



# Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca, México



UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA





# Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca, México

Silvio Simonit, Adriana Abardía Martínez, Gerardo García Contreras, Aida Ríos Colín, Rodolfo Morales Pacheco, Bernardo Solano Solano, Marco González Ortíz, Severiano Martínez Rodríguez, Miriam Arcos Canseco, Albino Ramos García, Godofredo Brena García, Inti Escalona Luttig, Jorge García López, Fátima López Soto, Emma Beltrán Casanova, José Luis Castro Negrete, Roberto Vallejo Molina, Montserrat Ramos Vásquez, Tony Nello y Ricardo Sandi Sagot

La designación de entidades geográficas y la presentación del material no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la UICN o el Gobierno del Estado de Oaxaca respecto a la condición jurídica de ningún país, territorio o área o de sus autoridades o referente a la delimitación de sus fronteras y límites. Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de la UICN o del Gobierno del Estado de Oaxaca.

Este documento ha sido producido como parte del proyecto “*Plan de inversión para el desarrollo rural bajo en emisiones del Estado de Oaxaca*” ejecutado entre 2019 y 2020 por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) en calidad de entidad implementadora del Gobierno del Estado de Oaxaca en el marco de la Ventana de Financiamiento para Estrategias Jurisdiccionales y Planes de Inversión del Grupo de Trabajo de Gobernadores para el Clima y los Bosques (GCF Task Force, por sus siglas en inglés), que cuenta con apoyo financiero del Gobierno de Noruega y el soporte del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Publicado por UICN, Oficina Regional para México, América Central y el Caribe (ORMACC) San José, Costa Rica; y el Gobierno del Estado de Oaxaca, México.

Derechos reservados © 2020 UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quién detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente. Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso.

Cita sugerida Simonit, S., Abardía Martínez, A., García Contreras, G., Ríos Colín, A., Morales Pacheco, R., Solano Solano, B., González Ortiz, M., Martínez Rodríguez, S., Arcos Canseco, M., Ramos García, A., Brena García, G., Escalona Luttig, I., García López, J., López Soto, F., Beltrán Casanova, E., Castro Negrete, J., Vallejo Molina, R., Ramos Vásquez, M., Nello, T., Sandi Sagot, R. (2020). *Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca, México*. San José, Costa Rica: UICN ORMACC, y Gobierno del Estado de Oaxaca, México.

Coordinación técnica Silvio Simonit (UICN)

Edición Silvio Simonit (UICN) y Adriana Abardía Martínez (UICN)

Diseño editorial Ramses Salazar

Fotografías portadas Gerardo Audiffred

Disponible en UICN Oficina Regional para México, América Central y el Caribe  
San José, Costa Rica  
Tel: ++506 2283 8449  
Fax: ++506 2283 8472  
ormacc@iucn.org  
www.iucn.org/ormacc

# Índice

Índice de figuras .....	VIII
Índice de tablas .....	XI
Presentación .....	XIII
Resumen ejecutivo .....	XVI
Estado actual y prácticas locales de restauración del paisaje .....	XVI
Degradación funcional del paisaje .....	XVI
Modelos de restauración funcional del paisaje .....	XVII
Impacto de la restauración funcional del paisaje en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agenda 2030 en Oaxaca.....	XVIII
Hacia un modelo de implementación de la restauración funcional del paisaje .....	XIX
Restauración funcional del paisaje como marco de referencia para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS) en Oaxaca.....	XIX
Agradecimientos.....	XX
1. Introducción .....	1
1.1 El contexto de la restauración del paisaje .....	1
1.2 Contexto geográfico y ambiental .....	2
1.3 Avances en política climática y ambiental en el Estado de Oaxaca .....	4
1.4 Estado actual de las prácticas locales de restauración del paisaje en Oaxaca .....	5
2. Degradación funcional del paisaje y potencial de restauración .....	11
2.1. Degradación de las funciones ecosistémicas .....	15
2.1.1. Degradación de la función de retención de sedimentos.....	15
2.1.2. Degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal base .....	18
2.1.3. Degradación de la función de retención de nutrientes.....	22
2.1.4. Degradación de la función de captura de carbono .....	25
2.1.5. Degradación de la función de polinización .....	28
2.2. Degradación funcional del paisaje en Oaxaca .....	31
3. Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca .....	41
3.1. Matriz de salvaguardas y zonificación de los modelos de restauración.....	42
3.2. Propuesta de modelos de restauración productiva .....	45
3.2.1. Modelo agroforestal de agave .....	46
3.2.1.1 Descripción.....	46
3.2.1.2. Resultados económicos .....	47
3.2.2. Modelo de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en ladera .....	52
3.2.2.1 Descripción .....	52

3.2.2.2. Resultados económicos .....	54
3.2.3. Modelo agroforestal de café .....	57
3.2.3.1 Descripción .....	57
3.2.3.2. Resultados económicos .....	58
3.2.4 Modelo silvopastoril de conservación .....	62
3.2.4.1 Descripción .....	62
<b>3.3. Identificación de oportunidades de restauración funcional del paisaje para el Estado de Oaxaca .....</b>	<b>70</b>
<b>3.4. Impacto de la restauración sobre el desarrollo sostenible en Oaxaca .....</b>	<b>77</b>
<b>4. Propuesta para un modelo de implementación de la restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca .....</b>	<b>94</b>
<b>4.1. Pilotos de inversión en restauración funcional del paisaje .....</b>	<b>94</b>
<b>4.2. Modelo de financiamiento e intervención .....</b>	<b>95</b>
4.2.1. Mecanismo financiero .....	97
4.2.1.1. Fideicomiso .....	99
4.2.1.2. Fideicomisario .....	105
4.2.1.3. Dispersiones y erogaciones .....	105
4.2.2. Plataforma de fortalecimiento .....	107
4.2.2.1. Estructura de gobernanza de la Plataforma de Fortalecimiento .....	108
4.2.2.2. Acuerdos de colaboración.....	109
4.2.2.3. Estructura operativa .....	109
4.2.2.4. Costos de la estructura operativa.....	109
4.2.2.5. Costos de la provisión de asistencia técnica.....	109
4.2.2.6. Mecanismos de asistencia técnica .....	111
4.2.3. Riesgos identificados y medidas de mitigación .....	111
<b>4.3. Hoja de ruta para la implementación del mecanismo de financiamiento a la restauración funcional del paisaje en Oaxaca .....</b>	<b>113</b>
<b>5. Reflexiones finales .....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo I. Modelo de exportación de sedimentos.....</b>	<b>119</b>
<b>Anexo II. Modelo de recarga hídrica .....</b>	<b>123</b>
<b>Anexo III. Modelo de retención de nutrientes.....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo IV. Modelo de carbono.....</b>	<b>132</b>
<b>Anexo V. Modelo de provisión de polinizadores.....</b>	<b>134</b>
<b>Anexo VI. Parámetros agroclimáticos de los principales cultivos de los modelos de restauración...137</b>	<b>137</b>
<b>Anexo VII. Metodología multicriterio con proceso de análisis jerárquico .....</b>	<b>146</b>
<b>Anexo VIII. Datos de extensión (hectáreas) de oportunidades de restauración por municipio .....</b>	<b>149</b>

<b>Anexo IX. Tabla de priorización e impacto potencial de las oportunidades de restauración sobre los objetivos de desarrollo sostenible por municipio .....</b>	<b>161</b>
<b>Anexo X. Iniciativas piloto para la restauración productiva de paisaje en Oaxaca .....</b>	<b>173</b>
<b>Proyecto 1: Restauración del Paisaje Productivo de Maguey-Mezcal en Oaxaca .....</b>	<b>173</b>
Antecedentes .....	173
Modelo de negocio .....	176
<b>Proyecto 2: Ganadería Silvopastoril en la Región del Istmo, Oaxaca .....</b>	<b>177</b>
Antecedentes .....	177
Empresas y organizaciones líderes de la iniciativa.....	177
Objetivo del proyecto .....	178
<b>Proyecto 3: Milpa Sustentable Oaxaca: tres laboratorios de intervención .....</b>	<b>180</b>
Antecedentes .....	180
Empresas y organizaciones líderes de la iniciativa.....	181
<b>Anexo XI. Marco legal del mecanismo financiero propuesto.....</b>	<b>184</b>
Leyes federales .....	184
Leyes Estatales .....	184
<b>Anexo XII. Especificaciones para el diseño del Contrato de Fideicomiso y las aportaciones públicas potenciales .....</b>	<b>186</b>
<b>Anexo XIII. Elementos clave en el contrato de Fideicomiso .....</b>	<b>189</b>
Consideración dentro de la Constitución de la Asociación Civil respecto a la estructura Operativa ...	191
Fases para el Otorgamiento de Becas.....	191
Fases para el Otorgamiento de Asistencia Técnica .....	193
<b>Anexo XIV. Constancia de no Inhabilitación para Proveedores y Contratistas.....</b>	<b>194</b>
<b>Anexo XV. Especificaciones para la instrumentación de aportaciones privadas como donaciones deducibles de impuestos.....</b>	<b>195</b>
<b>Anexo XVI. Especificaciones para el otorgamiento de becas recuperables .....</b>	<b>196</b>
Desarrollo y promoción de convocatorias .....	196
Evaluación de propuestas .....	196
Debida diligencia de Beneficiarios (KYC).....	197
Dispersión de becas recuperables.....	197
Recuperación de becas otorgadas a Beneficiarios .....	197
Recepción y registro de aportaciones adicionales deducibles de impuestos por parte de los Beneficiarios.....	197
<b>Anexo XVII. Dispersión de recursos económicos para proveedores de Asistencia Técnica a Beneficiarios.....</b>	<b>198</b>
<b>Anexo XVIII. Constitución de Asociación Civil y registro como Donataria Autorizada.....</b>	<b>200</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>202</b>

# Índice de figuras

---

Figura 1. Uso actual del suelo y pérdida de vegetación (1994-2014) en Oaxaca.....	3
Figura 2. Prácticas de restauración en Oaxaca.....	6
Figura 3. Representación gráfica de la estimación del nivel de degradación funcional del paisaje .....	14
Figura 4. Escenarios de calibración para los mapas de degradación de las funciones ecosistémicas	14
Figura 5. Resultados del modelo de exportación de sedimentos: a) Mapa de erosión; b) Mapa de tasa de exportación de sedimentos .....	16
Figura 6. Mapa de degradación de la función de retención de sedimentos en el Estado de Oaxaca.	17
Figura 7. Datos de degradación de la función de retención de sedimentos en Oaxaca, desglosados por región: a) Extensión de áreas degradadas (hectáreas); b) Porcentaje de territorio degradado y nivel de degradación .....	18
Figura 8. Resultados del modelo de recarga hídrica.....	19
Figura 9. Mapa de degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal base en el estado de Oaxaca.....	21
Figura 10. Datos de degradación de la función de recarga hídrica en Oaxaca, desglosados por región.. .....	21
Figura 11. Resultados del modelo de retención de nutrientes .....	23
Figura 12. Mapa de degradación de la función de retención de nutrientes en el Estado de Oaxaca..	24
Figura 13. Datos de degradación de la función de retención de nutrientes en Oaxaca, desglosados por región.....	24
Figura 14. Resultados del modelo de captura de carbono.....	26
Figura 15. Mapa de degradación de la función de captura de carbono para el Estado de Oaxaca ...	27
Figura 16. Datos de degradación de la función de captura de carbono en Oaxaca, desglosados por región.....	27
Figura 17. Resultados del modelo de polinización .....	29
Figura 18. Mapa de degradación de la función de polinización para el Estado de Oaxaca.....	29
Figura 19. Datos de degradación de la función de polinización en Oaxaca, desglosados por región.	30
Figura 20. Mapa de degradación funcional del paisaje para el Estado de Oaxaca.....	32
Figura 21. Proporción de las áreas degradadas por tipo de vegetación y uso actual de suelo .....	33
Figura 22. Porcentaje de degradación por vegetación y uso de suelo para cada función ecosistémica.	34
Figura 23. Mapa de degradación funcional del paisaje en: a) áreas agropecuarias; b) áreas de vegetación natural .....	35
Figura 24. Mapa de degradación en áreas con pérdida de vegetación en el periodo 1994-2014.....	35
Figura 25. Extensión de la degradación funcional del paisaje en las regiones de Oaxaca (hectáreas).	36
Figura 26. Porcentaje de niveles de degradación funcional del paisaje en las regiones de Oaxaca....	37

