



Impulsores de cambios en la cobertura forestal de la Selva Maya: integrando la escala regional y de comunidad para la evaluación del paisaje

Edward Alan Ellis, CITRO-UV

María Angélica Navarro Martínez, ECOSUR

Martha García Ortega, ECOSUR

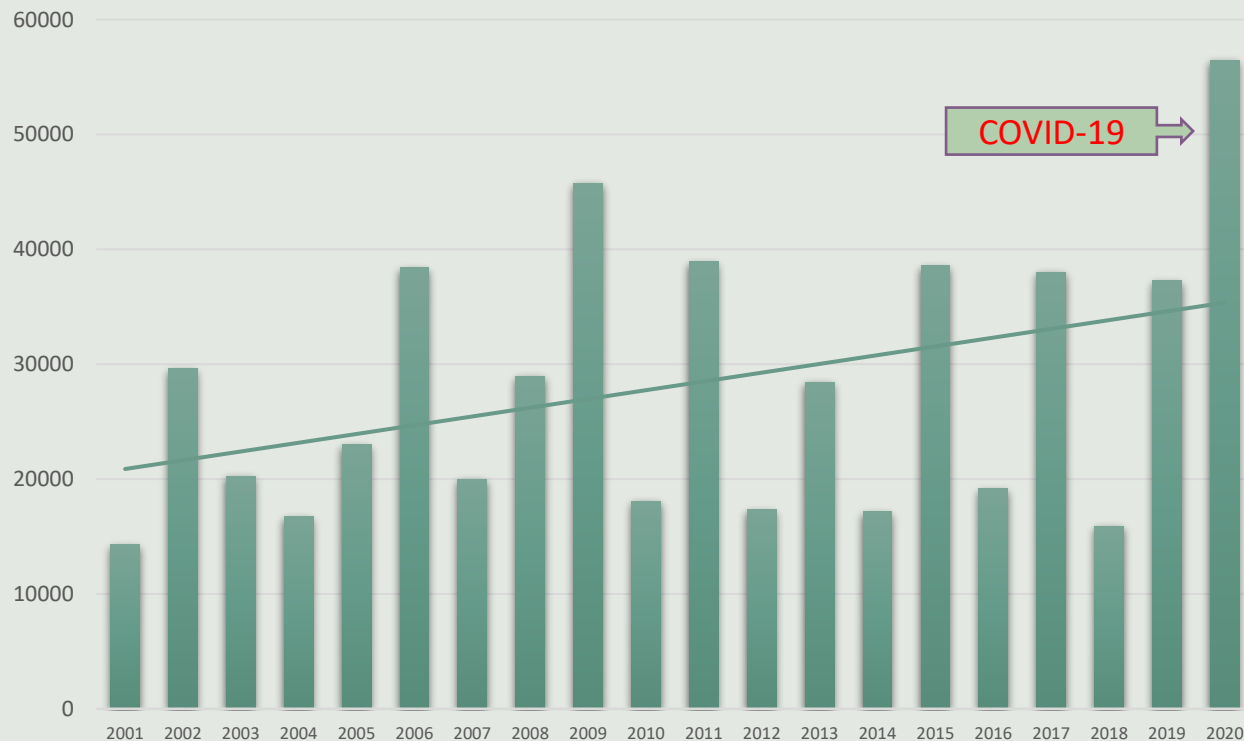
Introducción: Más allá de la Deforestación

- Tasa bruta en aumento (2000-2020)
- Mayor deforestación en selvas secas y húmedas (CONAFOR, 2020)
 - Húmedas: 60,000 a 110,000 ha año⁻¹
 - Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas
- La deforestación no es lineal y los cambios de cobertura son complejas
- En la PY 40% a 60% de pérdida arbórea es temporal (Krylov et al. 2019 y Ellis et al. 2020)
 - Milpa, incendios, potreros abandonados
- Otros procesos de cambio de simultáneos en el paisaje Selva Maya

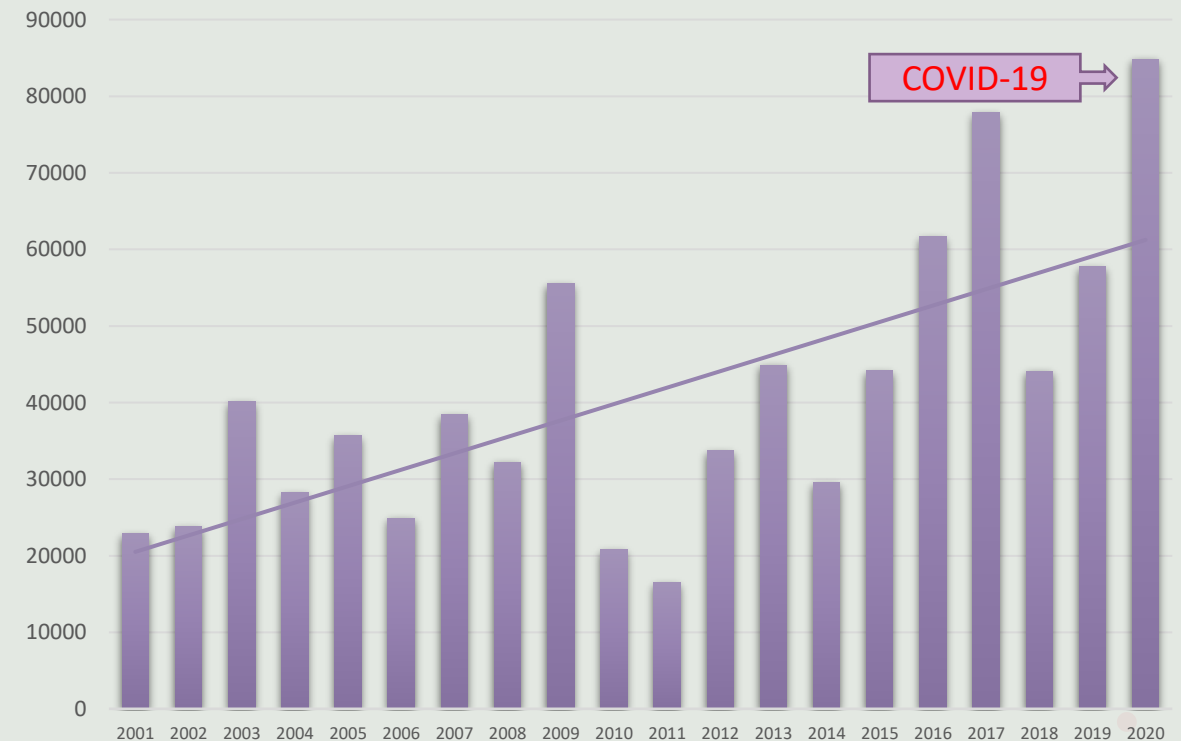


Pérdida de Cobertura Forestal

Perdida Anual de Cobertura Forestal Quintana Roo (ha)

