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

Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (RFPMCA), infraestructura natural para la adaptación al cambio climático en la metrópoli de Guatemala

Por: Jorge David Honoré Cardona Ochoa, Milton Abel Sandoval Guerra, María Fernanda Chen Díaz

Unidad Técnica Cordillera Alux, Dirección Regional Metropolitana, CONAP

14/10/2026

Introducción

- Los efectos del cambio climático representan desafíos crecientes para la sostenibilidad de las ciudades, particularmente en la disponibilidad de agua, la regulación térmica, áreas protegidas urbanas y periurbanas emergen como infraestructura natural estratégica para fortalecer la resiliencia climática mediante la provisión de servicios ecosistémicos esenciales.

- Matriz de priorización relativa,
- PERT (Program Evaluation and Review Technique)
- CPM (Critical Path Method),
- Metodología Montecarlo



Objetivos

Objetivo general

- Estudiar el papel de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (RFPMCA) como infraestructura natural estratégica para fortalecer la adaptación y resiliencia climática de la región metropolitana de Guatemala, mediante la conservación y provisión de servicios ecosistémicos esenciales.

Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar los principales servicios ecosistémicos que proporciona la RFPMCA.
- Analizar la contribución de los servicios ecosistémicos de la REPMCA a la reducción de riesgos climáticos, particularmente frente a la vulnerabilidad climática.
- Valorar el potencial de la RFPMCA como infraestructura natural considerando su importancia para la sostenibilidad y resiliencia de los municipios que integran su ámbito territorial enfocado en el cambio climático.



Resultados

- Matriz de priorización relativa

Servicio	Impacto del servicio	Temporalidad del efecto	Demanda del servicio	Gravedad	Capacidad	Beneficio	Promedio
Regulación y recarga hídrica	3	3	3	3	3	3	3
Manejo y conservación de suelos	2	3	3	2	1	2	2.17
Carbono almacenado	3	3	3	2	1	2	2.33
Conservación de la biodiversidad	3	2	1	3	2	3	2.33
Regulación térmica	2	3	3	3	3	3	2.83
Educación ambiental	3	1	2	3	2	3	2.33
Sensibilización Ambiental	3	1	2	3	2	1	2
Ecoturismo	2	2	3	2	3	1	2.17
Belleza Escénica	1	3	2	1	1	1	1.5
Conectividad ecológica	2	1	2	2	2	2	1.83
Reducción de contaminación atmosférica	2	1	3	2	2	2	2
Conservación genética	3	1	2	2	2	2	2

Cuadro 1: Matriz de priorización. Fuente: Elaboración propia.



- Análisis PERT

No.	Servicio Ecosistémico	Dimensional	Ideal	Esperado	Pésimo	Valor esperado	Varianza	Desviación estándar	Probabilidad (Z)	Probabilidad	Porcentaje (%)
1	Regulación y recarga hídrica	millones de m3/año	60	24.8	12	28.53	64	8	0.47	0.68	**67.96**
2	Manejo y conservación de suelos	Toneladas de suelo/ha/año	18	10	4	10.33	5.44	2.33	0.14	0.56	**55.68**
3	Carbono almacenado	Mil Toneladas de Carbono	142	105	75	106.17	124.69	11.17	0.10	0.54	**54.16**
4	Conservación de la biodiversidad	Porcentaje	100	80	50	78.33	69.44	8.33	-0.2	0.42	**42.07**
5	Regulación térmica	Grados centígrados	17	17.5	19	17.67	0.11	0.33	0.5	0.69	**69.15**
6	educacion ambiental	Miles de personas	50	10	2	15.33	64	8	0.67	0.75	**74.75**
7	Ecoturismo	Miles de personas	10	7	4	7.00	1.00	1.00	0	0.5	**50.00**

Cuadro 2: Tabla PERT. Fuente: Elaboración propia.