Figura 27. Mapa de degradación funcional del paisaje en Oaxaca, por municipio .....	38
Figura 28. Mapas de degradación funcional del paisaje en Oaxaca para diferentes categorías de propiedad social.....	39
Figura 29. Matriz de salvaguardas ambientales y zonificación de los modelos de restauración .....	44
Figura 30. Zonificación de las áreas de viabilidad ambiental para los modelos de restauración en el Estado de Oaxaca.....	45
Figura 31. Arreglo topológico del modelo agroforestal de agave aplicable a las variedades Americana y Angustifolia.....	47
Figura 32. Potencial productivo de las especies de agave en el modelo agroforestal a) Agave Americana, b) Agave Angustifolia.....	48
Figura 33. Flujo de caja del modelo agroforestal de agave (MXN/ha).....	49
Figura 34. Mapa de valor presente neto para el modelo agroforestal de agave a) en áreas de viabilidad ambiental, b) como valor promedio por municipio en áreas de viabilidad ambiental .....	52
Figura 35. Arreglo topológico del modelo de Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en ladera .	53
Figura 36. Potencial productivo de las especies de maíz en el modelo de MIAF en ladera a) mushito, b) tuxpeño.....	54
Figura 37. Flujo de caja para el modelo de milpa en laderas con frutales (MXN/ha).....	55
Figura 38. Mapa de valor presente neto para el modelo de MIAF en ladera a) en áreas de viabilidad ambiental, b) como valor promedio por municipio en áreas de viabilidad ambiental .....	57
Figura 39. Arreglo topológico del modelo agroforestal con café arábica .....	58
Figura 40. Arreglo topológico del modelo agroforestal con café robusta .....	59
Figura 41. Potencial productivo de las especies de café en el modelo agroforestal.....	59
Figura 42. Flujo de caja para el modelo agroforestal de café (MXN/ha) .....	60
Figura 43. Mapa de valor presente neto para el modelo agroforestal de café.....	62
Figura 44. Arreglo topológico general del modelo silvopastoril .....	64
Figura 45. Detalles de arreglo topológico del modelo silvopastoril.....	65
Figura 46. Potencial productivo para el modelo silvopastoril de conservación.....	66
Figura 47. Comparación entre flujo de caja para el modelo silvopastoril de conservación y esquema de ganadería extensiva tradicional (MXN/20ha).....	68
Figura 48. Mapa de valor presente neto para el modelo silvopastoril de conservación .....	69
Figura 49. Mapa de oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca....	72
Figura 50. Oportunidades de restauración funcional del paisaje en Oaxaca, por región .....	74
Figura 51. Mapas de oportunidades de restauración por municipio .....	75
Figura 52. Mapa de oportunidades de buenas prácticas para prevenir la deforestación en áreas sin o de baja degradación.....	77
Figura 53. Insumos para el análisis de impacto de la restauración sobre los objetivos de desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca.....	81

Figura 54. Mapas de impacto potencial de las oportunidades de restauración sobre los objetivos de desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca.....	85
Figura 55. Mapa de priorización de las oportunidades de restauración por su impacto sobre el desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca .....	91
Figura 56. Nivel de priorización de las oportunidades de restauración por su impacto sobre el desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca.....	92
Figura 57. Impacto potencial (promedio por hectárea) de las oportunidades de restauración sobre el desarrollo sostenible a nivel municipal en el Estado de Oaxaca .....	93
Figura 58. Barreras a la inversión privada en la restauración funcional del paisaje .....	96
Figura 59. Fuentes de financiamiento por nivel de madurez comercial de un proyecto.....	98
Figura 60. Oferta de valor del mecanismo financiero propuesto .....	99
Figura 61. Estructura institucional y operativa del mecanismo de financiamiento propuesto.....	100
Figura 62. Fondo público al mecanismo financiero para la restauración del paisaje.....	103
Figura 63. Integración de aportaciones al Fondo Revolvente en el presupuesto estatal .....	105
Figura 64. Marco conceptual para la asistencia técnica colaborativa .....	108
Figura A.1.1. Representación gráfica y esquema conceptual para el cálculo de la tasa de exportación de sedimentos .....	119
Figura A.1.2. Mapa del factor R de erosividad de la lluvia .....	120
Figura A.1.3. Mapa del factor K de erodibilidad del suelo.....	121
Figura A.1.4. Mapa del factor LS de longitud y grado de inclinación de la pendiente .....	121
Figura A.1.5. Mapa del factor C de cobertura de suelo.....	122
Figura A.2.1. Representación gráfica de balance hídrico para calcular la recarga local a escala de celda .....	123
Figura A.2.2. Clasificación y mapeo de grupos hidrológicos de suelo para la estimación de los valores de Número de Curva (CN) para el Estado de Oaxaca .....	125
Figura A.2.3. Mapa de valores de Número de Curva (CN) para el Estado de Oaxaca.....	127
Figura A.2.4. Mapa de zonas climático-pluviométricas para el Estado de Oaxaca .....	128

# Índice de tablas

---

Tabla 1. Caracterización de una selección de experiencias en restauración en Oaxaca.....	7
Tabla 2. Extensión de la degradación funcional del paisaje y potencial de restauración en Oaxaca, por categoría de vegetación y uso actual de suelo (hectáreas).....	31
Tabla 3. Extensión (hectáreas) de la degradación funcional del paisaje en las macro-regiones de Oaxaca, por categoría de vegetación y uso actual de suelo.....	37
Tabla 4. Indicadores económico-financieros para los modelos a 20 años de agroforestales de agave Americana y agave Angustifolia bajo esquema de cosecha anual de maguey.....	50
Tabla 5. Indicadores económico-financieros para los modelos a 20 años de agroforestales de agave Americana y agave Angustifolia bajo esquema de cosecha cíclica de maguey (ciclo de 5 y 7 años)..	51
Tabla 6. Indicadores económico-financieros para los modelos a 20 años de milpa en ladera con frutales .....	56
Tabla 7. Indicadores económico-financieros para los modelos agroforestales de café a 20 años .....	61
Tabla 8. Indicadores económico-financieros a 20 años para el modelo silvopastoril de conservación	67
Tabla 9. Comparación de parámetros económico-financieros entre el modelo silvopastoril de conservación, silvopastoril sin-conservación y ganadería extensiva tradicional doble propósito .....	69
Tabla 10. Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca (hectáreas) .	73
Tabla 11. Índices de impacto de los diferentes modelos de restauración .....	81
Tabla 12. Estimación del impacto potencial de las oportunidades de restauración sobre los diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible en el Estado de Oaxaca .....	90
Tabla 13. Estructura operativa propuesta para la Asociación Civil .....	106
Tabla 14. Roles y funciones de la Donataria Autorizada para la asistencia técnica .....	110
Tabla 15. Riesgos legales identificados.....	111
Tabla A.1.1. Matriz de valores para el factor K utilizados en ecuación universal de pérdida de suelo (USLE).....	121
Tabla A.1.2. Valores para el factor C utilizados en la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE).	122
Tabla A.2.1. Valores mensuales de los coeficientes de cultivo para el cálculo de la evapotranspiración real en el estado de Oaxaca .....	126
Tabla A.2.2. Matriz de valores de Número de Curva (CN) asociados a cobertura/uso de suelo y grupos hidrológicos de suelo para la estimación del flujo rápido de escorrentía de lluvia .....	127
Tabla A.2.3. Número de días de lluvia por mes por zonas climáticas en el Estado de Oaxaca.....	128
Tabla A.3.1. Matriz de cargas por uso de suelo y parámetros específicos para los nutrientes considerados en el modelo (nitrógeno y fósforo).....	130
Tabla A.5.1. Tabla de parámetros de aptitud de uso de suelo y vegetación.....	135
Tabla A.5.2. Tabla de parámetros de especies polinizadoras .....	136

Tabla A.6.1. Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de agave americana.....	137
Tabla A.6.2. Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de agave angustifolia .....	138
Tabla A.6.3. Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de maíz mushito.....	139
Tabla A.6.4. Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de maíz tuxpeño .....	140
Tabla A.6.5. Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de café arábica .....	141
Tabla A.6.6. Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de café robusta.....	142
Tabla A.6.7. Caracterización del potencial productivo de materia verde para forraje según las variables de aptitud agroclimática para pasto en el modelo silvopastoril.....	143
Tabla A.6.8. Caracterización del potencial productivo de materia verde para forraje según las variables de aptitud agroclimática para leucaena en el modelo silvopastoril .....	144
Tabla A.6.9. Caracterización del potencial productivo de materia verde para forraje según las variables de aptitud agroclimática para ramón (como proxy de arbustos para ramoneo en área de regeneración natural) en el modelo silvopastoril .....	145
Tabla A.7.1. Matriz de comparaciones pareadas (primer paso) .....	146
Tabla A.7.2. Escala de preferencias .....	147
Tabla A.7.3. Matriz completa de comparaciones pareadas .....	147
Tabla A.7.4. Estimación del valor de prioridad (“ponderación”) de las variables .....	148
Tabla A.10.1. Área de Influencia, población, familias y porcentaje de población en hogares indígenas ....	174
Tabla A.10.2. Distribución funcional de inversiones AGAMEZ.....	175
Tabla A.10.3. Impactos negativos de la ganadería convencional en el Istmo de Tehuantepec .....	177
Tabla A.10.4. Presupuesto por línea estratégica para el escalamiento de la ganadería sustentable en el Istmo de Tehuantepec .....	179

# Presentación

---

Este documento ha sido producido como parte del proyecto “*Plan de inversión para el desarrollo rural bajo en emisiones del Estado de Oaxaca*” ([www.oaxacabajoenemisiones.mx](http://www.oaxacabajoenemisiones.mx)) implementado entre 2019 y 2020 por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en colaboración con el Gobierno del Estado de Oaxaca en el marco de las iniciativas promovidas por el Grupo de Trabajo de Gobernadores para el Clima y los Bosques (GCF Task Force). El GCF Task Force es una plataforma de colaboración subnacional, actualmente conformada por 38 estados y provincias de 10 países<sup>1</sup> (México, Brasil, Colombia, Costa de Marfil, Ecuador, España, Estados Unidos, Indonesia, Nigeria y Perú) que tiene el objetivo de proteger las selvas tropicales, reducir las emisiones por deforestación y degradación forestal, y promover rutas y modelos para alcanzar un desarrollo rural con cero deforestación. Desde 2017 el Estado de Oaxaca es miembro del GCF Task Force y participa de las acciones de alineación de políticas públicas para el desarrollo rural bajo en emisiones.

Los objetivos del GCF Task Force y del Gobierno de Oaxaca están alineados a las acciones y metas de restauración que la UICN promueve a nivel global. A partir de la institución de la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal<sup>2</sup> (GPFLR) por parte de UICN, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y la Comisión Forestal de Gran Bretaña, otros actores (incluyendo alrededor de 30 instituciones, entre gobiernos, organizaciones internacionales y organizaciones no gubernamentales) se han involucrado para promover la restauración con

enfoque de paisaje a nivel global. De estas acciones surgió la iniciativa global del Desafío de Bonn<sup>3</sup> (*Bonn Challenge*), lanzada en 2011 por el gobierno de Alemania y la UICN, y avalada en 2014 por la *Declaración de Nueva York sobre los Bosques*<sup>4</sup> en el marco de la Cumbre sobre la Acción Climática de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). En su lanzamiento, el Desafío de Bonn propuso para el año 2020 sumar compromisos de gobiernos nacionales y subnacionales para lograr una meta de restauración de 150 millones de hectáreas de tierras degradadas y deforestadas alrededor del mundo. Esta meta ha sido ampliada a 350 millones de hectáreas para el año 2030. Este desafío tiene como fin promover la acción temprana de Reducción de Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal (REDD+) bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático<sup>5</sup> (CMNUCC), así como apoyar las Metas de Aichi<sup>6</sup> (en particular el Objetivo 15 sobre la restauración de al menos el 15% de los ecosistemas degradados del mundo) del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD); y las metas internacionales relativas a la lucha contra la desertificación y la degradación de la tierra. De manera transversal estas acciones contribuyen al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible<sup>7</sup> (ODS). Para alcanzar estos ambiciosos objetivos, la UICN y sus aliados han desarrollado herramientas, como la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración<sup>8</sup> (ROAM), que también se utilizó en el presente proyecto; han aportado asistencia técnica para gobiernos nacionales, subnacionales y actores locales con el fin de desarrollar capacidades

---

<sup>1</sup> [www.gcfff.org/about](http://www.gcfff.org/about)

<sup>2</sup> [www.forestlandscaperestoration.org](http://www.forestlandscaperestoration.org)

<sup>3</sup> [www.bonnchallenge.org](http://www.bonnchallenge.org)

<sup>4</sup> [www.forestdeclaration.org/](http://www.forestdeclaration.org/)

<sup>5</sup> [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)

<sup>6</sup> [www.cbd.int/sp/targets/](http://www.cbd.int/sp/targets/)

<sup>7</sup> [www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/](http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/)

<sup>8</sup> [www.iucn.org/es/node/18946](http://www.iucn.org/es/node/18946)

en el diseño de estrategias de planificación e implementación de la restauración; y promovido la difusión de la información y la gestión del conocimiento a través de plataformas informativas como InfoFLR<sup>9</sup>.

