restauración Forestal
Instituto Nacional de Bosques (INAB)

**1.2 millones**

Hectáreas de tierras degradadas de Guatemala **para el año 2045**



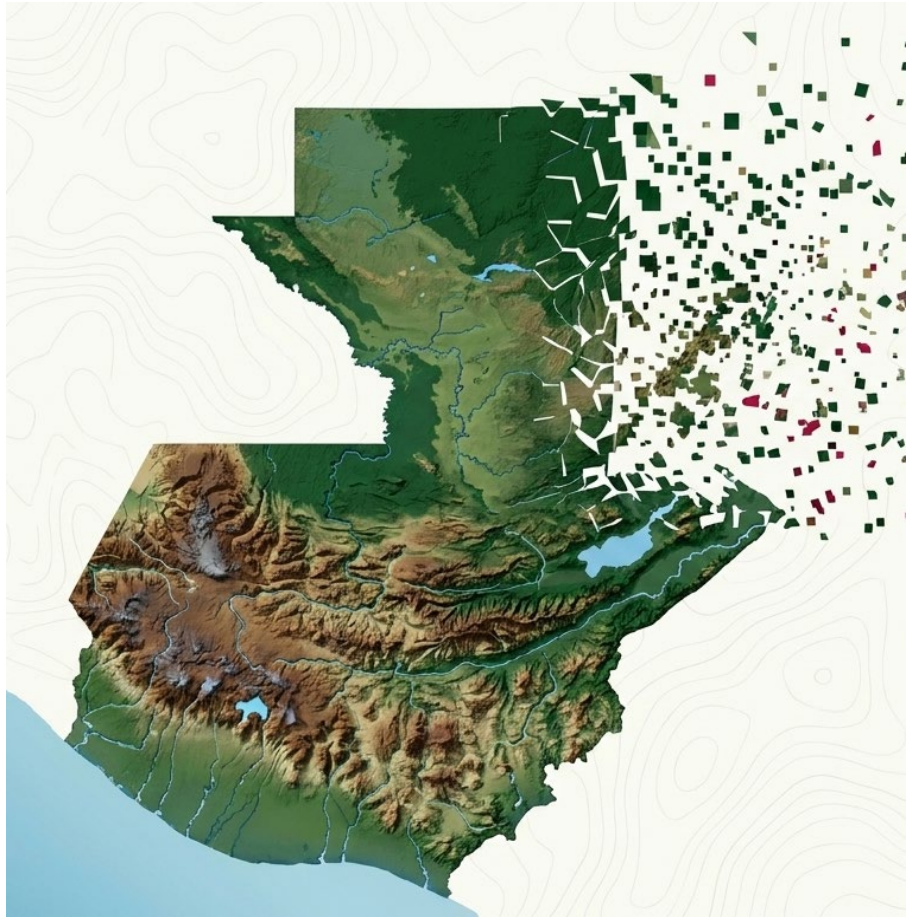

# Estrategia Nacional **de Restauración del Paisaje Forestal**



# Miembros de la Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala



# Relación: Temperatura, Cobertura Forestal y Población en Guatemala (1950–2025)



| Año | Cambio de temperatura media (°C) | Cobertura forestal (%) | Población (millones) | Hechos Relevantes |
|---|---|---|---|---|
| 1950 | 0.0 | ~64 % | ~3.1 M | Antes del auge agrícola y ganadero moderno. |
| 1960 | +0.1 | ~58 % | ~4.1 M | Expansión cafetalera y ganadera. |
| 1970 | +0.2 | ~52 % | ~5.4 M | Expansión agrícola en el norte. |
| 1980 | +0.4 | ~48 % | ~7.0 M | Incremento de frontera agrícola en FTN y Petén. |
| 1990 | +0.5 | ~47 % | ~8.9 M | Auge de palma, ganadería e incendios. |
| 2000 | +0.6 | ~40 % | ~11.7 M | Conversión a agricultura comercial. |
| 2010 | +0.8 | ~35 % | ~14.6 M | Pérdida acelerada en Petén y costa sur. |
| 2020 | +0.9 | ~33 % | ~17.9 M | Pérdida neta desacelera, aumenta degradación. |
| 2025 | +1.0 | ~33 % | ~18.7 M | Incendios, degradación y fragmentación |

# Incendios y su impacto en el paisaje forestal de Guatemala

Entre 2021 y 2025 los incendios ejercieron una presión creciente sobre los bosques del país y los servicios ecosistémicos que estos sostienen.

**6,828**

**Incendios registrados**

5,257 forestales · 1,571 no forestales

**304,821**

**Hectáreas afectadas**

190,602 ha forestales · 114,219 ha no forestales

**5.8%**

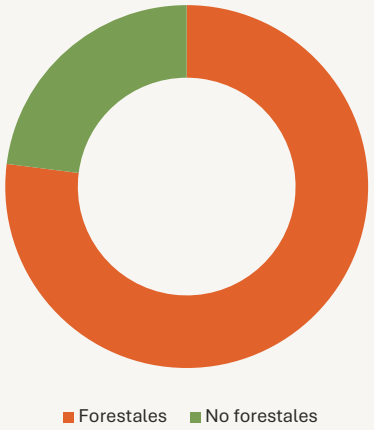
**De la cobertura forestal nacional**

Sobre 3.3 millones de hectáreas de bosque

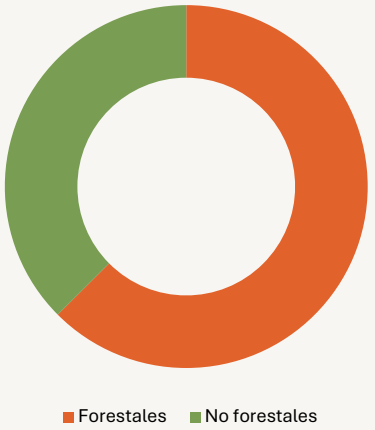
# Distribución de incendios y superficie afectada