Resultados

- Análisis CPM (Critical Path Method)

No.	Actividad	Duración	Predecesora	ES	EF	LS	LF	Holgura
1	Regulación y recarga hídrica	28.53	—	0	28.53	0	28.53	**0**
2	Manejo y conservación de suelos	10.33	1	28.53	38.86	142.04	152.37	**113.51**
3	Carbono almacenado	106.17	1	28.53	134.7	28.53	134.7	**0**
4	Conservación de la biodiversidad	78.33	1	28.53	106.86	74.04	152.37	**45.51**
5	Regulación térmica	17.67	3	134.7	152.37	134.7	152.37	**0**
6	Educación ambiental	15.33	1	28.53	43.86	130.04	145.37	**101.51**
7	Ecoturismo	7	6	43.86	50.86	145.37	152.37	**101.51**

Cuadro 3: Ruta crítica (CPM). Fuente: Elaboración propia.

- Metodología Montecarlo

Servicio ecosistémico Regulación y Recarga hídrica

Indicador	Resultado
Iteraciones	100,000
Mínimo teórico	12
Máximo teórico	60
Media simulada	**28.56**
Mediana	27.68
Desviación estándar simulada	8.64
Varianza simulada	≈ 74.58
P5	16
P10	17.79
P25	21.84
P75	34.43
P90	40.69
P95	44.22

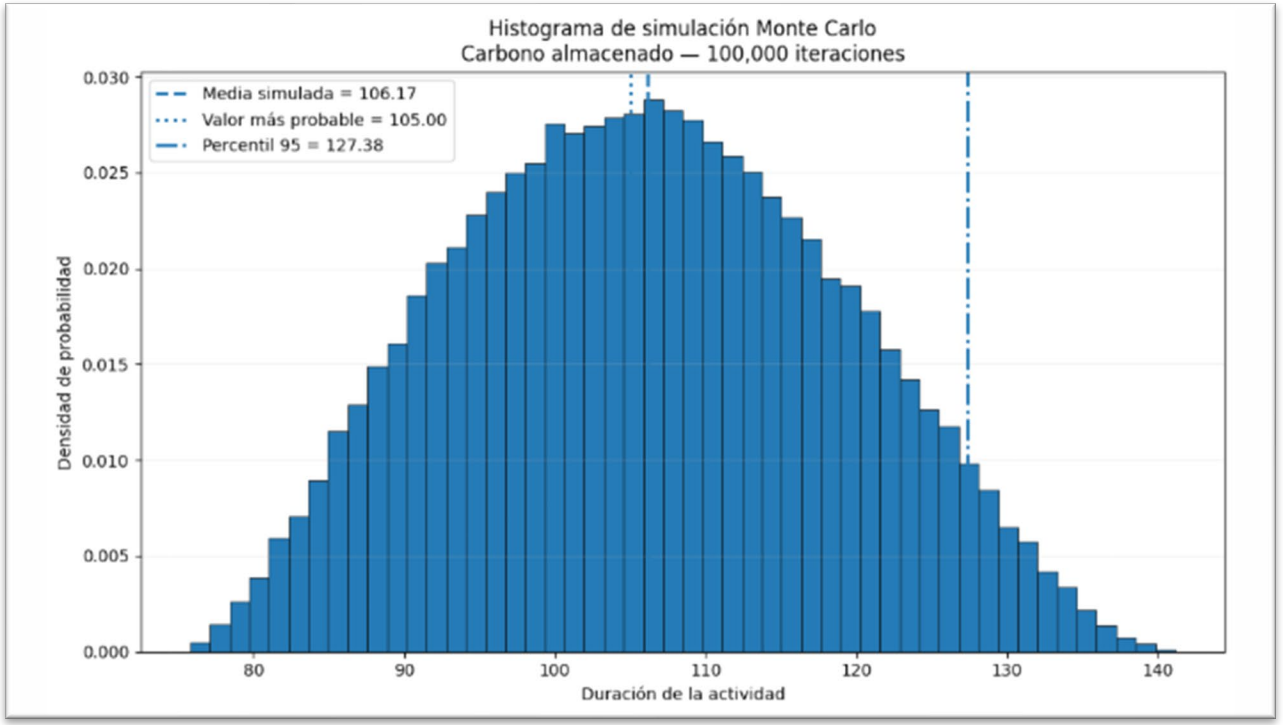
Cuadro 4: Metodología Montecarlo. Fuente: Elaboración propia.