En este contexto, el presente proyecto tuvo el objetivo de promover el desarrollo rural bajo en emisiones, con un enfoque de restauración funcional y productiva del paisaje, a través de cuatro ejes de trabajo: i) coordinación intersectorial; ii) herramientas de planificación; iii) oportunidades de inversión a través de proyectos piloto; iv) diseño de un mecanismo de financiamiento público-privado.

La **coordinación intersectorial** se promovió con la creación de una *Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva del Paisaje* (MIRPP), que sesionó diez veces en catorce meses efectivos de implementación del proyecto, y donde participaron seis entidades del gobierno local e invitados ocasionales de gobierno federal, organizaciones civiles y organizaciones internacionales. Los integrantes permanentes de la MIRPP son las secretarías estatales de medio ambiente (SEMADESO), desarrollo agropecuario (SEDAPA), finanzas (SEFIN), pueblos indígenas (SEPIA), comité estatal de planeación (CG-COPLADE) y comisión forestal (COESFO).

La coordinación entre el sector agropecuario y ambiental del Estado de Oaxaca se promovió también a través del desarrollo de **herramientas de planeación intersectorial**. Estas herramientas incluyen: i) análisis de la degradación de cinco funciones ecosistémicas; ii) identificación de prácticas locales y diseño de modelos de restauración productiva; iii) mapeo de oportunidades de restauración, y iv) estimación del impacto potencial de la restauración sobre los objetivos de desarrollo sostenible. El análisis de degradación del paisaje se enfoca en las funciones ecosistémicas que dan soporte a la producción agrícola y pecuaria en el Estado, y con ello al bienestar que la población rural obtiene en alimentos e ingresos

del comercio de productos. Este análisis permitió identificar el potencial de restauración en el Estado y su análisis regional, municipal, por tipo de vegetación, uso de suelo, entre otros ángulos. El siguiente paso consistió en el diseño de modelos de restauración, optimizando y mejorando las experiencias de buenas prácticas existentes en el territorio. Con base en el potencial de restauración definido por las áreas degradadas, criterios de viabilidad ambiental y características agroclimáticas adecuadas a los modelos, se mapearon las áreas que presentan oportunidades para impulsar diferentes prácticas de restauración funcional del paisaje. Finalmente, se analizó el impacto potencial de estas oportunidades de restauración con respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con el fin de identificar regiones prioritarias de intervención para lograr objetivos múltiples y con enfoque intersectorial.

A partir de las cadenas de valor prioritarias definidas por la MIRPP (agave, café, ganadería y milpa) y la identificación de oportunidades de restauración funcional del paisaje, se formularon **proyectos piloto**, a manera de ejemplo de intervenciones que puedan mejorar la calidad de los servicios ecosistémicos y los medios de vida de la población rural vía negocios o empresas de corte social. Los pilotos fueron formulados bajo un esquema de acompañamiento técnico a grupos de productores, construyendo con ellos los principales elementos de sus proyectos. El proceso de formulación de proyectos de inversión detonó reflexiones importantes al interior de los grupos y fortaleció la articulación entre productores y empresas para alcanzar una mayor extensión territorial y mayores volúmenes de producción.

De acuerdo con las características de los modelos de restauración, de los proyectos piloto y de la demanda potencial por financiamiento para la restauración, se diseñó un **mecanismo de financiamiento** consistente en un mandato financiero (Fideicomiso)

---

<sup>9</sup> www.infoflr.org

privado donde el Gobierno de Oaxaca, así como otros donantes interesados pueden aportar recursos financieros. Este fideicomiso podrá recibir aportaciones económicas de instituciones tanto públicas como privadas, y gestionarlas para realizar donativos recuperables a beneficiarios (personas morales) en el Estado de Oaxaca. Para este instrumento se propuso un esquema de gobernanza plural en términos de sectores, en el que la MIRPP podría tener un rol de consejo consultivo. El instrumento de dispersión de recursos del fideicomiso será basado en aportaciones recuperables (Fondo Revolvente). Adicionalmente al vehículo financiero propuesto (Fideicomiso privado) y el instrumento de dispersión identificado inicialmente (aportaciones recuperables), se diseñó una plataforma de colaboración para la provisión de Asistencia

Técnica ligada al financiamiento. La plataforma de Asistencia Técnica es un espacio donde cooperantes nacionales e internacionales, así como entidades académicas y educativas pueden colaborar para fortalecer las intervenciones financiadas.

El presente documento está enfocado en presentar la metodología y los resultados del diseño de la herramienta de planeación intersectorial, abarcando de forma más resumida en la última sección del documento las componentes de oportunidades de inversión a través de proyectos piloto y la propuesta de diseño de mecanismos de financiamiento mixto. En la página web del proyecto están disponibles los productos, mapas y herramientas mencionados en el documento.



# Resumen ejecutivo

---

La Restauración Funcional del Paisaje (RFP) es un proceso de recuperación de las condiciones ambientales del territorio sin, necesariamente, reflejar la composición y estructura original, a través de acciones que mejoran las funciones ambientales en los paisajes productivos y naturales degradados, procurando la adopción de prácticas social y culturalmente adecuadas, orientado al mejoramiento de los medios y modos de vida de las comunidades locales. La RFP involucra el trabajo de diferentes sectores, como el forestal, agropecuario, ambiental y desarrollo económico y social. En Oaxaca, la RFP es un importante medio para recuperar la funcionalidad del paisaje bajo un uso racional de los recursos naturales que promueva el desarrollo rural bajo en emisiones, en un contexto de alta marginación, pobreza y deterioro de los recursos naturales debido a prácticas agropecuarias no sostenibles y expansión de la frontera agrícola. Aplicando la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM), y en base a principios definidos en conjunto con los actores locales, se desarrolló una herramienta de gestión territorial, suportada por una propuesta de modelo de financiamiento e intervención para el Estado de Oaxaca.

## ***Estado actual y prácticas locales de restauración del paisaje***

El Estado de Oaxaca cuenta con un amplio capital organizativo y de conocimientos locales que se expresan en diversas experiencias de restauración y producción sostenible. Más de 122 empresas y organizaciones rurales con presencia en 136 municipios y sólido trabajo en las cadenas de agave-mezcal, café, manejo forestal sustentable, ecoturismo costero, ganadería silvopastoril y milpa,

conforman la base de trabajo para el diseño de modelos de restauración, formulación de iniciativas piloto de restauración a gran escala y un esquema de financiamiento a la RFP. Considerando esta amplia distribución de experiencias de restauración y producción sostenible, se caracterizó una selección de modelos y prácticas de restauración existentes en Oaxaca ([Capítulo 1.4](#)). De esta caracterización es posible remarcar como el desarrollo de paquetes tecnológicos y modelos de negocio represente una carencia y vacío importante en el estado actual de la implementación de la restauración en Oaxaca. En particular para los modelos de restauración productiva es sumamente importante que la planificación y la fase de implementación puedan contar con estos dos elementos que representan una condición imprescindible para garantizar la sustentabilidad económica y el escalamiento de las acciones de restauración a nivel de paisaje.

## ***Degradación funcional del paisaje***

Los ecosistemas proporcionan servicios a diferentes escalas. Esto implica que los sistemas productivos tienen que ser manejados a una escala suficientemente grande para contener ambos sistemas agrícolas y naturales, tomando en cuenta sus interacciones y los servicios a las actividades productivas que se generan hasta en áreas más lejanas. En este contexto la pérdida o degradación de las funciones ecológicas tiene que ser evaluada a escala de paisaje para desarrollar modelos de intervención que permitan su restauración y la generación de un impacto positivo que permanezca en el tiempo. Este proceso de evaluación implica identificar el potencial de restauración del paisaje a partir del análisis de la degradación funcional que toma en cuenta un

conjunto de servicios ecosistémicos y las potenciales sinergias y compensaciones entre ellos. Bajo este enfoque, el proyecto evaluó la condición actual de las siguientes funciones ecosistémicas: retención de sedimentos, recarga hídrica y aporte al caudal base, retención de nutrientes, captura de carbono y polinización de los cultivos. Los principales resultados son:

- Degradación de la función de retención de sedimentos (exceso de exportación de suelos): 2.56 millones de hectáreas a nivel estatal en condición de degradación, con mayor severidad en las regiones de la Cañada y Sierra Norte ([Figura 6](#));
- Degradación de la función de recarga hídrica: 3.13 millones de hectáreas en condición de degradación, principalmente en la transversal Mixteca – Valles Centrales – Istmo ([Figura 9](#));
- Degradación de la función de retención de nutrientes (baja capacidad para eliminar nitrógeno y fósforo de la red hidrográfica): 2.2 millones de hectáreas en condición de degradación, fuertemente concentradas en el Papaloapan y la Cañada ([Figura 12](#));
- Degradación de la función de captura de carbono: 3.19 millones de hectáreas en estado de degradación principalmente en la región del Papaloapan ([Figura 15](#));
- Degradación de la función de polinización: 3.09 millones de hectáreas en estado de degradación principalmente en las regiones de Papaloapan y Cañada ([Figura 18](#)).

Al integrar la evaluación de estas cinco funciones se identifican 1.6 millones de hectáreas ([Figura 20](#)) donde la función del paisaje, definida por el conjunto de sus funciones ecosistémicas, no logra proporcionar un nivel de servicios adecuado para mantener un nivel aceptable de bienestar para la población humana y

el entorno ecológico. Estas áreas, que representan el 18% del territorio rural del Estado de Oaxaca, definen el potencial alcance de las acciones de Restauración Funcional del Paisaje, la gran mayoría ubicado en terrenos agrícolas y pastizales cultivados/inducidos, que representan respectivamente el 87% y 6% del paisaje degradado ([Tabla 2](#)).

### **Modelos de restauración funcional del paisaje**

La metodología ROAM promueve una optimización del uso del territorio que identifica áreas aptas para modelos productivos sustentables o de restauración productiva y otras donde el uso de suelo óptimo es representado por la restauración de la vegetación natural con el solo fin de recuperar los servicios ecosistémicos esenciales. Ambos grupos de modelos aportan, de forma diferente, a la restauración funcional del paisaje y a objetivos de desarrollo sostenible. Este enfoque da pie a una matriz de salvaguardas ambientales que identifica las áreas idóneas para la implementación de modelos de restauración productiva y ecológica. La zonificación resultante define 11 zonas y 10 modelos de restauración recomendados ([Figura 29](#)). Con base en las prioridades definidas por los actores locales y a partir de las buenas practicas documentadas en el estado, se identificaron cinco modelos principales con un marcado enfoque hacia la restauración productiva ([Capítulo 3.2](#)): Agroforestal de agave para producción de mezcal, Agroforestal de café arábica, Agroforestal de café robusta, Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en ladera y Sistema silvopastoril doble propósito (carne-leche) con áreas de conservación. Para cada modelo se desarrollaron mapas de potencial productivo (determinados por las características agroclimáticas de los cultivos que conforman el modelo de restauración), parámetros técnicos (densidades, arreglos topológicos y secuencialidad de implementación) y evaluación económica (flujo de efectivo e indicadores financieros clave).

### **Oportunidades de restauración funcional del paisaje**

El cruce entre el mapa de zonificación (Figura 30), que procede de la matriz de salvaguardas (Figura 29), y el potencial de restauración, que procede del mapa de degradación (Figura 20), identifica las oportunidades de restauración. Sin embargo, para generar el mapa de oportunidades (Figura 49) se aplicó un paso adicional, integrando la información de potencial productivo generada para los cuatro grupos de modelos productivos que se han analizado en detalle. En base a este análisis, de los 1.6 millones de hectáreas en condición de degradación, 1.4 millones corresponden a áreas donde se identifica un nivel mínimo de productividad que permita estimar rendimientos de producción y retornos económicos suficientes para la población (Tabla 10). La agricultura de conservación, la restauración ecológica, los modelos agroforestales de agave y el modelo de MIAF representan las actividades de restauración con mayores áreas potenciales de implementación.

### **Impacto de la restauración funcional del paisaje en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agenda 2030 en Oaxaca**

La restauración funcional del paisaje representa una herramienta para lograr objetivos múltiples que promuevan a la vez el desarrollo sostenible y la conservación de los recursos naturales. La planificación e implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en el Estado de Oaxaca se enmarcan en el contexto global y nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Para definir el impacto potencial de las acciones de restauración propuestas sobre los diferentes ODS, se comparó una línea base, que representa los retos que enfrenta la sociedad Oaxaqueña en términos de degradación ambiental o socio-económica, con el impacto esperado por la implementación de las acciones de restauración funcional del paisaje (Figura 53). Este último se basa en índices (conectividad biológica, mitigación del cambio climático, seguridad

alimentaria, reducción de la pobreza y valor presente neto marginal) calculados para cada modelo de restauración (Tabla 11), o en la importancia del territorio (por ejemplo, en términos de riesgo de deforestación o importancia hidrológica) en las áreas donde se están proponiendo las acciones de restauración. Como resultado se calcularon las hectáreas (Tabla 12) y generaron mapas que miden el impacto potencial de la restauración con respecto a los objetivos de reducción de la pobreza (Figura 54.a), seguridad alimentaria (Figura 54.b), seguridad hídrica (Figura 54.c), generación de empleos (Figura 54.d), mitigación del cambio climático (Figura 54.e), conservación de la biodiversidad (Figura 54.f), reducción de la deforestación (Figura 54.g).