Período 2021–2025 · Guatemala

**Incendios (total: 6,828)**




**Superficie afectada (total: 304,821 ha)**




**5.8%**

de los 3.3 millones de hectáreas de cobertura forestal del país resultó afectada por incendios.

*No representa pérdida permanente de bosque: muchos ecosistemas tienen capacidad de regeneración.*

**Servicios ecosistémicos bajo presión**

- Regulación hídrica
- Biodiversidad
- Almacenamiento de carbono
- Conectividad ecológica

*Fortalecer la prevención, el manejo integral del fuego y la restauración del paisaje forestal es esencial para avanzar hacia la Neutralidad en la Degradación de las Tierras y aumentar la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades rurales.*

# La presión en los Ecosistemas



# De recuperar el pasado a asegurar el futuro

| Restauración Tradicional | Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) |
|---|---|
|  |  |
| - **Enfoque:** Trascender la mera recuperación de cobertura vegetal estática. | - **Enfoque:** Integrar biodiversidad, conectividad ecológica y manejo sostenible. |
| - **Perspectiva:** Mirada hacia atrás (condiciones históricas). | - **Perspectiva:** Mirada hacia adelante (modelación predictiva 2040–2069). |
| - **Resultado:** Alta vulnerabilidad a los cambios de temperatura y precipitación. | - **Resultado:** Construcción de resiliencia dinámica para el paisaje y las comunidades humanas. |

# Una fórmula integral para identificar zonas de resiliencia



**1. Variables Base**

Clima Histórico (1960-2018) + ETP/ETR + DEM (Altitud).



**2. Proyección Climática**

Escenario RCP 8.5 (2040-2069).



**3. Fricción del Paisaje**

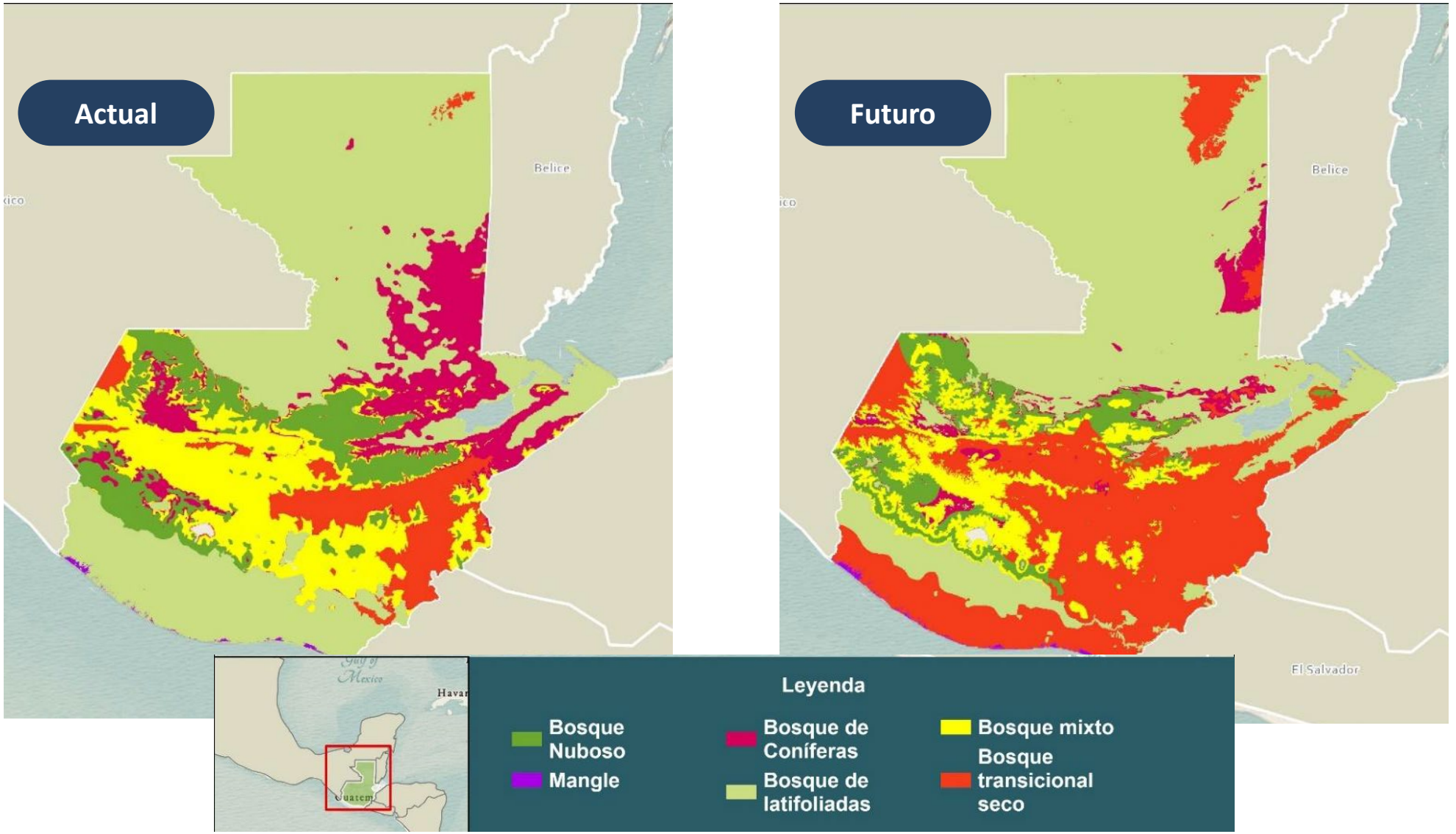
Análisis de fragmentación, pendiente y calidad de hábitat actual.