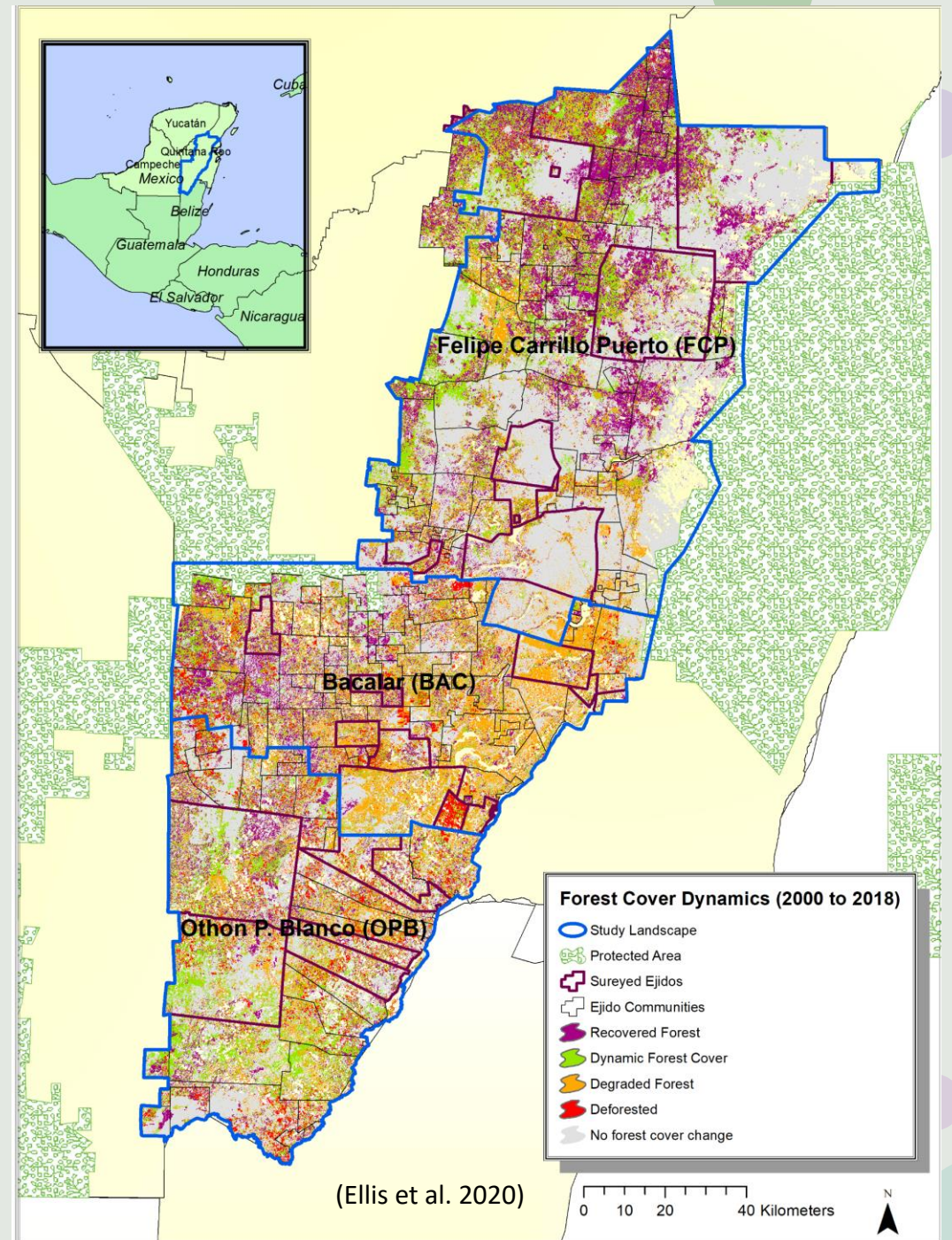


Perdida Anual de Cobertura Forestal Campeche (ha)



Una Cobertura Forestal Dinámica

- Otras transiciones de cobertura forestal
- Deforestación “permanente”
 - Expansión de cultivos agroindustriales
 - Ganadería
- Degradación puede ser mayor que la deforestación
 - Yucatán Cono Sur: 3000 ha año⁻¹ (Romero-Sánchez y Hernández-Ponce 2014)
 - Sur Quintana Roo: 12,000 ha año⁻¹ (Ellis et al. 2020)
 - Madera, leña, incendios, roza-tumba-quema
- Recuperación
 - Abandono de potreros y áreas agrícolas
 - Roza Tumba y Quema
- Conservación (Sin transición en cobertura)
 - Áreas protegidas, reservas comunitarias y manejo forestal (AFP)



¿Cuales son los Impulsores de Transiciones en la de Cobertura Forestal?