Una política de desarrollo integral tiene como meta promover simultáneamente a todos los objetivos con el fin de lograr el mayor impacto posible basado en la inversión disponible. Bajo este enfoque, la planeación puede atribuir el mismo peso a todos los objetivos o bien ponderar el peso priorizando un objetivo sobre los demás. Considerando que la heterogeneidad del paisaje y las diferentes características de las acciones de restauración propuestas implica diferentes niveles de prioridad territorial con base en el enfoque de desarrollo que se quiere perseguir, el ejercicio de estimación de impactos de la restauración permite modelar escenarios de desarrollo alrededor de diferentes estrategias de intervención en el territorio. Este proceso generó mapas (Figura 55 y Figura 57) que definen el nivel de priorización de las oportunidades de restauración en base al diferente peso establecido por los actores institucionales de la *Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva del Paisaje* (MIRPP) para cada objetivo de desarrollo sostenible. Bajo este enfoque se identificaron 697,530 hectáreas (21.6% con priorización muy alta; 39.1% con priorización alta y 39.3% con priorización moderada) donde la restauración tiene efectivamente el potencial para promover el desarrollo integral del territorio (Figura 56).

### ***Hacia un modelo de implementación de la restauración funcional del paisaje***

Las herramientas de planificación territorial de corte intersectorial (mapeo de oportunidades de restauración, identificación de áreas prioritarias con base en su impacto potencial sobre los ODS) arrojan una escala de intervención estimada de entre 0.7 (oportunidades de restauración con impacto integral) y 1.38 (total de oportunidades de restauración) millones de hectáreas, por lo que se ha avanzado hacia una propuesta de esquema de implementación que incluye la conformación de un portafolio de prospectos de inversión a través de proyectos piloto y una propuesta de mecanismo de financiamiento que permita movilizar recursos públicos y privados. Se formularon tres iniciativas a manera de ejemplo de intervenciones a escala para la restauración del paisaje para las cadenas de agave-mezcal, ganadería silvopastoril y MIAF ([Anexo X](#)). Adicionalmente, se conceptualizó un mecanismo de financiamiento para la RFP ([Capítulo 4.2](#)) que consiste en un vehículo financiero (fideicomiso privado) y una plataforma de asistencia técnica. En conjunto, los componentes de este mecanismo financiero pueden promover la canalización de recursos privados a partir de recursos (prevalentemente públicos) de naturaleza concesional, al tiempo que habilitan una estructura transparente y plural para la toma de decisiones de financiamiento.

### ***Restauración funcional del paisaje como marco de referencia para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS) en Oaxaca***

El desarrollo humano implica un proceso en el que una sociedad mejora las condiciones de vida de sus miembros. En este contexto, la calidad de vida del ser humano depende del medio en que se desenvuelve, abarcando un conjunto de condiciones económicas, sociales, políticas, de salud y ambientales. Para enfrentar este reto se necesitan modelos innovadores que protejan y recuperen la base de recursos naturales, así como incrementar la capacidad productiva y mejorar las condiciones sociales de la población. Esto

implica una visión de desarrollo que aborde objetivos múltiples como desarrollo económico, seguridad alimentaria, seguridad hídrica, salud humana, mitigación y adaptación al cambio climático, a partir de Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS, por sus siglas en inglés) que colocan a la naturaleza y las personas en el centro de la solución. Las NbS representan un concepto incluyente de todas las metodologías basadas en ecosistemas y que derivan de prácticas establecidas tales como la restauración de los ecosistemas, infraestructura verde, gestión integrada de los recursos hídricos y marino-costeros, conservación basada en áreas protegidas, adaptación/mitigación, y acciones de reducción del riesgo de desastres. En este contexto la RFP integra la mayoría de estas prácticas, promoviendo la conservación y recuperación de los servicios ecosistémicos a una escala de paisaje que permita mantener la estructura, función y composición de los ecosistemas. En el Estado de Oaxaca, con sus altos niveles de pobreza, rezago social y marginación, la RFP puede representar el medio para lograr un impacto transformacional del territorio.

Este documento proporciona un marco de referencia para la implementación del requerido proceso de planificación e identificación de oportunidades de restauración en áreas con mayor potencial de impacto sobre los objetivos de desarrollo sostenible. Este proceso determinó que solamente el 50.4% (0.7 M ha) de las oportunidades de restauración, o bien el 42.9% del potencial inicial (mapa de degradación), representan concretamente Soluciones Basadas en la Naturaleza. En las remanentes áreas, aún teniendo efectos positivos, el impacto de la RFP no lograría incidir de forma relevante sobre los retos múltiples que enfrenta la sociedad Oaxaqueña. Para lograr un verdadero impacto transformacional, la planificación territorial necesita estar soportada por un marco de implementación adecuado que establezca un modelo de gobernanza plural e incluyente, vincular las diversas iniciativas nacionales e internacionales en el territorio, y movilizar recursos públicos y privados.

# Agradecimientos

---

Integrantes de la Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva de Paisajes (MIRPP):

Helena Ituribarría (SEMAEDES),

Floriberto Vásquez (SEMAEDES),

Gonzalo Lapuente (CG-COPLADE),

Abraham Guzmán (CG-COPLADE),

Rafael Arcos (SEDAPA),

Alberto Mijangos (SEDAPA),

María Arellanes (SEFIN),

Quetzacóatl Jiménez (SEFIN),

Romario Sánchez (COESFO),

Manuel Gutiérrez (COESFO),

Miguel Hugo Hernández (SEPIA).

# 1. Introducción

---

## 1.1 El contexto de la restauración del paisaje

De acuerdo con una evaluación mundial reciente del potencial de restauración encargada por la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal (GPFLR) y llevada a cabo por la UICN, el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y la Universidad de Maryland, existen más de dos mil millones de hectáreas en el mundo que se beneficiarían de algún tipo de intervención de restauración (GPFLR, 2011). En este escenario, la restauración del paisaje promueve la transformación de extensas áreas de tierra degradada y deforestada en áreas resilientes y multifuncionales que puedan contribuir a las economías locales y nacionales, capturar y almacenar cantidades significativas de carbono, reforzar las reservas de alimento y agua, y salvaguardar la biodiversidad (UICN-WRI, 2014). En otras palabras, la restauración del paisaje representa un proceso a largo plazo para recuperar la funcionalidad ecológica y mejorar el bienestar humano en los paisajes degradados.

Conceptualmente y en la práctica existen diferentes enfoques de restauración. Por ejemplo, la restauración ecológica es definida por el conjunto de acciones encaminadas a la recuperación de los procesos, condiciones y funciones de los ecosistemas que han sido degradados (Méndez-Toribio, et al., 2018). Sin embargo, este concepto no enfatiza adecuadamente la componente económica de la restauración en los paisajes productivos y agroecosistemas. Desde la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)<sup>10</sup> el concepto

de restauración abarca la componente productiva, pero enfocado al paisaje forestal. En este contexto se habla de restauración forestal como el objetivo de devolver un bosque degradado a su estado original, restableciendo estructura, productividad y diversidad de las especies del bosque, que en teoría estaban presentes originariamente en un lugar. Por su parte la Restauración Funcional del Paisaje (RFP) es un proceso que intenta recuperar las condiciones ambientales del territorio sin, necesariamente, regresar a la composición y estructura original, buscando generar acciones que incorporan y recuperan las funciones ambientales en los paisajes productivos y naturales degradados, procurando la adopción de prácticas social y culturalmente adecuadas, orientado al mejoramiento de los medios y modos de vida de las comunidades locales.

La RFP es materia de varios sectores estratégicos (medio ambiente, economía, desarrollo rural, infraestructura) que intervienen en los procesos de planeación, fomento y aprovechamiento de los recursos naturales. Sin embargo, actualmente en México no se cuenta con eficientes marcos regulatorios y de planificación que promuevan la intersectorialidad y enfoques territoriales para afrontar los problemas de degradación y deforestación. La RFP es un enfoque que fomenta la recuperación de la funcionalidad y la productividad del territorio en un contexto amplio de paisaje, a través de un mosaico de usos de suelo que en conjunto pueden salvaguardar la salud de los ecosistemas. Las acciones de RFP deben responder a la percepción de los actores sobre su propio territorio, así como enfocarse en

---

<sup>10</sup> <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-restoration-and-rehabilitation/basic-knowledge/es/>

### **Cuadro 1. Principios de la restauración funcional del paisaje en Oaxaca**

**Intersectorialidad:** Coordinación sectorial para la conjugación de esfuerzos entre las instituciones que interfieren en la toma de decisiones en el territorio.

**Valoración endémica:** Reconocimiento y valoración de conocimientos locales para el rescate de buenas prácticas.

**Análisis científico:** Valoración de las opciones de restauración funcional del paisaje a partir de conocimientos técnicos y científicos que sustenten las acciones de restauración funcional de paisajes.

**Focalización:** Priorización de áreas para el enfoque de esfuerzos en las regiones del estado donde la degradación y condiciones económicas y organizativas lo requieran.

**Adaptación a la sustentabilidad:** Conversión de ideas y prácticas que transcurran de un modelo de producción convencional hacia la restauración funcional de paisajes que permita un desarrollo sustentable.

**Adecuación tecnológica:** Adecuación de los modelos de producción a las condiciones agroclimáticas de los sitios de intervención.

**Funcionalidad:** Fortalecimiento de modelos de restauración de paisajes que a través de la producción ofrezcan funciones adicionales a las poblaciones.

**Rescate de espacios forestales:** Disminución de espacios agropecuarios de bajo potencial para la reducción de estrés en espacios forestales que han sido invadidos por la frontera agrícola.

**Preservación de la diversidad:** Coordinación institucional y social que preserven la diversidad biológica y cultural de las zonas de inferencia.

**Arraigo al territorio:** Mejora en la calidad de vida de las poblaciones que propicie la disminución de migración.

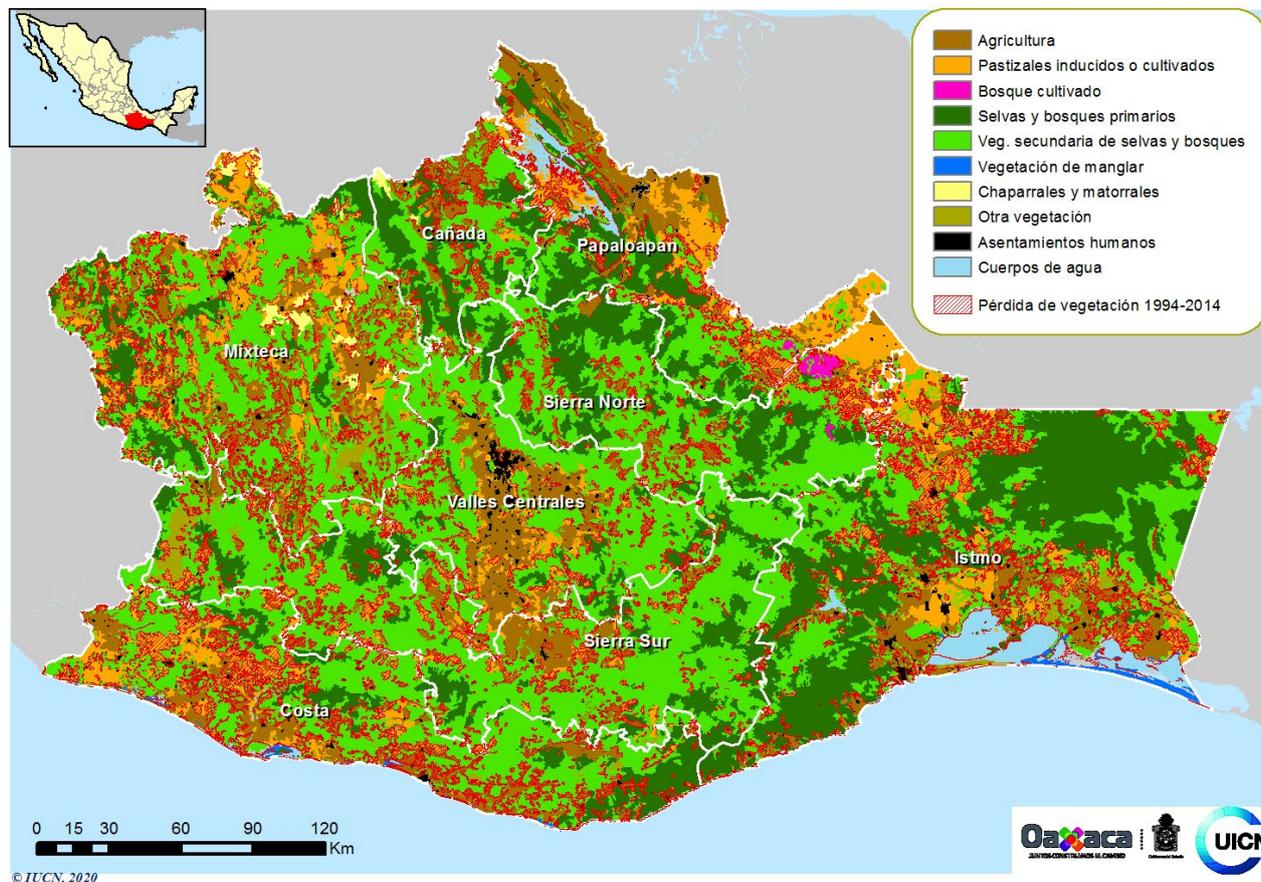
los beneficios múltiples de la restauración y al peso relativo que los actores atribuyen a cada servicio ecosistémico. En este sentido la RFP en Oaxaca sigue una serie de principios definidos en conjunto con los actores locales y que marcan las líneas guía para el desarrollo de modelos de restauración y definición de la estrategia de implementación (**Cuadro 1**).