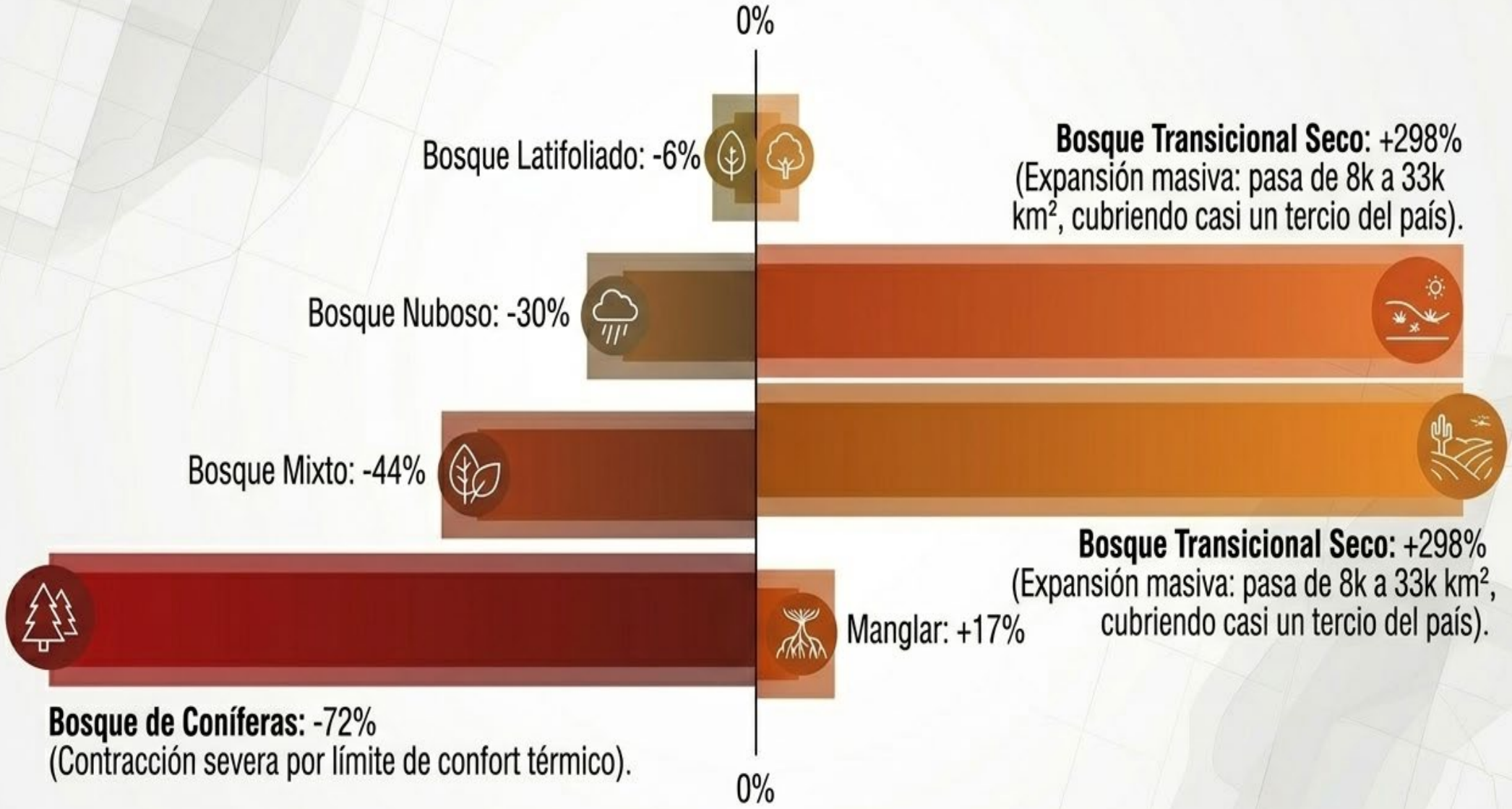
**4. Resultado**

Zonas prioritarias de intervención y rutas de menor costo.