Metodología Montecarlo

- Carbono almacenado

Indicador	Resultado
Iteraciones	100,000
Mínimo teórico	75
Máximo teórico	142
Media simulada	**106.17**
Mediana	105.94
Desviación estándar simulada	12.62
Varianza simulada	159.33
Percentil 5 %	85.85
Percentil 10 %	89.47
Percentil 25 %	96.64
Percentil 75 %	115.39
Percentil 90 %	123.32
Percentil 95 %	127.38

Cuadro 5: Metodología Montecarlo. Fuente: Elaboración propia.

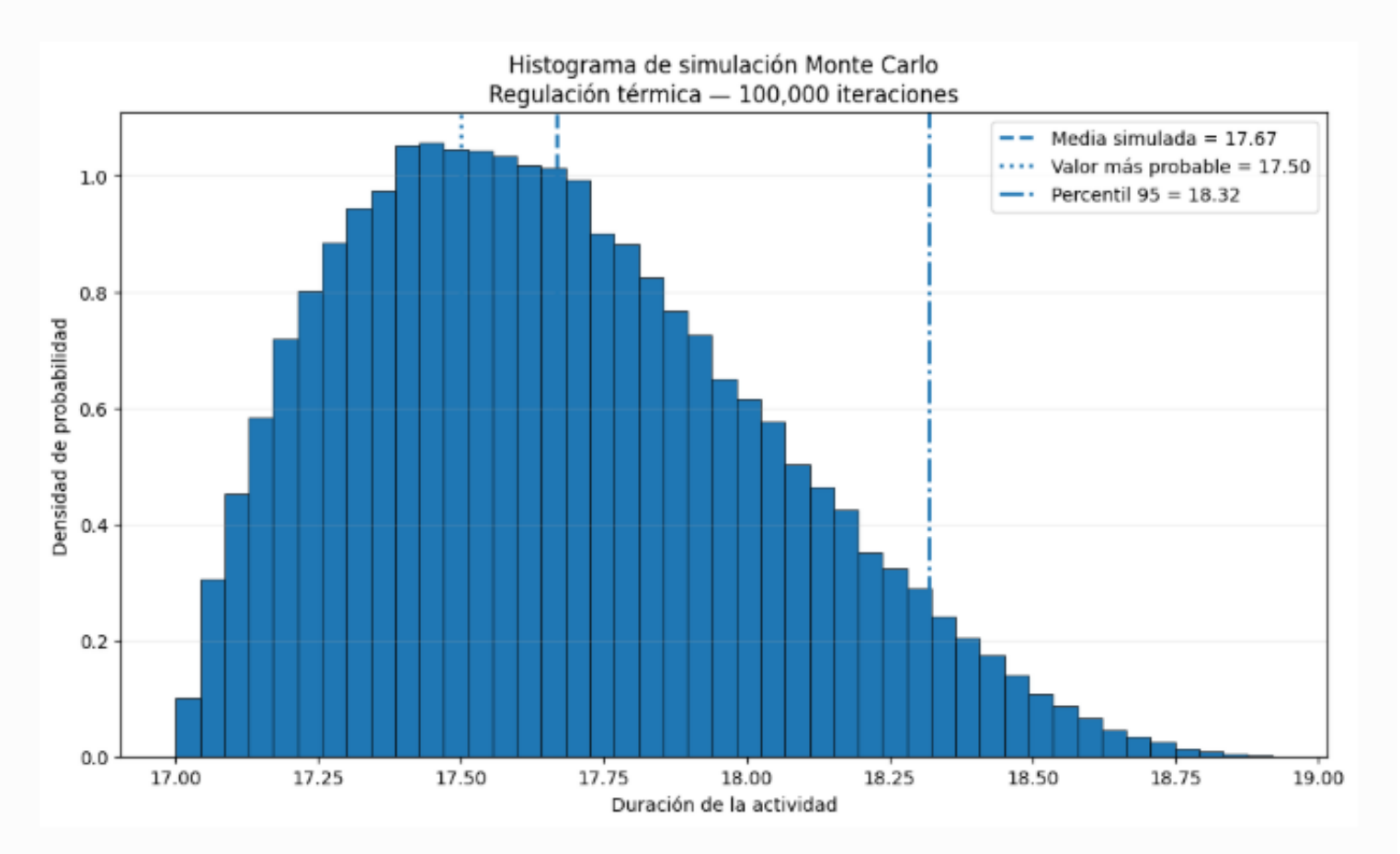


Metodología Montecarlo

- Regulación térmica

Indicador	Resultado
Iteraciones	100,000
Mínimo teórico	17
Máximo teórico	19
Media simulada	**17.67**
Mediana	17.63
Desviación estándar simulada	0.36
Varianza simulada	0.1275
Percentil 5 %	17.15
Percentil 10 %	17.23
Percentil 25 %	17.39
Percentil 75 %	17.91
Percentil 90 %	18.17
Percentil 95 %	18.32

Cuadro 6: Metodología Montecarlo. Fuente: Elaboración propia.



Conclusiones

- La Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (RFPMCA) proporcionan servicios ecosistémicos que contribuyen a fortalecer la capacidad del territorio para responder ante los efectos asociados al cambio climático
- Las metodologías PERT y CPM presentaron que los servicios prioritarios son: la regulación y recarga hídrica, almacenamiento de Carbono y la regulación térmica, evidenciando su relevancia para mantener las funciones ambientales de la reserva y contribuir a la reducción de la vulnerabilidad frente al cambio climático en la metrópoli de Guatemala.
- La metodología Montecarlo confirma la valoración del potencial de los servicios ecosistémicos priorizados ya que el Carbono almacenado presenta el mayor valor y una incertidumbre considerable, la regulación y recarga hídrica presenta también una incertidumbre elevada y un P95 de 44.22 y la regulación térmica presenta la menor incertidumbre, con un P95 de solamente 18.32.