## **1.2 Contexto geográfico y ambiental**

El Estado de Oaxaca, con una superficie de aproximadamente 9.3 millones de hectáreas, se localiza en el suroeste del país. Se divide en ocho regiones: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Sur, Sierra Norte y Valles Centrales. Oaxaca

cuenta con una gran variedad y complejidad de climas, con un rango de temperatura media anual de 15 a 28.3 °C y un rango de precipitación total anual de 430 a 3,600 mm. Por sus condiciones geomorfológicas Oaxaca es el estado con más biodiversidad en México, además de ser el tercero en superficie forestal con 6,295,473 ha (SEMARNAT, 2014), incluyendo las once tipologías de formaciones forestales consideradas a nivel nacional, además de 23 de los 32 tipos de vegetación descritos para el país por (Rzedowski, 2006). De la superficie total estatal, 529,986 hectáreas corresponden a Áreas Naturales Protegidas (ANPs). De acuerdo con la encuesta intercensal 2015 del INEGI, en la entidad residen cerca de 4 millones de habitantes (INEGI, 2015a), de los cuales el 44.5% se autoadscribe como indígena, representada por 16 grupos étnicos. En contraste con su gran riqueza natural y cultural, en Oaxaca

Figura 1. Uso actual del suelo y pérdida de vegetación (1994-2014) en Oaxaca.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014).

existe rezago social y altos niveles de pobreza y marginación, con casi el 66% de la población viviendo en condiciones de pobreza y el 23% en situación de pobreza extrema (CONEVAL, 2018a).

El principal uso del suelo es forestal o de vegetación natural (66%), le siguen el uso agrícola (17%) y el ganadero (14%), mientras el resto son áreas urbanas y cuerpos de agua (INEGI, 2015b). La superficie forestal está conformada por el 54% de bosques, 45% selvas y 1% por áreas con matorrales xerófilos y otras asociaciones (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2016a). De acuerdo con el Plan Estratégico Sectorial para Desarrollo Rural 2016-2022, del total de las

áreas agrícolas, 652,719 hectáreas se dedican a cultivos anuales y 714,721 hectáreas, a cultivos perennes. De esta superficie total sembrada se tienen 631,294 hectáreas mecanizadas y 736,147 hectáreas no mecanizadas, mientras las hectáreas fertilizadas son 618,396 y en 749,044 hectáreas no se aplica manejo de fertilización. Solamente el 6.55% de la superficie agrícola cuenta con riego, siendo el resto de temporal (SIAP, 2016). En 2018 el valor de la producción agrícola fue de 641 millones de pesos mexicanos, 2.94% del total nacional; mientras que el valor de la producción pecuaria en el Estado fue de 7.6 millones de pesos mexicanos, aportando 1.70% al total nacional.

<sup>11</sup> Sistema productivo mesoamericano compuesto por maíz, frijol y calabaza como cultivos principales y en el que se han identificado hasta 30 diferentes especies alimentarias en ciertas regiones de Oaxaca.

<sup>12</sup> Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), disponible en <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon?idiom=es>

Los rendimientos obtenidos en las unidades productivas del Estado son notablemente inferiores a las medias nacionales. El maíz, principal cultivo anual por extensión en superficie (513,499 ha sembradas en 2018) y vital en la seguridad alimentaria del Estado por estar asociado al sistema milpa<sup>11</sup>, tiene un rendimiento del 65% inferior a la media nacional, de acuerdo a los datos reportados por el SIACON<sup>12</sup>. En 2018 la producción de maíz en Oaxaca alcanzó poco menos de 500 mil toneladas, lo que representa un déficit de 370 mil toneladas para consumo humano en el Estado y 50% mayor al déficit que se tenía en 2012.

La ganadería de Oaxaca es principalmente extensiva (70%) y está compuesta por unidades de producción de pequeña escala con precarios niveles de tecnificación, gestión de calidad y organización empresarial (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2012). La ganadería de bovinos es un importante factor de deforestación, ya que los pastizales inducidos presentaron una ganancia de 59,134 ha anuales en el período 1993-2002 y de 18,578 ha anuales en el período 2002 a 2015, en las regiones del Papaloapan, Mixe, Istmo y Costa. Asimismo, algunos cultivos comerciales como limón, papaya, agave y maíz representan motores de deforestación ya que para su producción se sustituyen terrenos forestales como selvas medianas, selvas secas y algunos bosques templados. Entre 2002 y 2015, las zonas agrícolas tuvieron una ganancia de 29,500 ha anuales. Por su parte, los niveles de referencia para las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por deforestación que se reportan para el Estado de Oaxaca son de 1,797 GgCO<sub>2</sub>e/año para el período 2007-2018 (CONAFOR, 2019). En la mayoría de los casos estos procesos de deforestación están asociados a incidencias de políticas públicas en el sector rural que alientan la pérdida de cobertura forestal, condiciones de pobreza, gobernanza débil en las comunidades y conflictos agrarios (Ellis, et al., 2016).

De acuerdo con el Inventario Estatal de GEI para

Oaxaca (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2016b), en 2013 el sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo) era responsable de la emisión de casi 8 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), alrededor del 42% del total estatal (INECC, 2015). El sector ganadero contribuye con 33% del total de emisiones en el sector AFOLU (casi 2.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e) seguido por las emisiones directas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en suelos por el uso de fertilizantes agrícolas (23%); y por las emisiones derivadas de la quema de residuos agrícolas (19%) y de suelos forestales (16%), que conjuntamente emiten poco más de 2.8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e.

El contexto actual en el Estado de Oaxaca evidencia la necesidad de promover políticas de desarrollo rural sustentable que atiendan a la necesidad de reducir la deforestación, así como las emisiones de GEI del sector AFOLU, promoviendo al mismo tiempo objetivos de seguridad alimentaria y reducción de la pobreza, con intervenciones que respeten y dinamicen la gran diversidad cultural y agroecológica del Estado. En este sentido, la restauración del paisaje representa un importante medio para recuperar la funcionalidad del paisaje bajo un uso racional de los recursos naturales que promueva el desarrollo rural bajo en emisiones.

### 1.3 Avances en política climática y ambiental en el Estado de Oaxaca

El Plan Estatal de Desarrollo (PED 2016-2022) vislumbra la potencialidad de crecimiento económico y social vinculados al aprovechamiento racional de los recursos naturales, identificando como herramientas de intervención la planeación y ordenamiento ecológico y territorial, la implementación de acciones que reduzcan las emisiones de GEI, la protección de áreas de importancia ecológica, la protección y

recuperación de cuerpos de agua, la construcción de un marco legal que oriente las acciones del Estado y de la sociedad civil y la canalización de recursos económicos que faciliten la implementación de proyectos ambientalmente benéficos.

El marco de planeación que el Gobierno de Oaxaca ha desarrollado en este sentido, incluyó la creación de planes sectoriales que definen las líneas de acción y estrategias para la implementación de las herramientas de intervención que marca el PED 2016-2022. El Plan Estatal Sectorial de Desarrollo Rural centra sus esfuerzos en el mejoramiento de la productividad y rentabilidad agropecuaria buscando mejorar las condiciones económicas y sociales para el desarrollo. El Plan establece que ello se logrará a través de acciones y actividades que respeten el equilibrio ecológico, de acuerdo al planteamiento del Plan Estratégico Sectorial de Medio Ambiente. Por su parte el Plan Estatal de Cambio Climático 2016-2022 (PECC) define metas y medidas de mitigación, adaptación y capacitación en cambio climático, además de albergar la Estrategia Estatal de REDD+ del Estado de Oaxaca (“EEREDD+ Oaxaca”), que pretende contribuir a la adaptación al cambio climático a través de la reducción de emisiones de GEI, reducción de incentivos que promueven la deforestación y degradación, y aumento en estímulos para el manejo forestal sustentable. Un instrumento guía para la zonificación, implementación de acciones y proyectos es el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (POERTEO), que responde a la necesidad de fortalecer los objetivos de conservación de los recursos naturales a través de la promoción de criterios de sustentabilidad de las distintas actividades productivas y antropogénicas del territorio.

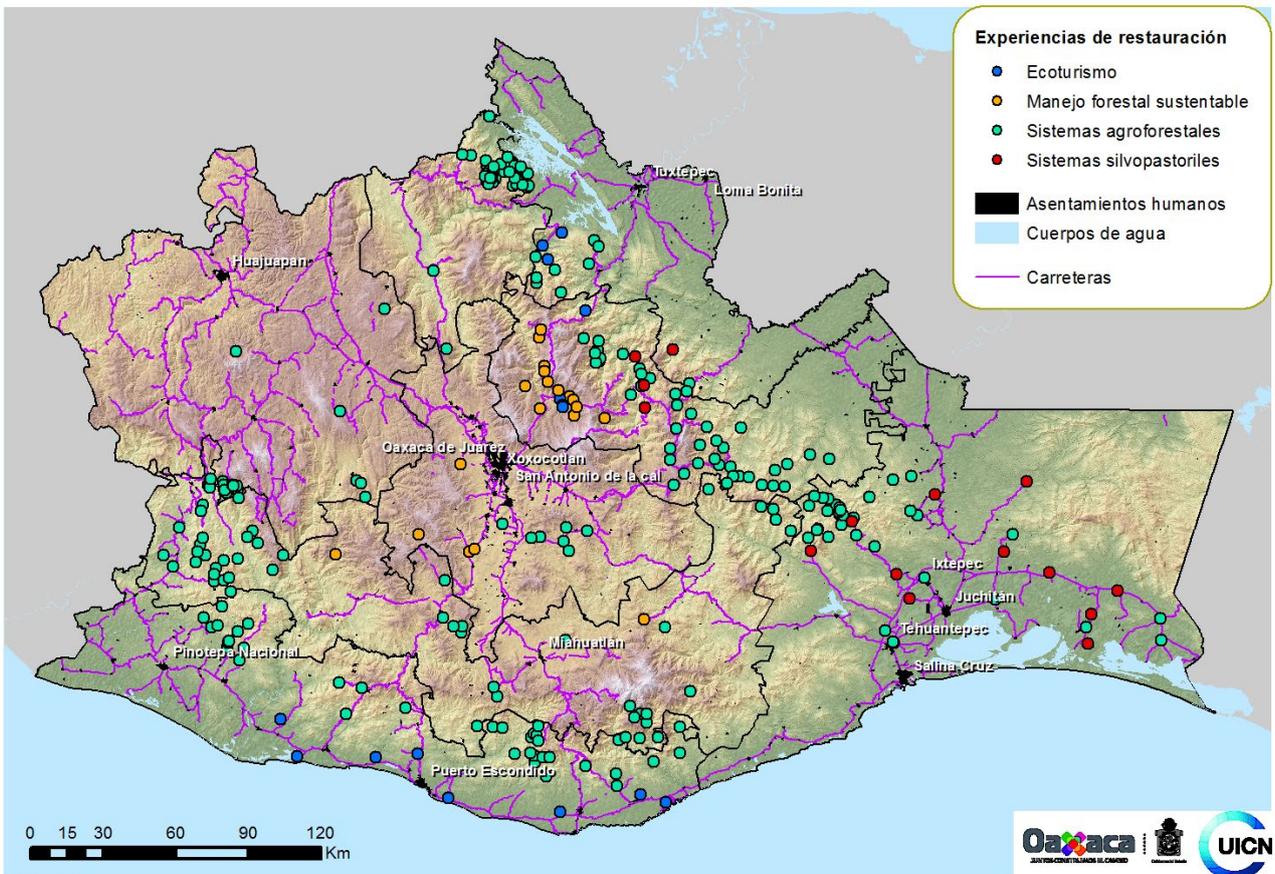
Las herramientas de planificación territorial presentadas en este estudio tienen como objetivo apoyar la implementación de los diferentes instrumentos de política pública que definen el marco de acción climática y ambiental del Gobierno del Estado.