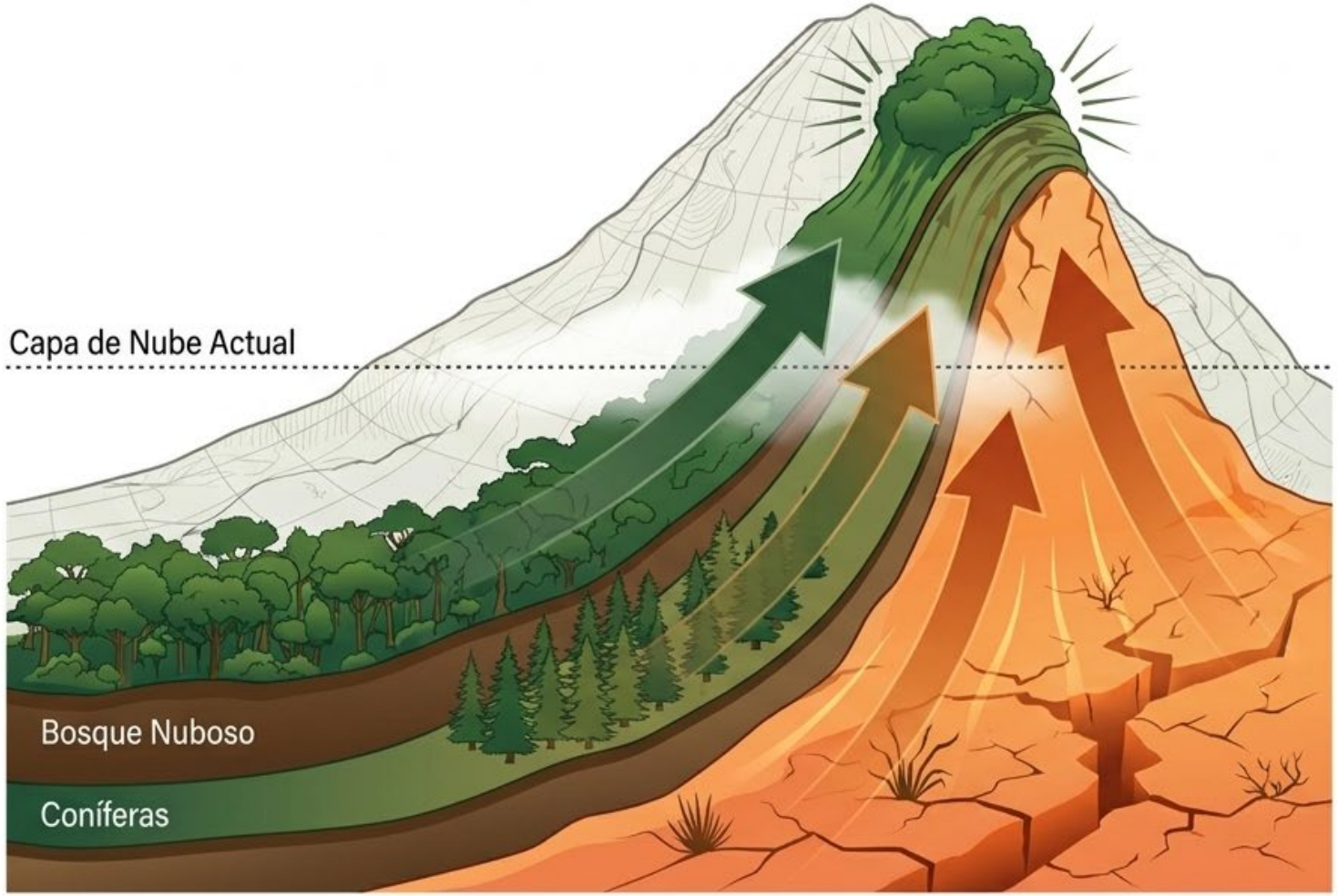
# Modelación de los ecosistemas en Guatemala 2040 – 2069



# Colapso de coníferas y expansión del ecosistema seco



# El desplazamiento altitudinal y la crisis hídrica




## El Fenómeno

Ante el estrés térmico progresivo, los bosques nubosos y mixtos se ven comprimidos hacia altitudes cada vez mayores, hasta quedarse sin elevación disponible.

## El Impacto

Restricción de la función de intercepción de niebla y recarga de acuíferos ('siembra de agua').

**Esto representa un riesgo estructural inminente para la disponibilidad de agua en las principales cuencas hidrográficas del país.**