- ¿Cómo impactan e interactúan las causas directas e indirectas de cambios de cobertura forestal?
- La respuesta no es simple, por es difícil detener al deforestación
- *Land Change Science*
 - Identificar y entender los impulsores de cambio
 - Integra las ciencias naturales, sociales y SIG
- Variedad de impulsores: factores socioeconómicos, políticas y programas, mercados y culturales
- Importante identificar los impulsores para estrategias y políticas de conservación y desarrollo sustentable



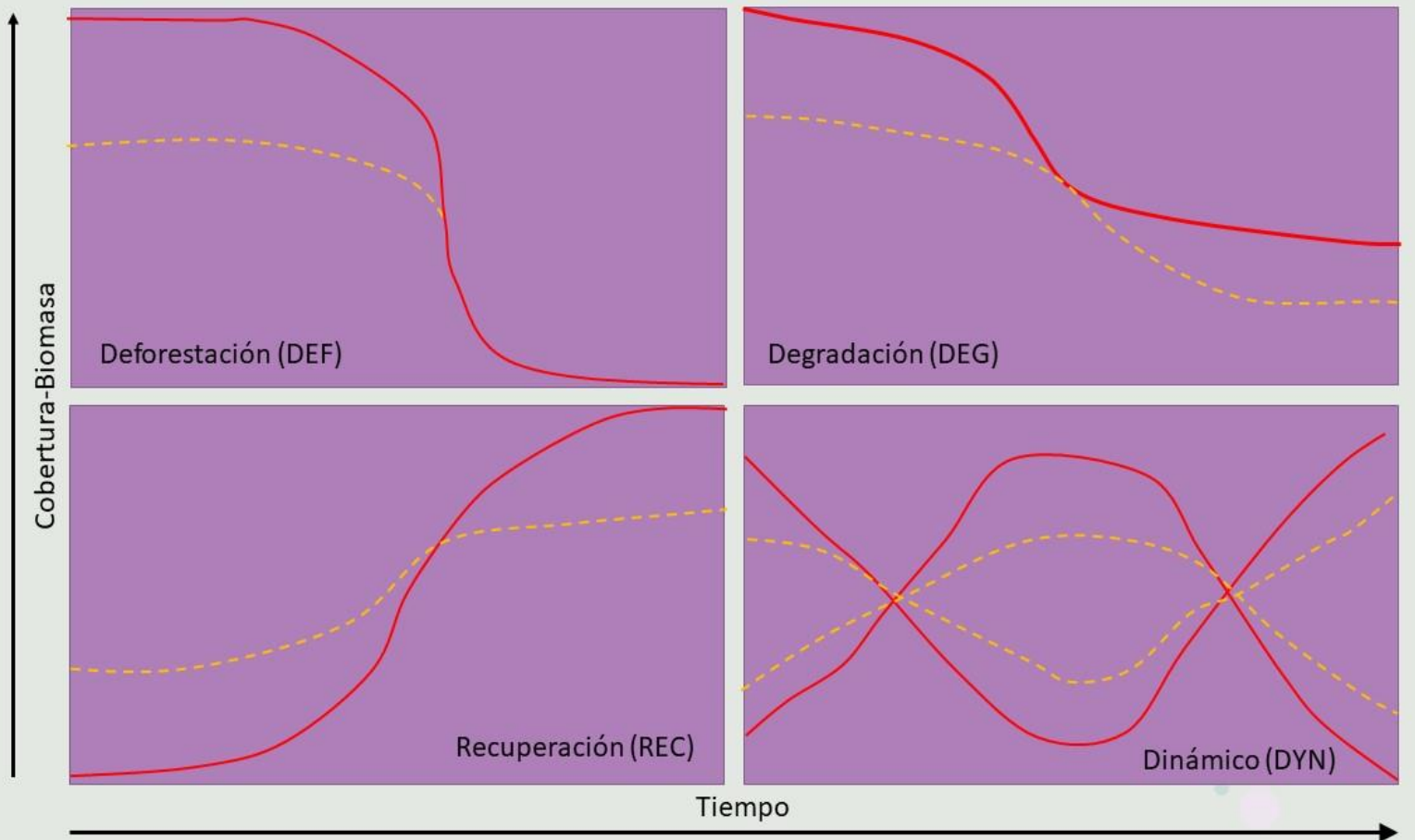
La Escala Importa

- Los impulsores pueden variar por escala o por regiones geo-políticas
 - Nacional-subnacional: Suelos, elevación y caminos en escalas
 - Local-comunidad: Población, pobreza, mayor ingresos, mano de obra
- Vínculos de la deforestación con mercados y comercio agropecuario internacional
 - Teleconexiones entre lugares remotos
 - Soya y carne bovina en Sudamérica
- Paisajes multifuncionales con diversidad de usos y actores beneficiados
 - Integrando escalas regionales y locales
- Objetivo del estudio fue evaluar los impulsores subyacentes que influyen a escala regional y comunidad (ejidal)



Métodos: Transiciones de Cambio en la Cobertura Forestal

- Mapeo de cobertura forestal
- Clasificación Supervisada de LANDSAT 2000, 2010 y 2018
 - Agropecuario (deforestado)
 - Acahuales
 - Selva secundaria
 - Selva madura
- Puntos de validación en campo
- Certeza de 83%
- Transiciones de cobertura y biomasa forestal
- 4 transiciones (indicadores o proxies)
 - Deforestación (-)
 - Degradación (-)
 - Recuperación (+)
 - Dinámico (-/+)



Datos Socioeconómicos y Geográficos

- Integración de datos socioeconómicos y geográficos de diversas fuentes
 - INEGI localidades (2010),
 - CONAPO (2010),
 - CONAFOR,
 - SEMARNAT,
 - RAN
- Factores Socioeconómico, Institucionales y ambiental
- Evaluación y selección de 23 variables explicativas
 - Correlaciones Pearson < 0.8
 - VIF < 3 (prueba *variance inflation factor*)
- Variables aplicados en diferentes modelos estadísticos para escalas regional y comunidad

IMPULSORES SOCIOECONÓMICOS	
POB NACIDA AFUERA	Regional y Comunidad
PISO DE TIERRA	Regional y Comunidad
PEA (integración económica)	Regional y Comunidad
GRADO ESCOLAR	Comunidad
NACIDA EN ENTIDAD	Regional y Comunidad
NO HABLA ESPAÑOL	Regional y Comunidad
POBLACIÓN NO OCUPADA	Regional
POBLACIÓN	Regional y Comunidad
CAMBIO POBLACIONAL	Regional y Comunidad
MARGINACIÓN	Regional y Comunidad
RESIDENTES POST 2005	Regional y Comunidad
VIVIENDAS	Comunidad
IMPULSORES INSTITUCIONALES	
ÁREA DE CORTA MADERA	Regional y Comunidad
VOLUMEN AUTORIZADO	Regional y Comunidad
VOLUMEN APROVECHADO	Regional y Comunidad
PROPIEDAD PRIVADA	Comunidad
IMPULSORES GEOGRÁFICOS	
DISTANCIA A CAMINOS	Regional
DISTANCIA A LOCALIDADES	Regional
DENSIDAD DE LOCALIDADES	Regional
DISTANCIA A ÁREAS URBANAS	Regional
IMPULSORES AMBIENTALES	
ELEVACIÓN	Regional y Comunidad
DENSIDAD DE FUEGOS	Regional y Comunidad
PENDIENTE	Regional y Comunidad