## 1.4 Estado actual de las prácticas locales de restauración del paisaje en Oaxaca

En el Estado de Oaxaca existe una base diversa y consolidada de experiencias, procesos organizativos y prácticas de restauración, construidas desde la sociedad civil, academia, y organizaciones comunitarias, que puede contribuir al diseño e implementación de una estrategia estatal de restauración funcional del paisaje. Con el fin de generar una línea base del estado de las prácticas locales de restauración en Oaxaca se llevaron a cabo talleres y reuniones con organizaciones y actores locales que permitieron definir un listado de prácticas de restauración y generar un mapa de ubicación y cobertura geográfica de las diferentes intervenciones. El proyecto identificó un total de 464 puntos de intervención que pueden ser categorizados como de restauración funcional de paisaje. Estos se ubican en 324 localidades de 136 municipios y corresponden a sistemas agroforestales (café y MIAF), silvopastoriles, manejo forestal sustentable y de restauración de manglar/ecoturismo. Las iniciativas de restauración funcional de paisajes están ubicadas preponderantemente en las sierras Norte y Sur del Estado. Las prácticas identificadas son lideradas por 122 empresas rurales, organizaciones y grupos de productores en Oaxaca, en seis cadenas productivas: agave-mezcal, café y milpa en sistemas agroforestales, manejo forestal sustentable, ecoturismo y ganadería (**Figura 2**).

Considerando esta amplia distribución de experiencias de restauración y producción sostenible, se caracterizó una selección de modelos y prácticas de restauración existentes en Oaxaca. En la **Tabla 1** se presenta de forma resumida la información proporcionada por 13 organizaciones, que permite identificar las prácticas asociadas a cada modelo de restauración, así como las especies más utilizadas y las principales fuentes de financiamiento.

Figura 2. Prácticas de restauración en Oaxaca.



© IUCN, 2020

Fuente: Elaboración propia.

Durante la última década, la **restauración ecológica** se ha implementado principalmente en las regiones Mixteca y Valles Centrales que concentran poco más del 50% de los casos. Se identifican al menos siete organizaciones ejecutoras principales y financiamiento público federal (CONAFOR, INPI), estatal (COESFO/SEDAPA) e internacional (Proyecto GEF Mixteca). Las organizaciones que respondieron el cuestionario reportan experiencias en bosques templados de la Mixteca y Sierra Norte, en los que se han utilizado especies de pino (*variedades Gregui y Oaxacana*). Las prácticas más comunes fueron la reforestación, seguida de la regeneración natural y el enriquecimiento de los acahuales. Con menor frecuencia estuvieron las obras de conservación de suelos. Los servicios ecosistémicos que estas organizaciones refieren mantener/restaurar han sido

principalmente cobertura forestal (como un conjunto de servicios ecosistémicos), control de erosión del suelo, provisión de agua y biodiversidad. La productividad del bosque, la mitigación y adaptación al cambio climático han sido objetivos menos frecuentes. A este modelo se encuentra ligada una experiencia de mercado voluntario de bonos de carbono que emprende la Integradora de Comunidades Indígenas y Campesinas de Oaxaca (ICICO), con aplicación en la Sierra Norte, Valles Centrales y Costa.

Respecto a la **restauración de manglares**, se reportó una experiencia en la región de la Costa desarrollada en dos municipios con financiamiento reciente de la CONAFOR. El ecosistema donde se implementó corresponde a lagunas costeras. Las prácticas empleadas han sido la reforestación, la

**Tabla 1.** Caracterización de una selección de experiencias en restauración en Oaxaca.

Modelo	Prácticas asociadas	Especies clave	Servicios ecosistémicos en los que incide	Fuentes financieras identificadas (2011-2018)
Restauración Ecológica	1. Reforestación 2. Regeneración natural 3. Enriquecimiento de acahuales 4. Obras de conservación de suelo/agua	- Pinus oaxacana - P. gregui	1. Cobertura forestal 2. Control de erosión 3. Provisión de Agua 4. Biodiversidad 5. Productividad 6. Mitigación/adapt. al CC	- CONAFOR - CDI/INPI - SEDAPA/COESFO
Restauración de manglares	1. Reforestación con planta de vivero y siembra directa 2. Apertura y desazolve de canales	- Rhizophora mangle -Laguncularia racemosa - C. erectus	1. Cobertura forestal 2. Biodiversidad 3. Mitigación/adapt. al CC	- CONAFOR
Plantaciones Forestales Comerciales	1. Prácticas de manejo forestal 2. Plantaciones diversificadas 3. Decretos de protección	- Pino	1. Productividad 2. Biodiversidad 3. Mitigación/adapt. al CC 4. Control de erosión 5. Provisión de agua	- CONAFOR - SEDAPA
Sistemas Silvopastoriles	1. Incorporación de especies arbóreas y arbustivas forrajeras 2. Rotación del pastoreo 3. Bancos energéticos 4. Bancos de proteína 5. Mejoramiento de pastos 6. Fertilización orgánica	- Huaje - Moringa - Pastos	1. Control de erosión 2. Biodiversidad 3. Productividad 4. Provisión de agua 5. Cobertura forestal 6. Mitigación/adapt. al CC	- CONANP - CDI/INPI - HEIFER - Proyecto MREDD - Proyecto GEF MIXTECA
Sistemas Agroforestales	1. Obras de conservación de suelos (terrazas, barreras muertas) 2. Diversificación de sombra 3. Control biológico de plagas	- Café - Cacao - Canela - Vainilla - Agave - Plátano - Cítricos	1. Productividad 2. Biodiversidad 3. Provisión de agua 4. Cobertura forestal 5. Control de erosión 6. Mitigación/adapt. al CC	- CONABIO SPSSB - CONANP - CDI/INPI - Proyecto GEF MIXTECA - CONAFOR - PESA SAGARPA
Agricultura de Conservación	1. Diversificación de especies en la milpa 2. Incorporación de abonos verdes 3. Terrazas 4. No quema 5. Barreras vivas y muertas	- Amaranto - Maíz - Frijol - Calabaza - Quelites - Higuera - Agave - Frutales	1. Productividad 2. Reducción de erosión 3. Mitigación/adapt. al CC	- CATOLIC RELIEF SERVICES (CRS) - CONANP - CDI/INPI - Proyecto GEF MIXTECA - PESA SAGARPA
Obras de Conservación de suelo y agua	1. Zanjales, 2. Barreras vivas y muertas. 3. Estabilización de taludes. 4. Cercos vivos, 5. Incorporación de abonos verdes, 6. Presas, 7. Bordos 8. Terrazas.	- Agave - Huaje - Jarilla - Tepehuaje	1. Provisión de agua 2. Control de erosión 3. Productividad 4. Biodiversidad 5. Cobertura forestal 6. Mitigación/adapt. al CC	- GONZALO RIO ARRONTE - CONAFOR - CDI/INPI - Proyecto GEF MIXTECA - COUSSA PESA

siembra directa y la apertura/desazolve de canales para recuperar el flujo hidrológico. Las especies que han sido utilizadas son: Mangle rojo, blanco y botoncillo. Los servicios ecosistémicos relacionados con este modelo han sido la mitigación al cambio climático, la recuperación de cobertura forestal y el mantenimiento de la biodiversidad.

Los casos reportados de **sistemas agroforestales** consisten principalmente en el cultivo de café bajo sombra o cacao, incorporando cítricos, plátano, vainilla y especies maderables tropicales. Hubo reportes no documentados de plantaciones de canela y piña bajo sombra que podrían ser casos interesantes para la diversificación de estos sistemas. Los modelos agroforestales se ubican en todas las regiones del Estado de Oaxaca. Las regiones mejor representadas con inversión y experiencias de organizaciones son la Sierra Norte, zona Mixe y la Mixteca, concentrando el 50% del total. Las inversiones documentadas para este modelo han provenido de la CONAFOR, la CDI/INPI, el proyecto GEF Mixteca y la CONABIO (SPSSB). Se identificaron doce organizaciones ejecutoras, entre las cuales sobresale, por su cobertura, la Coordinadora Estatal de Productores de Café (CEPCO). A este modelo está asociada la producción apícola, aunque no de modo exclusivo, representando una actividad que incrementa el valor económico de las áreas. Las prácticas asociadas son, en la mayoría de casos, obras de conservación de suelo como terrazas, barreras muertas, la diversificación de la sombra, el control biológico de plagas y enfermedades, y recientemente el mejoramiento de suelos con abonos orgánicos apoyado por el proyecto Agricultura, suelos y agua (ASA) de la organización Catholic Relief Services (CRS)<sup>13</sup>. Las experiencias agroforestales en Oaxaca reportaron estar asociadas a todos los servicios ecosistémicos con una importancia similar, salvo el de adaptación al cambio climático que se registró con menor frecuencia. Se describieron en detalle cuatro casos de este modelo: café bajo sombra asociado

con vainilla en la Chinantla, cacao bajo sombra en la Chinantla, café bajo sombra en Tlahuitoltepec y finalmente agave agroforestal en el Valle de Ocotlán.

Con respecto a los modelos de restauración que involucran **plantaciones forestales comerciales** se registró una sola experiencia en la región Mixe que data de la década de los 90, en zonas de bosque templado. Estas plantaciones se realizaron con cultivo de especies maderables a través de prácticas de manejo forestal, la diversificación de especies y decretos de protección estatal. Los servicios ecosistémicos vinculados a este modelo han sido, en la misma importancia, la mitigación y adaptación del cambio climático, control de erosión y pérdida de suelo, provisión de agua, productividad de los cultivos y biodiversidad. Considerando en términos generales los apoyos gubernamentales para promover plantaciones forestales comerciales, no necesariamente bajo un esquema de restauración, la CONAFOR ha sido la principal fuente financiera y en menor medida la CDI/INPI, beneficiando proyectos en 46 municipios del Estado (8% del total), principalmente en las regiones de Papaloapan y Costa.

Los **sistemas silvopastoriles** se identificaron en la Sierra Norte, Istmo y Mixteca. Las prácticas reportadas emplean con mayor frecuencia cultivos de especies arbóreas y arbustivas para la producción de forraje, el establecimiento de barreras vivas con curvas a nivel, la rotación del pastoreo, bancos de proteína, cultivo y manejo de pastos, bancos de energía a través del ensilado y la henificación, así como la fertilización orgánica. Las fuentes de financiamiento de este modelo han sido la CONANP, CDI/INPI e iniciativas de cooperación internacional como la Alianza MREDD+, proyecto GEF Mixteca y actualmente HEIFER Internacional. Los servicios ecosistémicos relacionados con el modelo según los entrevistados fueron, en orden de importancia, la mejora del hábitat para la biodiversidad y control de erosión, seguido del incremento de la productividad, disponibilidad de

<sup>13</sup> Ver referencia en <https://asa.crs.org/2019/11/introduccion-a-la-aplicacion-del-programa-asa-en-el-estado-de-oaxaca/>

agua, adaptación al cambio climático y recuperación de cobertura forestal; en último lugar, la mitigación del cambio climático.

La **agricultura de conservación** considera principalmente los cultivos asociados a la milpa (frijol, calabaza, maíz, quelites) que en algunos casos se diversifican ulteriormente con especies como el tomate, chile, amaranto y maguey. En zonas templadas y frías se incorporan especies de frutales como el durazno y zonas cálidas el chicozapote. Con similar frecuencia se reportó la incorporación de abonos verdes y las terrazas. Con menor frecuencia, pero igual número están las prácticas de labranza mínima, barreras vivas y muertas. En cuanto a los servicios ecosistémicos se relacionan el incremento de la productividad, la mitigación y adaptación al cambio climático, y el control de erosión y pérdida de suelos. Las experiencias e inversiones registradas comprenden principalmente las regiones de la Cañada, Sierra Norte y Valles Centrales. Recientemente se han financiado con recursos del proyecto GEF Mixteca, FAO Protierras y CDI/INPI. Destaca como fuente financiera Catholic Relief Services (CRS) en relación a cuatro organizaciones regionales que promueven la recuperación de suelos, humedad y productividad en parcelas agrícolas y agroforestales.

Los modelos de restauración que se enfocan en la **conservación de suelos y agua** se han implementado principalmente en las regiones de la Mixteca, Costa y Sierra Sur, con financiamiento de la CONAFOR y de organismos internacionales (proyecto GEF Mixteca, FAO Protierras). Las prácticas aplicadas con mayor frecuencia son las zanjas, seguidas de barreras vivas o muertas. En menor medida se han establecido cercos vivos, aplicado el uso de abonos verdes, construcción de presas, bordos y terrazas, y estabilización de taludes. Los servicios ecosistémicos relacionados con estas experiencias son prácticamente todos los considerados en el ejercicio de identificación, sobresaliendo la provisión de agua, conservación de suelos e incremento de la

productividad. El mantenimiento de la biodiversidad y la cobertura forestal, así como la mitigación y adaptación al cambio climático se encuentran en segundo término.