# La restauración debe seguir el desplazamiento de los ecosistemas



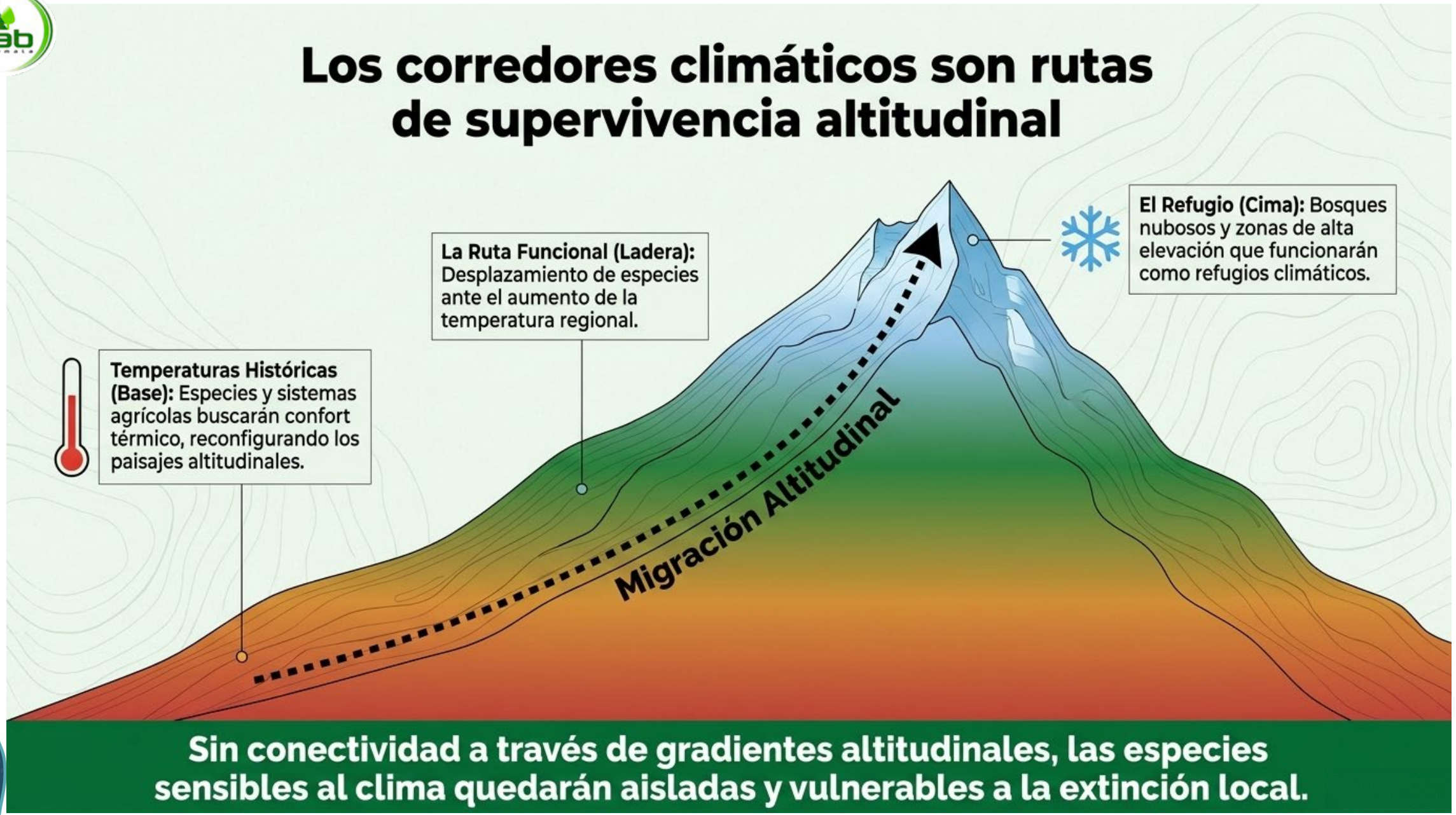

| **Corredor Seco** (Déficit hídrico severo) | **Tierras Altas** (Humedad intermedia) | **Caribe y Norte** (Alta humedad) |
|---|---|---|
| **Intervención:** Adaptación intensiva basada en ecosistemas (AbE). Uso exclusivo de especies nativas resistentes a la sequía extrema para prevenir el colapso total del ciclo del agua. | **Intervención:** Manejo forestal sostenible y agroforestería. Restauración productiva vital para diversificar el paisaje y mantener los servicios hídricos en áreas densamente pobladas. | **Intervención:** Conservación y regeneración natural. La ruta más rentable para mantener la conectividad en el gran bloque norte y los bosques nubosos. |

# La modelación espacial nos permite anticipar la reconfiguración

No podemos proteger lo que no podemos prever. Utilizando algoritmos de cambio delta y superposición booleana, proyectamos cómo se moverán los ecosistemas para diseñar corredores de supervivencia hoy.



# Los corredores climáticos son rutas de supervivencia altitudinal




**Sin conectividad a través de gradientes altitudinales, las especies sensibles al clima quedarán aisladas y vulnerables a la extinción local.**

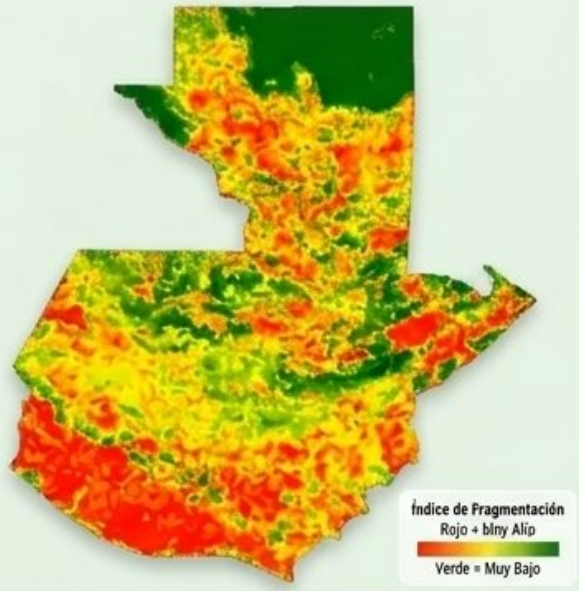
# La Ecuación de la Conectividad

El análisis de conectividad se construye mediante la integración espacial de tres componentes clave.