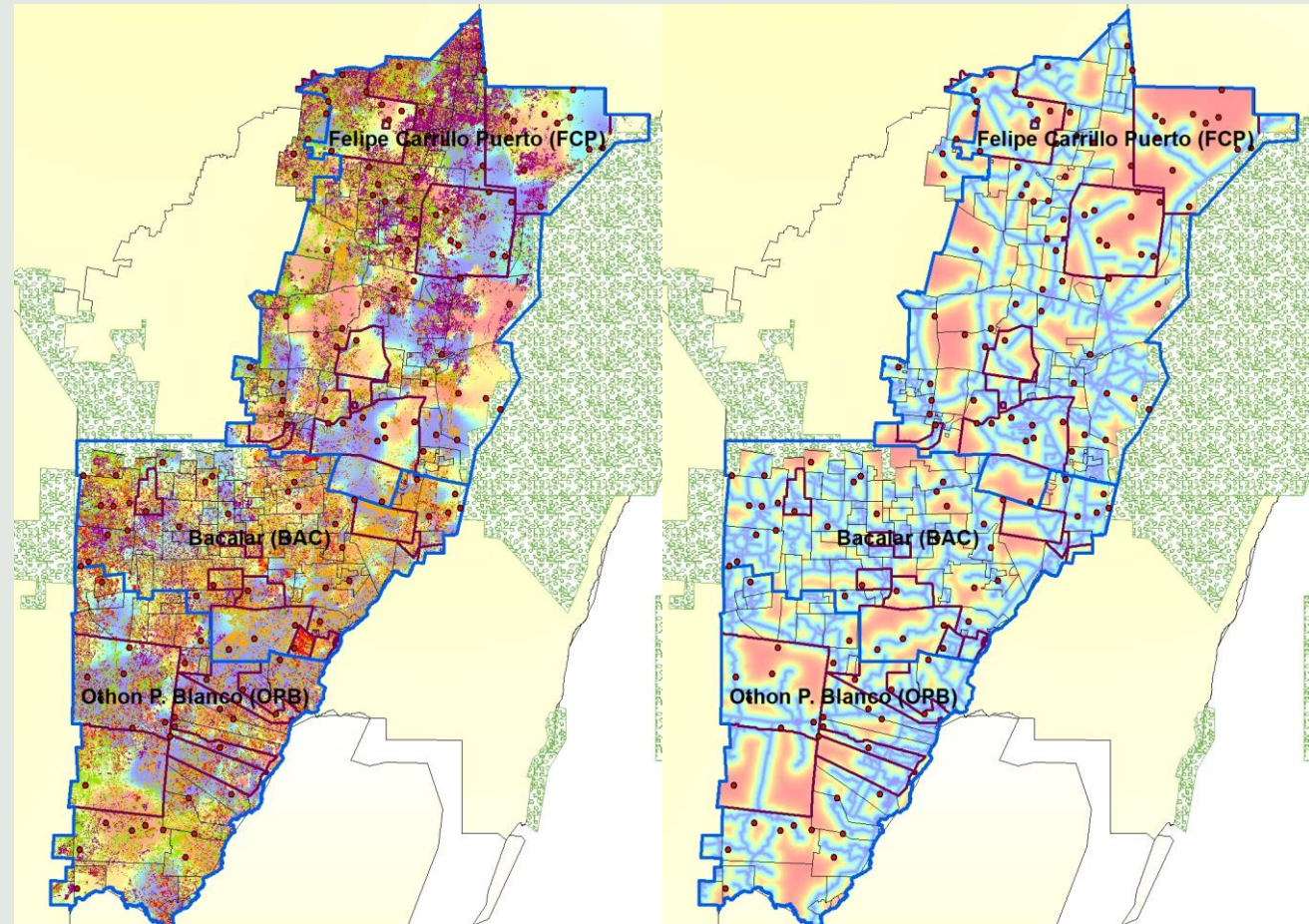
Encuestas de Hogar: ¿Qué Dicen?

- Información de campo sobre los medios de vida y el uso de suelo y forestal de hogares en ejidos
- 413 encuestas en 19 ejidos de los municipios Felipe Carrillo Puerto, Bacalar y Othón P. Blanco
- Encuestas de 60 preguntas sobre
 - 1. características del hogar (empleo, origen, familia)
 - 2. tenencia de tierra (e.g. ejidatario, accesos a tierra y recursos, parcelas privada)
 - 3. actividades agropecuarias y (e.g. comercialización de cultivos, ganadería, milpa)
 - 4. uso y beneficios del bosque (e.g. madera, no maderables, MFC)



Análisis de Impulsores: Regional

- Regresión logística multinomial (RLM)
 - Modela los predictores de que un evento ocurra
 - Modela más de 2 eventos (binario)
 - Estimación de Máxima Similitud mide la probabilidad que ocurra el evento de acuerdo a un conjunto de variables
- Variable Dependiente o Respuesta
 - Evento: DEF+DEG (-), REC (+), DYN (+/-), CON (0)
 - CON y REC se utilizan como control en 2 modelos
- Var Explicativas
 - 23 variables sobre factores socioeconómicos, institucionales y ambientales
- Muestreo por puntos al azar
 - 150 puntos sin autocorrelación (Moran's = 0.06)
 - Distancia mínima 2000 m
 - Por poca representación de DEF se combina con DEG



Análisis de Impulsores: Comunidad

- Muestra de 151 ejidos en el área de estudio
- Variable dependiente o de respuesta
 - %DEF, %DEG, %REC, %DYN
- Selección de 16 variables explicativas (datos socioeconómicos)
- Factores: demográficas, económicas, ambientales e institucionales de ejidos
- Se aplicó Regresión lineal logarítmica (RLL) con distribución Poisson