Comparando los diferentes modelos de restauración se observa que los servicios ecosistémicos que están más relacionados con la restauración del paisaje son la provisión de agua y el mantenimiento de la biodiversidad, con 17% de menciones cada uno; entre adaptación y mitigación al cambio climático se suman 20% de las menciones, conservación de suelo, 16%; mientras la cobertura forestal y la productividad suman cada una 15%. También se nota que el modelo agroforestal parece ser el más completo en cuanto a los servicios ecosistémicos asociados, seguido de las obras de conservación de suelo y agua. Las experiencias registradas muestran en el 53% de los casos una antigüedad de siete o más años, 30% de uno a tres años y 15% de cuatro a seis años. La manera en que se han financiado las experiencias registradas son, en la mayoría de casos, con recursos del gobierno federal, seguidas de iniciativas de cooperación internacional, recursos propios, filantropía nacional, gobierno estatal, iniciativa privada. La implementación de las experiencias tiene como actor principal a los núcleos agrarios, después a organizaciones sociales y productivas de base. En menor medida se realiza el trabajo directamente con los productores individuales no asociados y en la minoría de casos existe coordinación con autoridades municipales.

Es de notar que cuatro de las trece experiencias caracterizadas han desarrollado al menos un proceso clave para la consolidación y sostenibilidad de su intervención (mecanismos de gobernanza, documentación de evidencias de mejora en medios de vida, desarrollo de base de datos georeferenciada, establecimiento de mecanismos de monitoreo, desarrollo de paquetes tecnológicos, vinculación a un modelo de negocio comercial). Otras nueve experiencias han desarrollado de dos a más procesos

de sostenibilidad. Las categorías más frecuentes son la existencia de bases de datos/georeferencias y evidencias de las mejoras alcanzadas en los medios de vida de las familias involucradas. La existencia de un mecanismo de gobernanza es la tercera más frecuente con seis casos. Con modelos de negocio asociados a su experiencia hay cinco organizaciones. Para mecanismos de monitoreo de resultados hay cuatro menciones y sólo un caso de un paquete tecnológico desarrollado.

De esta caracterización es posible remarcar que la carencia de paquetes tecnológicos y modelos de negocio es un vacío importante para la implementación de la restauración en Oaxaca. El desarrollo de ambos elementos es una condición imprescindible

para garantizar la sustentabilidad económica y el escalamiento de las acciones de restauración a nivel de paisaje. Para contribuir a subsanar esta carencia, a partir de las buenas prácticas documentadas en el Estado, se han desarrollado modelos optimizados y paquetes tecnológicos como base para la definición de oportunidades de inversión para la restauración. Estos modelos se presentan a detalle en los siguientes capítulos del presente documento.



©UICN 2020/ Gerardo Audiffred

## 2. Degradación funcional del paisaje y potencial de restauración

---

Los servicios ecosistémicos son fundamentales para el bienestar humano en cuanto permiten mantener el potencial productivo de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales, además de proporcionar otros servicios directos como provisión de agua y regulación de flujo hídrico, control de erosión del suelo y regulación de los procesos de sedimentación, polinización de los cultivos, captura de carbono, y mejor calidad del agua por retención del flujo de nutrientes, entre otros.

Sin embargo, los ecosistemas proporcionan servicios a diferentes escalas. Esto implica que los sistemas productivos tienen que ser manejados a una escala suficientemente grande para contener ambos sistemas agrícolas y naturales, tomando en cuenta sus interacciones y los servicios a las actividades productivas que se generan hasta en áreas más lejanas (Scherr & McNeely, 2008). En este contexto la pérdida o degradación de las funciones ecológicas tiene que ser evaluada a escala de paisaje para desarrollar modelos de intervención que permitan su restauración y la generación de un impacto positivo que permanezca en el tiempo. Este proceso de evaluación implica identificar el potencial de restauración del paisaje a partir del análisis de la degradación funcional que toma en cuenta un conjunto de servicios ecosistémicos y las potenciales sinergias y compensaciones (“*trade-offs*”) entre ellos.

En Oaxaca, así como en otros ejercicios de evaluación de oportunidades de restauración que se llevaron a cabo en México a nivel subnacional, el concepto de restauración del paisaje se caracteriza por el enfoque productivo y se puede definir como la “*Recuperación de áreas degradadas por actividades antropogénicas*

*y/o perturbaciones naturales, a través de prácticas de manejo y técnicas productivas a largo plazo, que permitan restablecer las funciones del ecosistema o de partes de sus componentes, permitiendo que esta sea económicamente viable, socialmente justa y localmente sostenible.”*

La degradación funcional del paisaje se define a partir del conjunto de funciones ecosistémicas identificadas como prioritarias por los actores durante el proceso de implementación de la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM) que se llevó a cabo en el marco del proyecto y que incluyen: función de retención de sedimentos, función de recarga hídrica y aporte al caudal base, función de retención de nutrientes, función de captura de carbono, y función de polinización de los cultivos. La degradación de estas funciones en el paisaje depende de la combinación de factores humanos, como el uso de suelo, y factores naturales (tipo de vegetación natural, variables climáticas, topografía y tipología de suelo). Esto implica que el impacto de las actividades humanas no es uniforme a lo largo del territorio, sino que puede ser intensificado por la interacción con estas variables naturales. La evaluación de estas dinámicas a través de modelos geoespaciales responde a la necesidad de definir áreas geográficas prioritarias donde las acciones de intervención pueden tener un mayor impacto sobre las variables ambientales, económicas y sociales, promoviendo de forma más efectiva un modelo de desarrollo sostenible para el paisaje.

**Cuadro 2: Metodología para la generación del mapa de degradación funcional del paisaje y proceso de calibración.**

El mapa de degradación funcional del paisaje se generó estimando en cada pixel el valor promedio de la suma de los niveles de degradación respectivos a cada función ecosistémica considerada:

$$D_x = \frac{(D_{Sx} + D_{Rx} + D_{Fx} + D_{Cx} + D_{Px})}{5} \quad (1)$$

Donde,

- $0 \leq D_x \leq 100$  representa el nivel de degradación funcional del paisaje en el pixel  $x$ ;
- $D_{Sx}$  es el nivel de degradación de la función de retención de sedimentos en el pixel  $x$ , con  $0 \leq D_{Sx} \leq 100$ ;
- $D_{Rx}$  es el nivel de degradación de función de recarga hídrica en el pixel  $x$ , con  $0 \leq D_{Rx} \leq 100$ ;
- $D_{Fx}$  es el nivel de degradación de la función de retención de nutrientes en el pixel  $x$ , con  $0 \leq D_{Fx} \leq 100$ ;
- $D_{Cx}$  es el nivel de degradación de la función de captura de carbono en el pixel  $x$ , con  $0 \leq D_{Cx} \leq 100$ ;
- $D_{Px}$  es el nivel de degradación de la función de polinización de los cultivos en el pixel  $x$ , con  $0 \leq D_{Px} \leq 100$ .

El nivel de degradación de las diferentes funciones del paisaje se estima a través de la siguiente ecuación:

$$D_{jx} = \frac{100}{[1 + \text{Exp}(\beta_j I_{jx})]} \quad (2)$$

Dónde:

- $D_{jx}$  representa el nivel de degradación del paisaje para la función ecosistémica  $j$  en el pixel  $x$ ;
- $\beta_j$  representa un valor de calibración asociado a  $j$ ;
- $I_{jx}$  es un índice que mide el nivel de funcionalidad del servicio ecosistémico  $j$  en el pixel  $x$ , con  $-100 \leq I_{jx} \leq 100$ .

El índice de funcionalidad  $I_{jx}$  asume valores positivos cuando en el pixel hay condiciones que definen una buena funcionalidad del servicio ecosistémico, mientras asume valores negativos en situaciones de baja funcionalidad que identifican un escenario de degradación. Este índice permite comparar, bajo una métrica común, servicios ecosistémicos que tienen diferentes unidades de medición (p. ej. toneladas de sedimentos, m<sup>3</sup> de agua, toneladas de carbono, etc.), además de hacer posible la evaluación de potenciales “trade-offs” entre ellos. El valor “0” es el parteaguas que define un escenario de degradación y corresponde a un valor definido en términos de flujo del servicio ecosistémico (p. ej. número de toneladas por hectárea de exportación de sedimentos arriba del cual se genera degradación, número de m<sup>3</sup> de agua como contribución de un pixel a la recarga hídrica por debajo del cual se identifica un escenario de degradación, etc.). La transposición de estas diferentes métricas en un valor indexado se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$I_{jx} = 100 * \left[ \frac{\bar{V} - v_x}{\text{Max}(v_x) - \bar{V}} \right] ; \quad \text{Si } v_x \geq \bar{V}$$

$$I_{jx} = 100 * \left[ \frac{\bar{V} - v_x}{\bar{V} - \text{Min}(v_x)} \right] ; \quad \text{Si } v_x < \bar{V} \quad (3)$$

con,

$$-100 \leq I_{jx} \leq 100$$

Donde:

$v_x$  es el nivel de flujo generado en el pixel  $x$ , expresado en métricas diferentes (t/ha, m<sup>3</sup>, etc.) según la función ecosistémica  $j$  considerada;

$\bar{V}$  representa el nivel parteaguas (t/ha, m<sup>3</sup>, etc.) que identifica el limite arriba del cual el flujo genera degradación;

$Max(v_x)$  representa el valor máximo de flujo en el pixel  $x$ , considerando todos los pixeles del área de estudio;

$Min(v_x)$  representa el valor mínimo de flujo en el pixel  $x$ , considerando todos los pixeles del área de estudio.

Las ecuaciones [1] y [2] implican que valores superiores a 50 identifican un estado de degradación (ver **Figura 3**). También se asume que un rango de valores de  $30 < D_x \leq 50$  define un estado de “degradación baja o ausencia de degradación”. Este rango podría identificar un escenario de manejo sustentable del paisaje, donde la presencia de modelos productivos no necesariamente excluye un nivel de degradación para una de las funciones consideradas, pero esto no impacta negativamente la funcionalidad del paisaje en su conjunto. Por otro lado, valores menores o iguales a 30 indican una ausencia total de degradación en todas sus funciones ecosistémicas y bien representa un uso de suelo bajo conservación o sin presencia de perturbaciones. Con respecto al paisaje degradado ( $D_x > 50$ ), se definen varios niveles de degradación. Estos son determinados por rangos de valores definidos por los actores en base a su percepción del estado del territorio y a los mapas que lo expresan. Como resultado se estableció que el rango  $50 < D_x \leq 65$  define un nivel de degradación moderada,  $65 < D_x \leq 80$  representa degradación alta y  $80 < D_x \leq 100$  identifica un muy alto nivel de degradación (**Figura 3**). La restauración productiva tiene como objetivo reducir la degradación dentro del rango de “manejo sustentable” del paisaje. Por otra parte, la restauración ecológica promueve la transición de un estado de degradación a un estado de conservación que no implica un uso productivo del territorio.

La percepción del territorio por parte de los actores también permitió la calibración de los mapas que representan la degradación de las diferentes funciones ecosistémicas. Este proceso se obtuvo definiendo el valor del coeficiente de calibración  $\beta_j$  en las respectivas ecuaciones representadas de forma general por la ecuación [2]. Para cada una de las funciones del paisaje los actores compararon los mapas estimados con diferentes valores de calibración, seleccionando el escenario de degradación más cercano a su percepción actual del territorio (**Figura 4**). De esta forma escogieron el valor del coeficiente  $\beta_j$  a través de un proceso de “calibración perceptiva” que expresa indirectamente la importancia relativa que los actores atribuyen a cada función ecosistémica. Un más alto valor de  $\beta_j$  representa una mayor pendiente en la curva que define el nivel de degradación de la función ecosistémica  $j$ . Esto implica un mayor peso atribuido a la degradación de esa función con respecto a otra.