# Diseccionando las Variables Espaciales

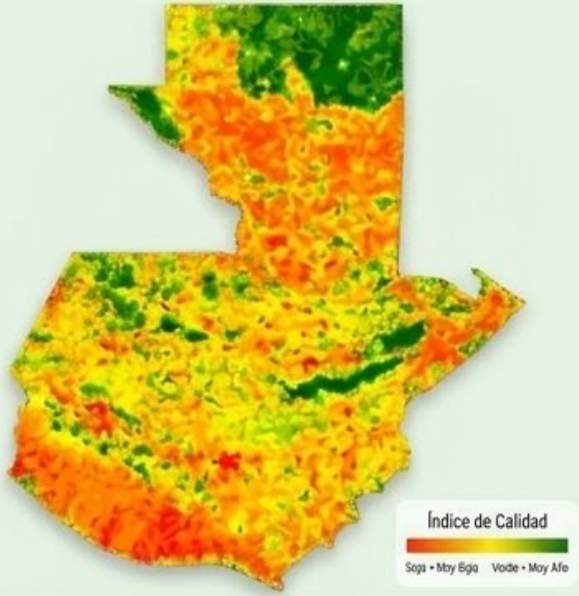
## Índice 1: Fragmentación




**Métrica:** Índice de Área Efectiva de Malia (MESH).

**Función:** Mide el tamaño efectivo de los parches y su grado de división en 11,725 hexágonos.

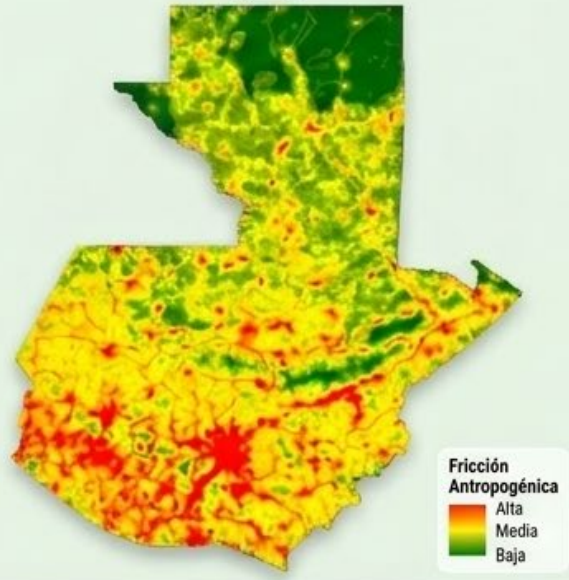
## Índice 2: Calidad de Hábitat




**Métrica:** Índice de Vegetación Mejorado (EVI).

**Función:** Procesamiento satelital (Sentinel-2, Google Earth Engine) para evaluar la condición pura de la vegetación natural.