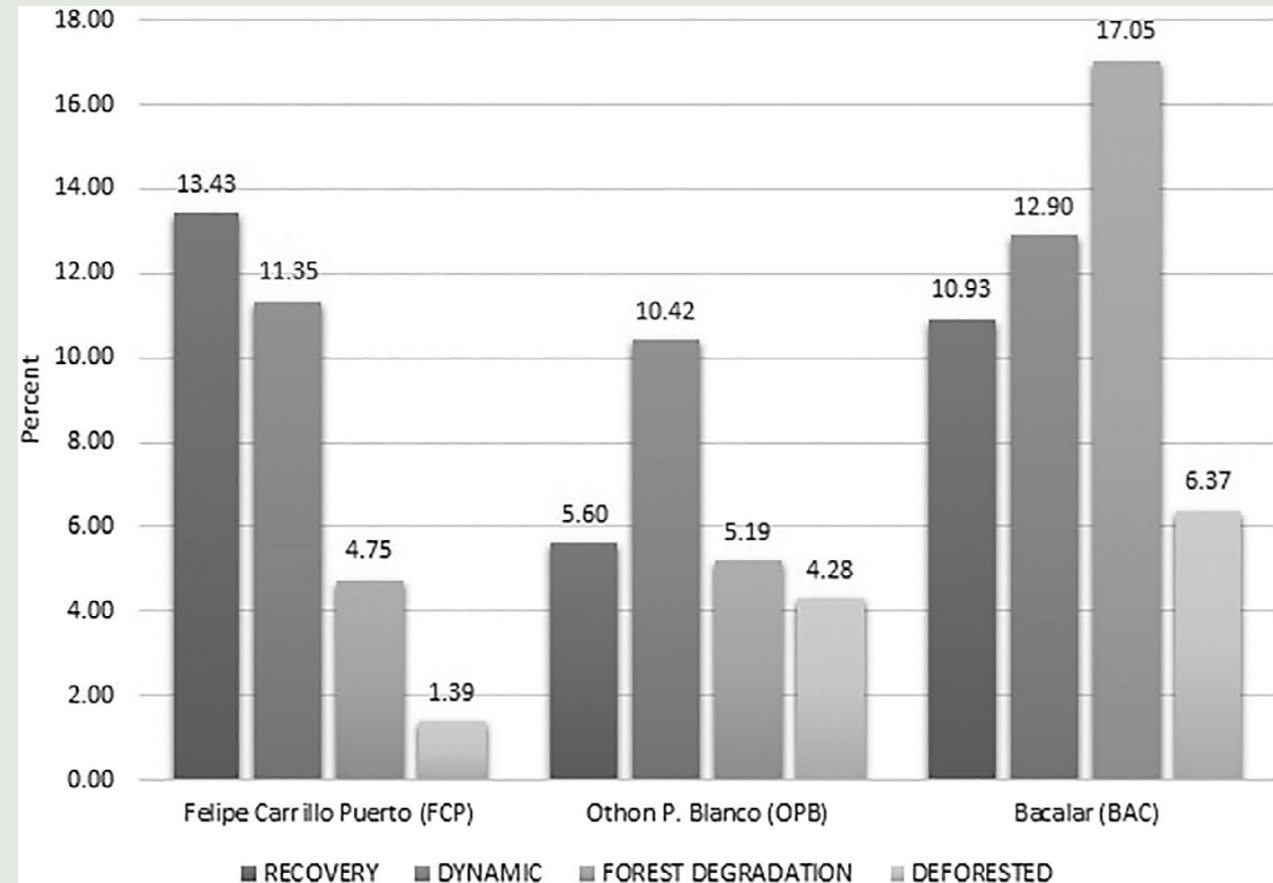
Aplicación de Datos de las Encuestas

- Desarrollo de base de datos
- Extracción y codificación de datos para análisis de impulsores (Tabla)
- Datos de encuesta agregados por ejido
- ANOVA
 - Respuesta: %DEF, %CON, %SEC (distribución normal)
 - Explicativas: 16 variables de encuesta
- Análisis Comparativo Cualitativo (fsQCA)
 - Fuzzy set QCA (fsQCA) (no booleano)
 - Evalúa entre casos las condiciones necesarias para que ocurra un evento
 - Usa rangos de membresía de 0 a 1
 - Condiciones positivas > 0.5
 - Condiciones negativas > 0.5
 - Se evalúan los eventos o la presencia (> 0.5) de DEF, CON y SEC

Variable	Categoría en la Encuesta	Análisis	Descripción
NACIDO AFUERA	Características del hogar	ANOVA and fsQCA	% Hogares que provienen de afuera de la comunidad
COMERCIO (NO AGROPECUARIO)	Características del hogar	ANOVA	% de hogares que tienen actividad commercial (no agropecuario)
MANO DE OBRA PARA AGRICULTURA	Características del hogar	ANOVA	% de hogares que proveen mano de obra para la agricultura en la comunidad
MAYA	Características del hogar	ANOVA and fsQCA	% de hogares Maya
EMPLEO EXTERNO	Características del hogar	ANOVA and fsQCA	% hogares con empleo formal fuera del sector agropecuario
EJIDATARIO	Características del hogar	ANOVA and fsQCA	% de hogares con miembro/s ejidatarios
APOYO	Características del hogar	ANOVA and fsQCA	% hogares recibiendo apoyo de programas de gobierno
USO DE PROPIEDAD COMÚN	Tenencia de tierra	ANOVA and fsQCA	% hogares con acceso a tierras comunales del ejido
PARCELAS EN PROPIEDAD COMÚN	Tenencia de tierra	ANOVA	% hogares con parcelas en propiedad común
PARCELAS CON PROPIEDAD PRIVADA	Tenencia de tierra	ANOVA and fsQCA	% hogares con parcelas de propiedad privada
SIN ACTIVIDAD AGROPECUARIA	Agropecuario	ANOVA	% hogares sin actividad agropecuaria
CON ACTIVIDAD AGROPECUARIA	Agropecuario	ANOVA and fsQCA	% hogares con actividad agropecuaria
CON GANADERÍA	Agropecuario	ANOVA and fsQCA	% hogares con ganado y actividad ganadera
MILPA	Agropecuario	ANOVA and fsQCA	% hogares que practican roza tumba y quema
ÍNDICE DE USO Y BENEFICIOS DE RECURSOS FORESTALES	Uso y Beneficios Forestal	ANOVA and fsQCA	Índice de uso y beneficios obtenido de los recursos forestales y derivado de la combinación de porcentajes de usos y beneficios específicos (e.g. semillas, leña, madera, ingresos, carne, etc.)
INGRESOS DE PROCUTOS FORESTALES	Forest Use and Benefits	ANOVA	% hogares con ingresos de productos forestales