- El análisis realizado evidencia que la conservación y recuperación de los servicios ecosistémicos contribuyen a la moderación de la temperatura, incrementa la capacidad de almacenamiento de carbono y facilita la infiltración del agua de lluvia, aportando a su vez a la recarga hídrica y al fortalecimiento de la capacidad del territorio para enfrentar los efectos asociados al cambio climático.

Recomendaciones

- Fortalecer la conservación de la cobertura forestal de la RFPMCA mediante acciones de protección, restauración y control de la fragmentación, a través de instituciones internacionales con el fin de mantener su capacidad de adaptación frente al cambio climático.
- Fortalecer las estrategias de conservación, restauración de ecosistemas para regular la temperatura, el almacenamiento de carbono y la regulación del ciclo hidrológico priorizando las áreas con mayor potencial de captura y aquellas que presenten mayor vulnerabilidad a la pérdida de cobertura.
- Fortalecer los programas de educación y sensibilización ambiental dirigidos a las comunidades vinculadas con la RFPMCA, promoviendo el conocimiento sobre la importancia de los servicios ecosistémicos con el propósito de fomentar prácticas de conservación, reducir las presiones sobre la cobertura forestal y fortalecer la participación comunitaria en la gestión sostenible del territorio.

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

¡Muchas gracias!

Ing. Jorge Cardona
Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-
Unidad Técnica Cordillera Alux -UTCA-

Contacto: Conapmetro@gmail.com

Con el aval de:

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

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