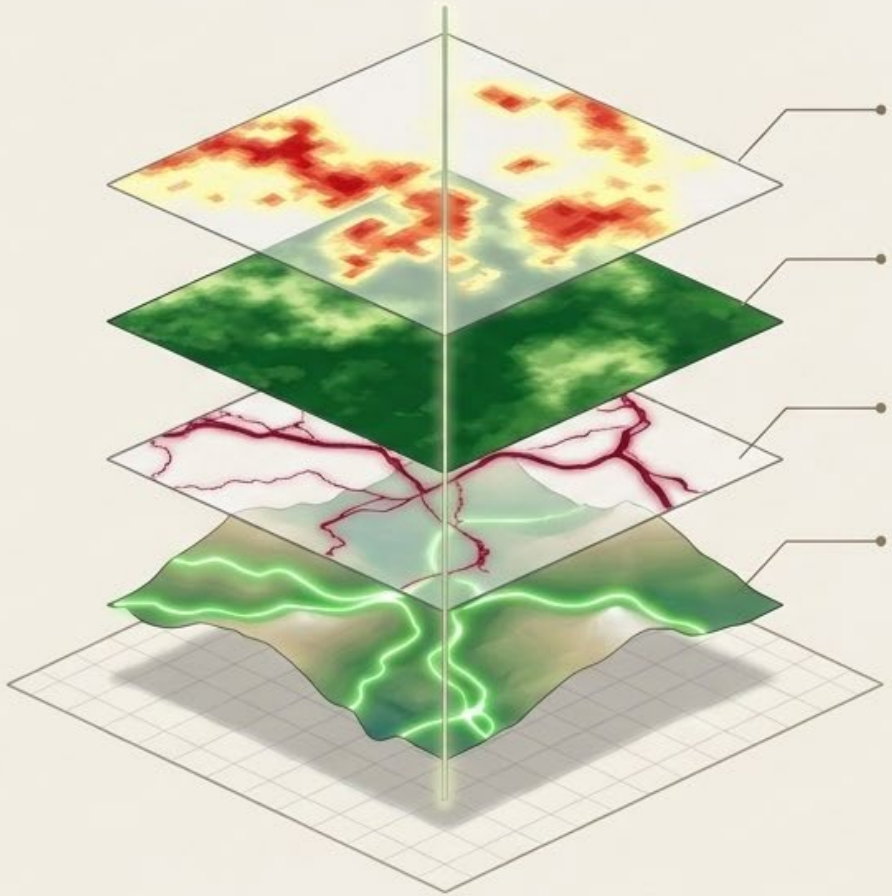
## Índice 3: Fricción Antropogénica




**Métrica:** Escala de Resistencia.

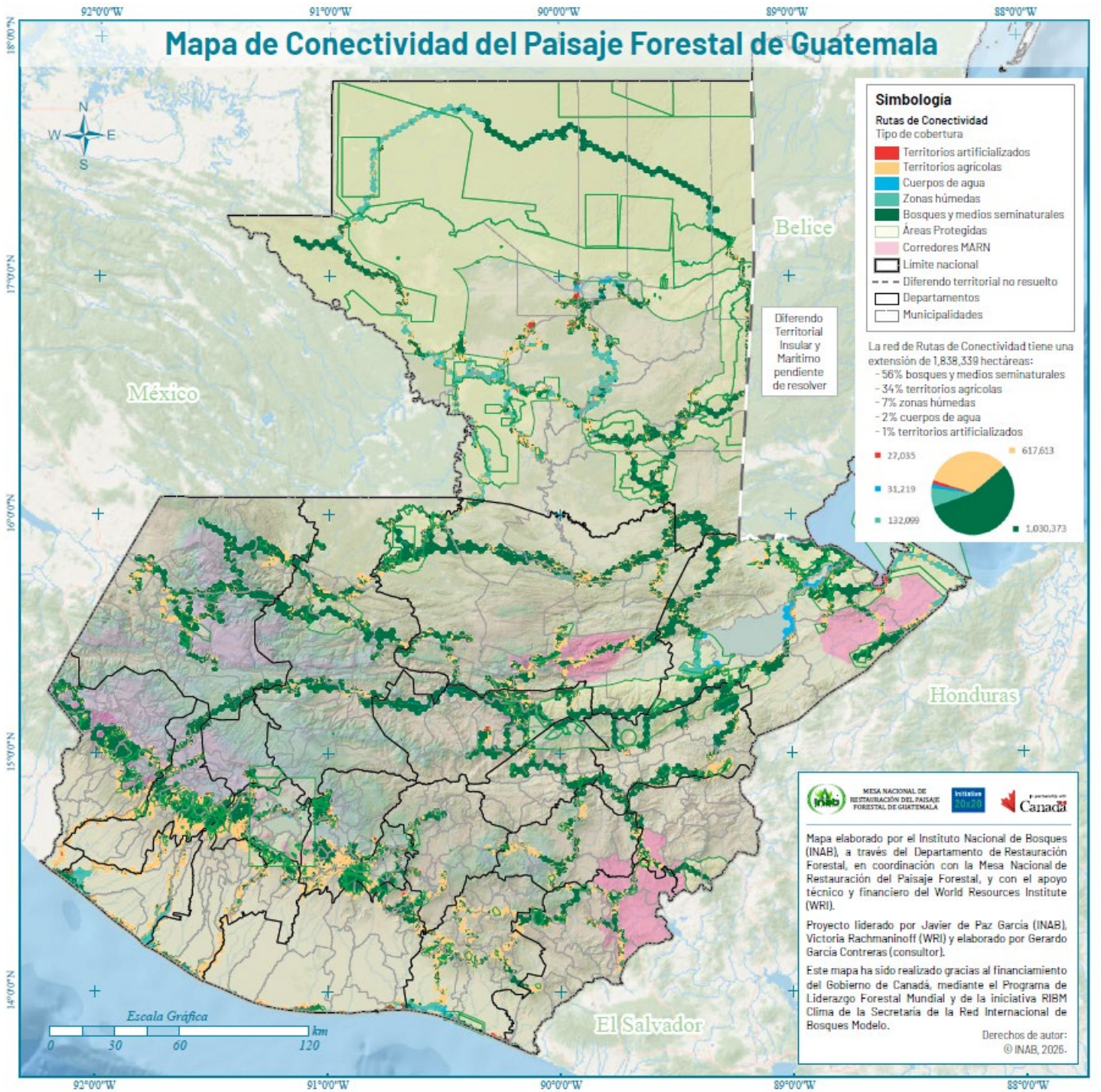
**Función:** Modela la resistencia al flujo natural desde infraestructura lineal (media fricción) hasta asentamientos urbanos (alta fricción).

# La Integración Espacial: El descubrimiento de las rutas




La superposición de estas tres dimensiones revela de manera matemática las rutas más viables para el flujo genético y la supervivencia de las especies en Guatemala.

# MAPA DE CONECTIVIDAD DEL PAISAJE FORESTAL DE GUATEMALA



# El imperativo de adaptación en tres dimensiones



## Dimensión Ecológica

Sin intervención predictiva, la matriz ecosistémica colapsará (ej. pérdida crítica de reguladores del ciclo hídrico).

## Dimensión Social

La degradación no es solo biológica; es una amenaza directa a la seguridad hídrica, alimentaria y económica de las poblaciones rurales.

## Dimensión de Política Pública

La conectividad es el vehículo para el cumplimiento obligatorio de compromisos internacionales (Acuerdo de París / NDC) y la Estrategia Nacional de Restauración (2015-2045).