Resultados: Transiciones Forestales en la Selva Maya

- Entre 2000 y 2018 cerca de 100,000 ha de deforestación bruta (5600 ha año⁻¹)
- OPB: 42,164 ha; BAC: 38,358 ha, FCP: 19,058ha
- OPB y BAC con alta deforestación
- Degradación es el doble (12,116 ha año⁻¹)
- FCP con recuperación y poca deforestación
- BAC con alta degradación
- Degradación asociado con deforestación y cercanía a actividades agropecuarias.
- Extensa cobertura “Dinámica” demuestra la complejidad y los mosaicos presentes de transiciones de cobertura
 - Roza, Tumba y Quema
 - Incendios
 - Abandono y recuperación de potreros



Los Impulsores Regionales

- Modelo RLM fue significativo
 - $\chi^2 (150) = 97.37$, Nagelkerke $R^2 = 0.52$, $p < 0.007$
- Variables asociados con Recuperación
 - Cercanía a localidades ($p = 0.01$)
 - Sin/poco aprovechamiento forestal ($p = 0.03$)
 - Crecimiento de población ($p = 0.03$)
 - Marginación/pobreza ($p = 0.06$)
 - Cercanía a caminos ($p = 0.09$)
- Impulsores asociados con una cobertura Dinámica
 - Marginación/pobreza ($p = 0.009$)
 - Elevación ($p = 0.03$)
 - Cercanía a localidades ($p = 0.03$)
 - Menos población nueva (después del 2005) ($p = 0.08$)
 - Población que no habla español ($p = 0.09$)
 - Crecimiento de población ($p = 0.09$)



Los Impulsores Regionales II

- Impulsores asociados con Degradación/Deforestación
 - Cercanía a caminos ($p = 0.07$)
 - Marginación/pobreza ($p = 0.09$)
 - Viviendas con piso de tierra ($p = 0.10$)
- Impulsores asociados con la Conservación Forestal
 - Tendencias opuestas a las Transiciones REC/DYN/DEF
 - Lejanos de localidades ($p = 0.01$)
 - Aprovechamiento forestal ($p = 0.03$)
 - Disminución de población ($p = 0.03$)
 - Menos marginación o pobreza ($p = 0.06$)
 - Lejos de caminos ($p = 0.09$)



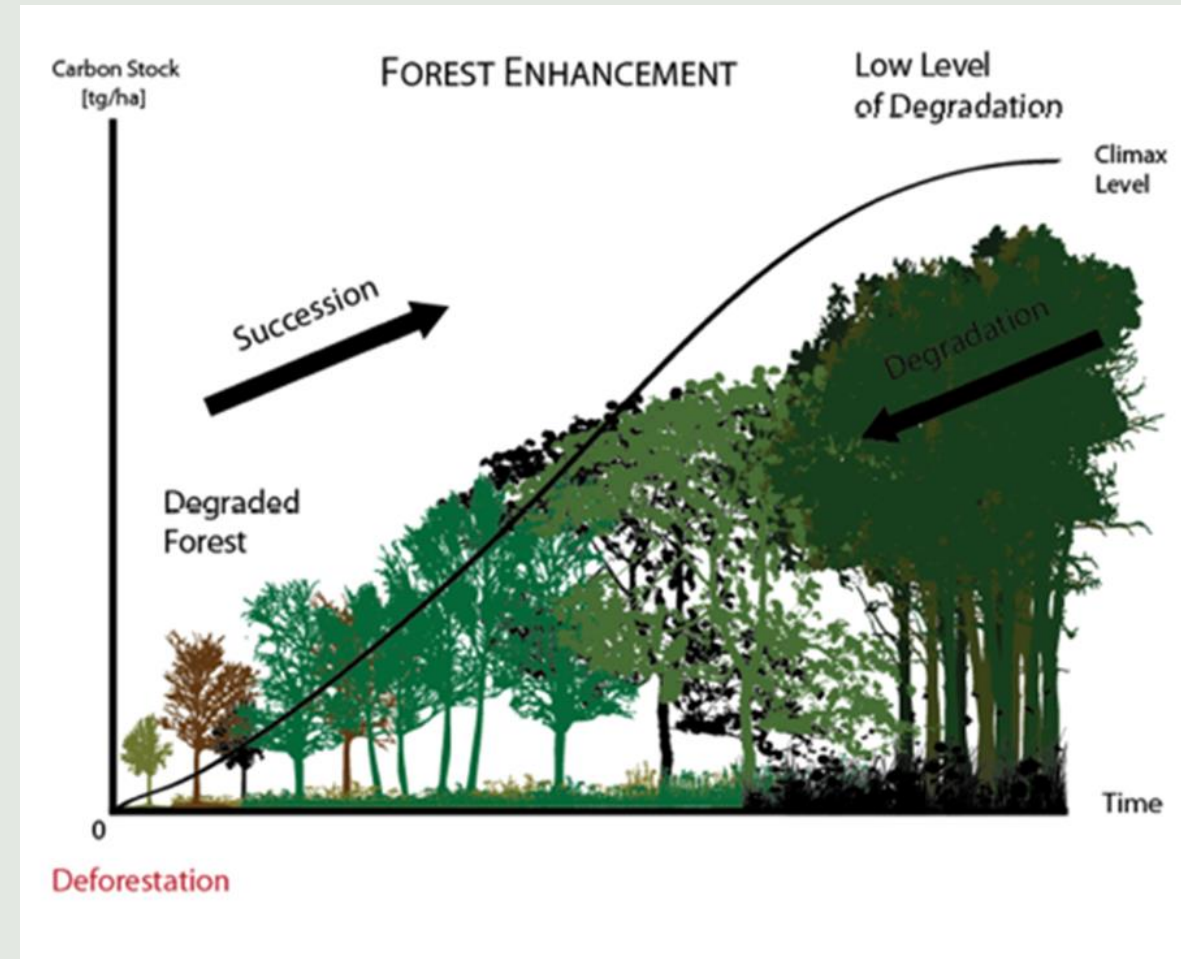
Los Impulsores en las Comunidades

- Modelo RLL para %REC fue significativo
 - $\chi^2 (16) = 492.64$, Nagelkerke $R^2 = 0.96$, $p < 0.0001$
- Impulsores que Recuperación en Ejidos
 - +población que no habla español ($p = 0.0001$)
 - +población de afuera ($p = 0.0001$)
 - -PEA ($p = 0.0001$)
 - -Propiedad privada ($p = 0.0001$)
 - -Pendiente ($p = 0.0001$)
 - +Grado escolar ($p = 0.002$)
 - -Volumen autorizado/ACA ($p = 0.006$)
- Modelo RLL para %DYN fue significativo
 - $\chi^2 (16) = 93.26$, Nagelkerke $R^2 = 0.46$, $p < 0.0001$
- Impulsores que explican la cobertura dinámica en Ejidos
 - +Población que no habla español ($p = 0.0001$)
 - -PEA ($p = 0.0001$)
 - +Elevación ($p = 0.0001$)
 - -Propiedad privada ($p = 0.002$)
 - +Pobreza (piso de tierra) ($p = 0.006$)



Los Impulsores en las Comunidades II

- Modelo Logarítmico Lineal para %DEG fue significativo
 - $\chi^2(16) = 359.18$, Nagelkerke $R^2 = 0.91$, $p < 0.0001$
- Impulsores que explican Degradación Forestal en Ejidos
 - +Crecimiento pob. 00-10 ($p = 0.0001$)
 - -Población 2010 ($p = 0.0001$)
 - -Población residente después del 2005 ($p = 0.0001$)
 - -Población que no hable español ($p = 0.0001$)
 - +Vivienda con piso de tierra ($p = 0.0001$)
 - +PEA ($p = 0.0001$)
 - -Volumen autorizado ($p = 0.0001$)
 - +Pendiente ($p = 0.0001$)
 - -Elevación ($p = 0.0001$)
 - -Grado escolar ($p = 0.001$)
 - +Densidad de incendios ($p = 0.008$)
 - +Pobreza ($p = 0.04$)



Los Impulsores en las Comunidades III

Modelo Logarítmico Lineal para %DEF fue significativo

- $\chi^2 (16) = 300.43$, Nagelkerke $R^2 = 0.87$, $p < 0.0001$
- Impulsores que explican la Deforestación en Ejidos
 - -Población que no habla español ($p = 0.0001$)
 - -Volumen autorizado ($p = 0.0001$)
 - +Densidad de incendios ($p = 0.0001$)
 - +Volumen autorizado ($p = 0.0001$)
 - +Crecimiento poblacional (00-10) ($p = 0.001$)
 - +Elevación ($p = 0.001$)



Los Impulsores en las Comunidades IV

- Análisis de datos de la encuesta: un acercamiento
- Resultado ANOVA de Deforestación en Ejidos
 - [F (5, 13) = 9.36, p = 0.001, R² = 0.78]
 - +Población nacida afuera del ejido (p = 0.04)
 - -Actividades comerciales no-agrícolas (p = 0.02)
 - +Actividad ganadera en hogares (p = 0.001)
 - -Apoyos de gobierno (p = 0.02)
 - -Dependencia forestal (p = 0.0004)
- Resultado ANOVA de Cobertura Secundaria (DEG) en Ejidos
 - [F (5, 13) = 6.33, p = 0.003, R² = 0.71]
 - -Ejidatarios (p = 0.01)
 - -Uso del Bosque (p = 0.03)
 - +Propiedad Común (p = 0.01)
- Resultado ANOVA de Conservación en Ejidos
 - [F (5, 13) = 5.49, p = 0.006, R² = 0.68]
 - +Empleo afuera del ejido (p = 0.06)
 - -Ganadería (p = 0.009)
 - +Ejidatarios (p = 0.02)
 - +Dependencia Forestal (p = 0.0004)



Los Impulsores en las Comunidades V

- Resultado fsQCA: Deforestación
 - +Actividades Agropecuarias
 - +Parcelas Privadas
 - ~Dependencia Forestal
 - +Ganadería
- Resultado fsQCA: Conservación
 - +Comunidad Maya
 - +Propiedad Común
 - +Dependencia Forestal
 - ~Parcelas Privadas
 - ~Ganadería
 - ~Población de afuera
 - +Actividades Agropecuarias
 - +Milpa
 - +Ejidatarios
- Resultado fsQCA: Secundario
 - ~Dependencia Forestal
 - +Parcelas Privadas
 - ~Apoyos
 - ~Población de afuera
 - +Actividades Agropecuarias

MAYA	OUTSIDE	OUT_EMP	EJIDATARIO	COMMPROP	PARC_PP	AGR_YES	MILPA	CATTLE	FOR_IND	FINSUPP	Consistency	Coverage	Cases
PERCENT DEFORESTED (2000-2018)													
⊖	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊖	⊖	⊖	⊖	0.90	0.28	Sac-Xan
⊗	⊖	⊗	⊖	⊖	⊗	⊗	⊖	⊗	⊖	⊖	0.98	0.20	Alvaro Obregon Altos de Sevilla Reforma
⊗	⊖	C	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊖	⊖	0.92	0.38	Melchor Ocampo
percent mature forest													
⊗	⊖	⊖	⊖	⊗	⊖	⊗	⊖	⊗	⊗	⊖	0.96	0.16	Caobas
⊗	⊖	⊗	⊗	⊗	⊖	⊗	⊗	⊖	⊗	⊖	0.96	0.28	Petcacab
⊗	⊗	⊖	⊗	⊗	⊖	⊗	⊗	⊖	⊗	⊗	0.95	0.13	Yoactun
percent fallow forest													
⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊗	⊗	⊖	⊖	⊖	⊖	0.90	0.22	Pedro Antonio Santos
⊖	⊗	⊖	⊗	⊗	⊗	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	0.91	0.28	Chacchoben
⊗	⊖	⊗	⊖	⊖	⊗	⊗	⊖	⊗	⊖	⊖	0.90	0.23	Alvaro Obregon Nuevo Altos de Sevilla Reforma
⊗	⊖	C	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊖	⊖	0.91	0.45	Melchor Ocampo