**La restauración forestal debe transformar su propósito: dejar de reconstruir el pasado para diseñar intencionalmente la resiliencia del futuro.**

# El Nuevo Paradigma: Adaptación basada en Ecosistemas (AbE)




*La naturaleza como infraestructura tecnológica de adaptación*

# **Matriz de Acción:** Respuestas **AbE por Ecosistema**

| Ecosistema | Riesgo Climático Proyectado | Medida AbE Prioritaria |
|---|---|---|
| Bosque de Coníferas | Pérdida del 72% del área idónea. | Transición a especies nativas, Sistemas Silvopastoriles (SSP). |
| Bosque Nuboso / Mixto | Ascenso de la franja de nubes, reducción del 30-44%. | Conservación estricta de remanentes, Sistemas Agroforestales (SAF), Barreras vivas. |
| Bosque Transicional Seco | Expansión del 298%, desertificación. | SAF, SSP, manejo de regeneración natural para resiliencia productiva. |
| Manglar | Salinización, ascenso del mar. | Restauración hidrológica de manglar. |

# El Fin del Viejo Modelo

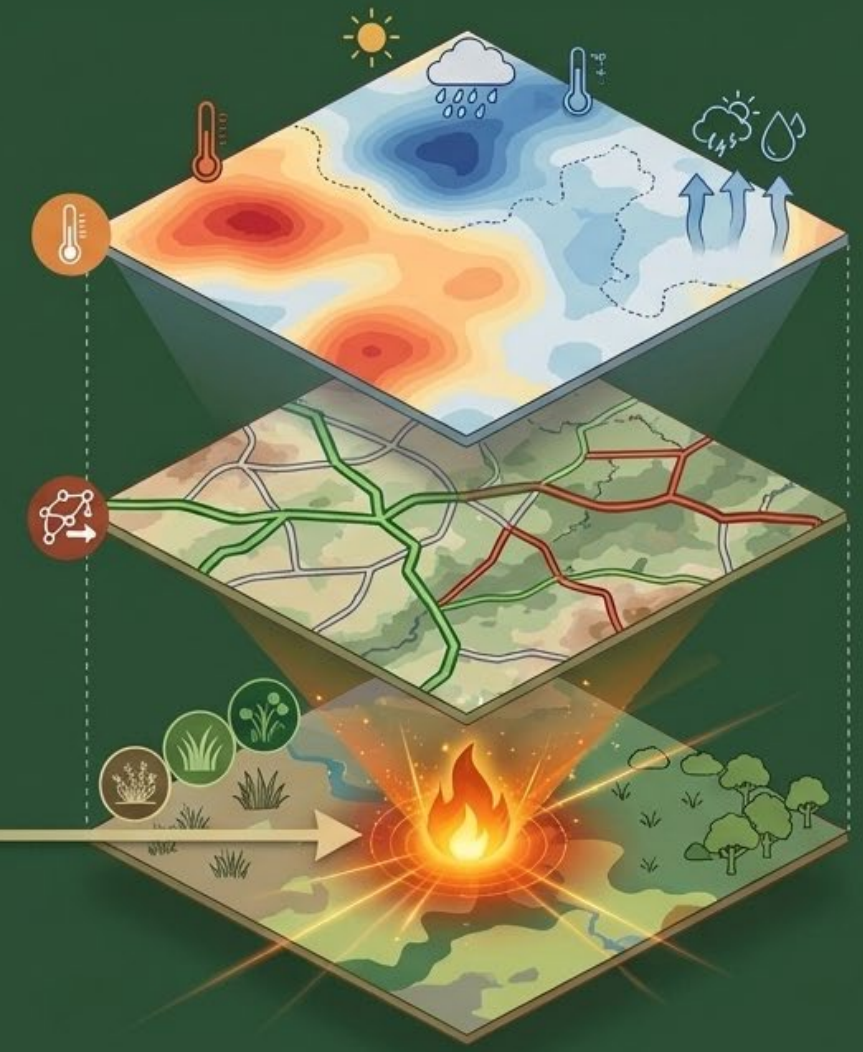
| | El Pasado | El Futuro |
|---|---|---|
| **Enfoque de Planificación** | Basado rígidamente en condiciones históricas. | Anticipación proactiva a los desafíos climáticos. |
| **Resultado Estratégico** | Alta vulnerabilidad y reactividad. | Maximización del impacto ambiental, social y económico. |

**La restauración del paisaje forestal exige una evolución estratégica.**

# Metodología Aplicada: El Modelo de la "Triple Coincidencia"

- **Paso 1: Modelación Bioclimática (SIG).** Variables históricas vs proyectadas (RCP 8.5 para 2040-2069). Identificación de vulnerabilidad climática extrema.
- **Paso 2: Rutas de Conectividad.** Identificación de corredores de menor costo espacial (Fricción + Calidad).
- **Paso 3: Potencial de Restauración.** Mapeo de áreas viables (parches de matorral, guamil, pastos naturales).

**El Cruce Espacial: La coincidencia simultánea de alta vulnerabilidad, ruta funcional y potencial define el Área Prioritaria de Intervención AbE.**



# 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!

**MSc. Javier de Paz**

Instituto Nacional de Bosques (INAB)

javier.depaz@inab.gob.gt

+502 5988 9620

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