Resumen y Conclusiones



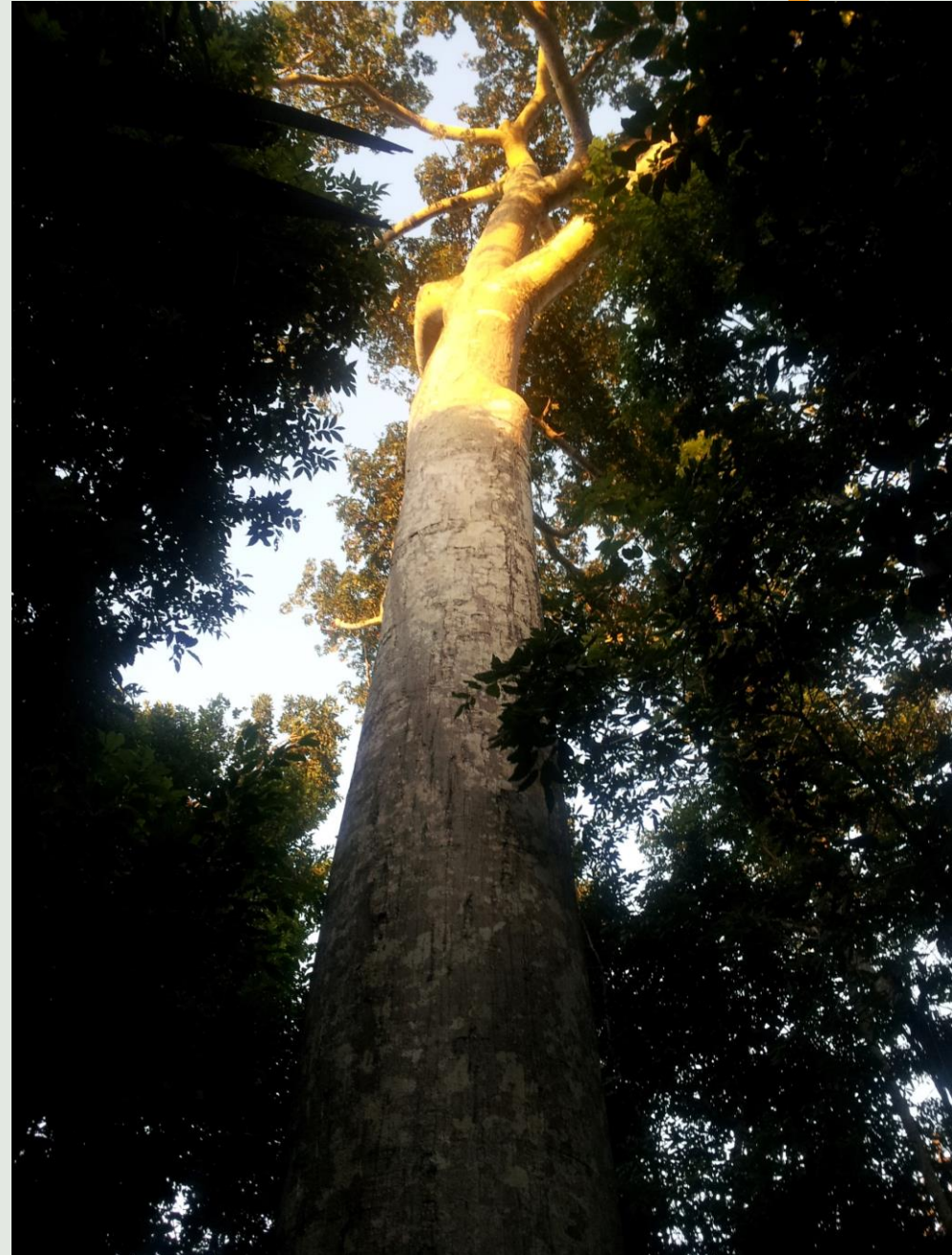
Cosas que Considerar

- Los cambios de cobertura forestal son dinámicos ocasionando mosaicos de transiciones forestales
- Factores espaciales (de ubicación geográfica) influyen a escala regional.
 - DEF y DEG cerca de caminos
 - REC y DYN cerca de localidades con mayor elevación
 - CON lejos de caminos y comunidades
- A escala regional, las transiciones forestales se asocian con mayor marginación mientras que la conservación se asocia con menor marginación
- El manejo forestal se relaciona con la conservación a escala regional



Cosas que Considerar

- Los análisis a escala de comunidad e integrando métodos de ciencias sociales, permiten identificar más impulsores y mayor detalle de información
- REC y DYN se asocia con comunidades Maya, pobreza, menos integración económica, menos privatización
 - Agricultura tradicional de milpa
- DEG y DEF en comunidades se asocia con crecimiento poblacional, población migrante, incendios, menos dependencia forestal
- En contraste la conservación forestal en comunidades se asocia con uso y beneficios forestales, siempre y cuando no hay actividad ganadera



Cosas que Considerar

- Más ejidatarios y menos acceso a propiedad común asociado conservación indicando la importancia de la organización comunitaria y buena gobernanza
- Mayor empleo externo (no agropecuario) se asocia con conservación
- Es importante considerar impulsores en las dos escalas para implementar estrategias de paisajes multifuncionales sustentables
- Se recomienda la diversificación productiva, reducción de pobreza, acceso a empleos para reducir la deforestación y degradación
- Se recomienda mejorar el valor económico e inversión en el manejo forestal comunitario, así como fortalecer la organización y gobernanza en las comunidades





Gracias!!!!