Figura 3. Representación gráfica de la estimación del nivel de degradación funcional del paisaje

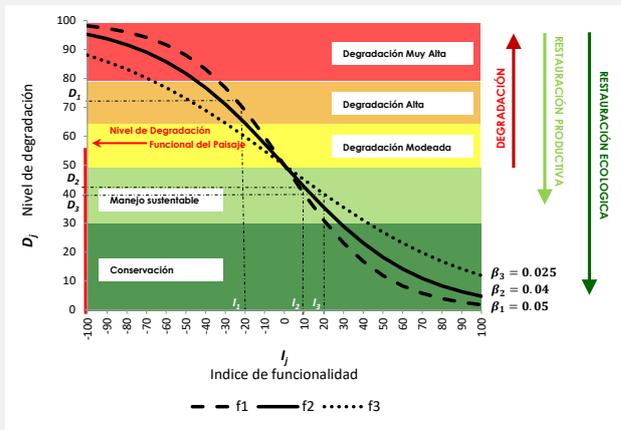
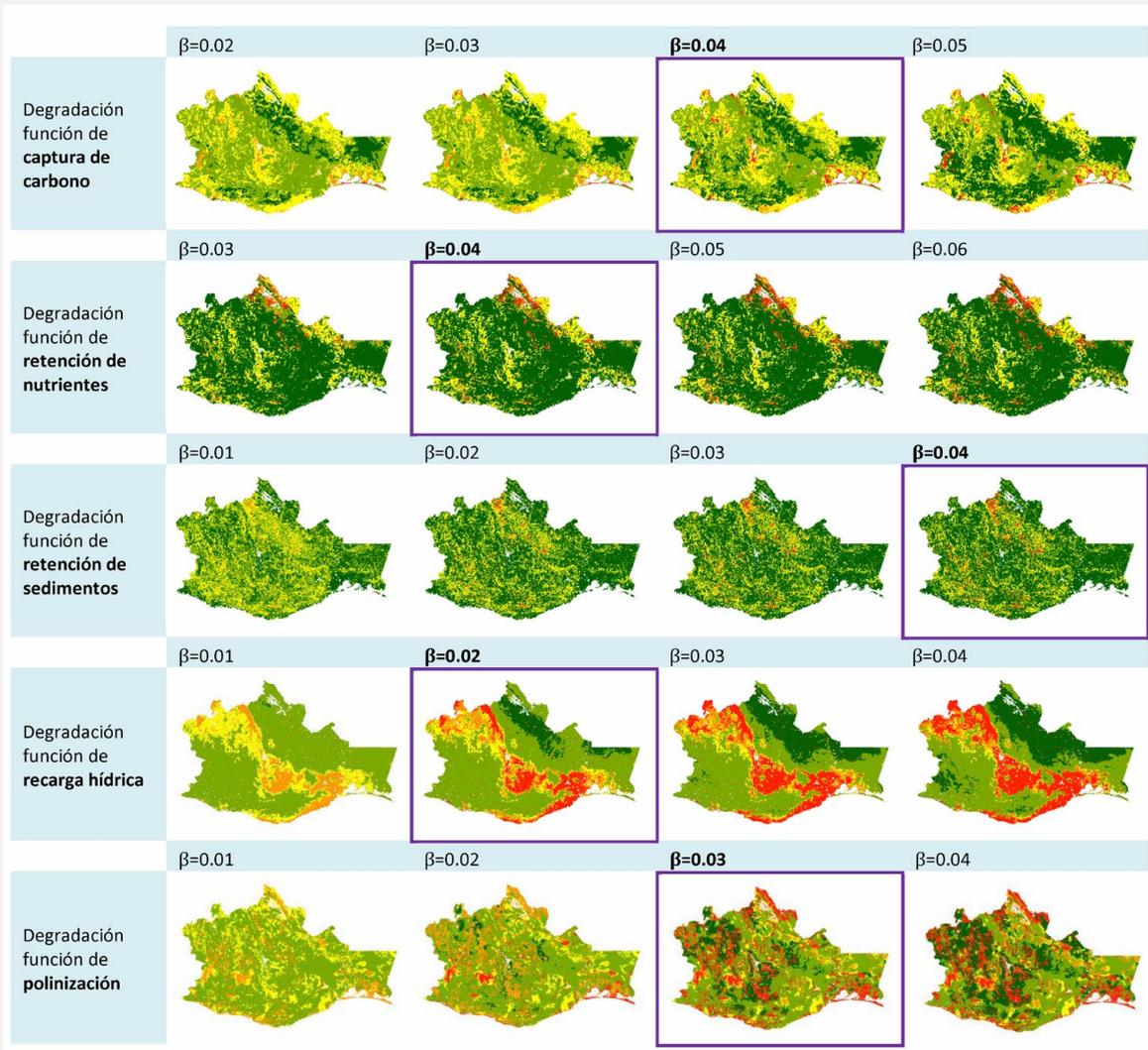


Figura 4. Escenarios de calibración para los mapas de degradación de las funciones ecosistémicas



Fuente: Elaboración propia

## 2.1. Degradación de las funciones ecosistémicas

### 2.1.1. Degradación de la función de retención de sedimentos

La sedimentación es representada por la exportación *ex-situ* de sedimentos debida a procesos de erosión *in-situ*. La erosión y transporte de sedimentos es un proceso natural, que se genera por la interacción de factores como: intensidad de la lluvia, propiedades del suelo, topografía y cobertura vegetal. Entre estos factores, topografía y cobertura vegetal tienen un impacto tanto en la erosión *in-situ* como en reducir la exportación de sedimentos hacia la red hidrográfica, constituyendo una barrera a lo largo de su camino. La dinámica natural se altera por la presencia e intensidad de las actividades antropogénicas que se desarrollan en el paisaje, modificando tanto la intensidad de erosión como el proceso de sedimentación, debido al cambio de cobertura vegetal y uso de suelo.

El impacto ambiental y económico se genera por su dimensión física y química. La pérdida de la capa superficial del suelo y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar genera un impacto *in-situ* por la pérdida de la materia orgánica del suelo y sus nutrientes, reduciendo el potencial productivo de las actividades agrícolas y requiriendo de un mayor uso de fertilizantes y otros insumos, incrementando así los costos de manejo. Adicionalmente, el proceso de exportación de sedimentos tiene repercusiones ecológicas y físicas en lugares alejados como lechos de ríos y lagos, en donde se produjo la deposición. Esto disminuye la capacidad de los mismos, incrementando el riesgo de desborde en los ríos o produciendo una disminución en el volumen de los embalses que reduce la eficiencia en la producción de energía hidroeléctrica y la capacidad de almacenamiento de agua para usos agrícolas y consumo humano. Este último también se ve afectado por el incremento de la turbidez de las aguas receptoras y la presencia de productos

químicos adsorbidos por la porción de limo y arcilla de los sedimentos, implicando mayores costos de depuración.

Para generar el mapa de degradación de la función de retención de sedimentos, se estimó la distribución del respectivo índice de funcionalidad (**Figura 5.d**) a partir del mapa de exportación de sedimentos (**Figura 5.c**) generado aplicando la herramienta de análisis espacial InVEST (ver **Anexo I**). Este último depende de la estimación de la erosión potencial (**Figura 5.a**) y de la tasa de exportación de sedimentos (TES) (**Figura 5.b**). El nivel de degradación se definió a partir de un umbral de 2 t/ha, que corresponde a un nivel de erosión de 10 t/ha y considerando un coeficiente de exportación de sedimentos de 0.2 (asumiendo que el 20% de los sedimentos generados en la parcela se deposita en la red hidrológica y cuerpos de agua). Esto corresponde al supuesto que una parcela contribuye a la degradación del paisaje si presenta un nivel de erosión mayor de 10 t/ha o una tasa de exportación suficientemente elevada para generar una exportación de sedimento mayor de 2 t/ha, aun si la erosión en la parcela fuera menor de 10 t/ha. En otras palabras, el nivel de contribución de una parcela a la degradación de la función de retención de sedimentos a escala de paisaje depende tanto de las condiciones de cobertura vegetal y uso de suelo en la parcela, que definen entre otras la intensidad de la erosión, como de las condiciones que caracterizan la microcuenca en la cual se encuentra la parcela, que definen la capacidad de transporte de los sedimentos. El índice que define en cada celda  $x$  el nivel de funcionalidad del paisaje para retención de sedimentos es representado por la siguiente ecuación que procede de la forma general representada por la ecuación [3]:

$$I_{Sx} = 100 * \left[ \frac{\bar{S} - s_x}{\text{Max}(s_x) - \bar{S}} \right] \quad \text{Si } s_x \geq \bar{S}$$

y

$$I_{Sx} = 100 * \left[ \frac{\bar{S} - s_x}{\bar{S} - \text{Min}(s_x)} \right] \quad \text{Si } s_x < \bar{S}$$

(4)

con,

$$-100 \leq I_{Sx} \leq 100$$

Donde:

$I_{Sx}$  es el índice que expresa el nivel de funcionalidad del paisaje para retención de sedimentos en la celda  $x$ ;

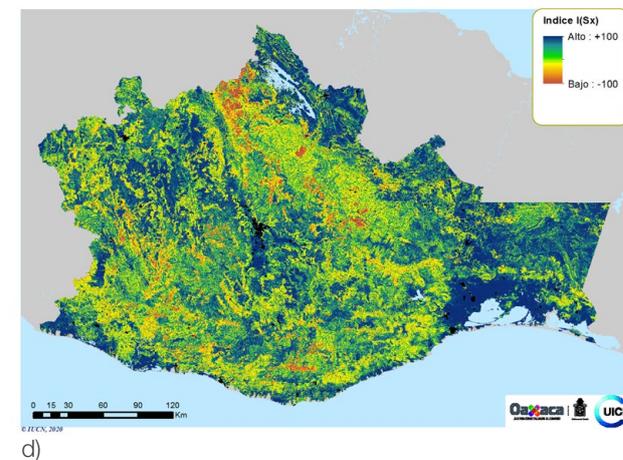
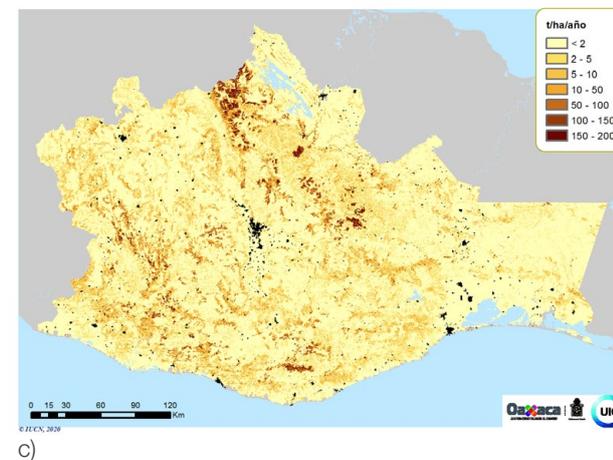
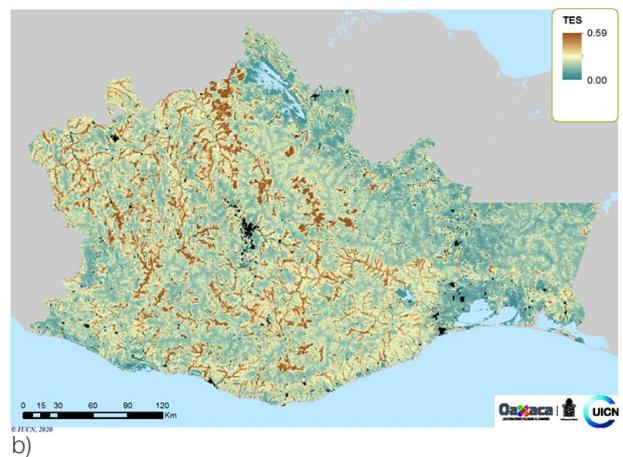
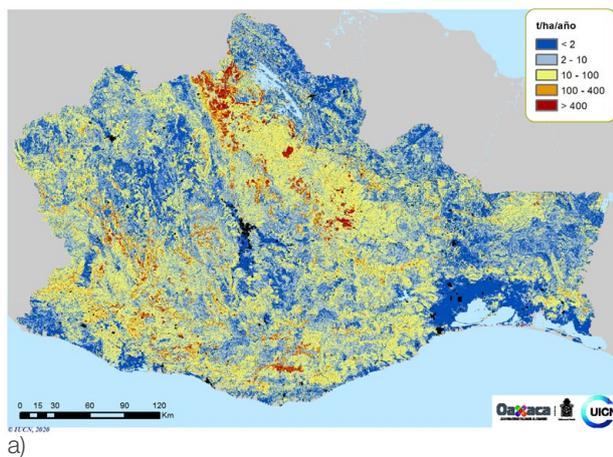
$s_x$  representa la cantidad de exportación de sedimentos (t/ha/año) de la celda  $x$ ;

$\bar{S} = 2$ , representa el nivel de exportación de sedimentos (t/ha), que identifica el limite arriba del cual el flujo genera degradación;

$\text{Max}(s_x) = 200$ , representa el valor máximo de exportación de sedimentos (t/ha), considerando todas las celdas del área de estudio y después de ajustar los valores extremos (“outliers”) del mapa de exportación de sedimentos;

$\text{Min}(s_x) = 0$ , representa el valor mínimo de exportación de sedimentos (t/ha), considerando todos los pixeles del área de estudio.

**Figura 5.** Resultados del modelo de exportación de sedimentos: a) Mapa de erosión; b) Mapa de tasa de exportación de sedimentos.



Fuente: Elaboración propia.

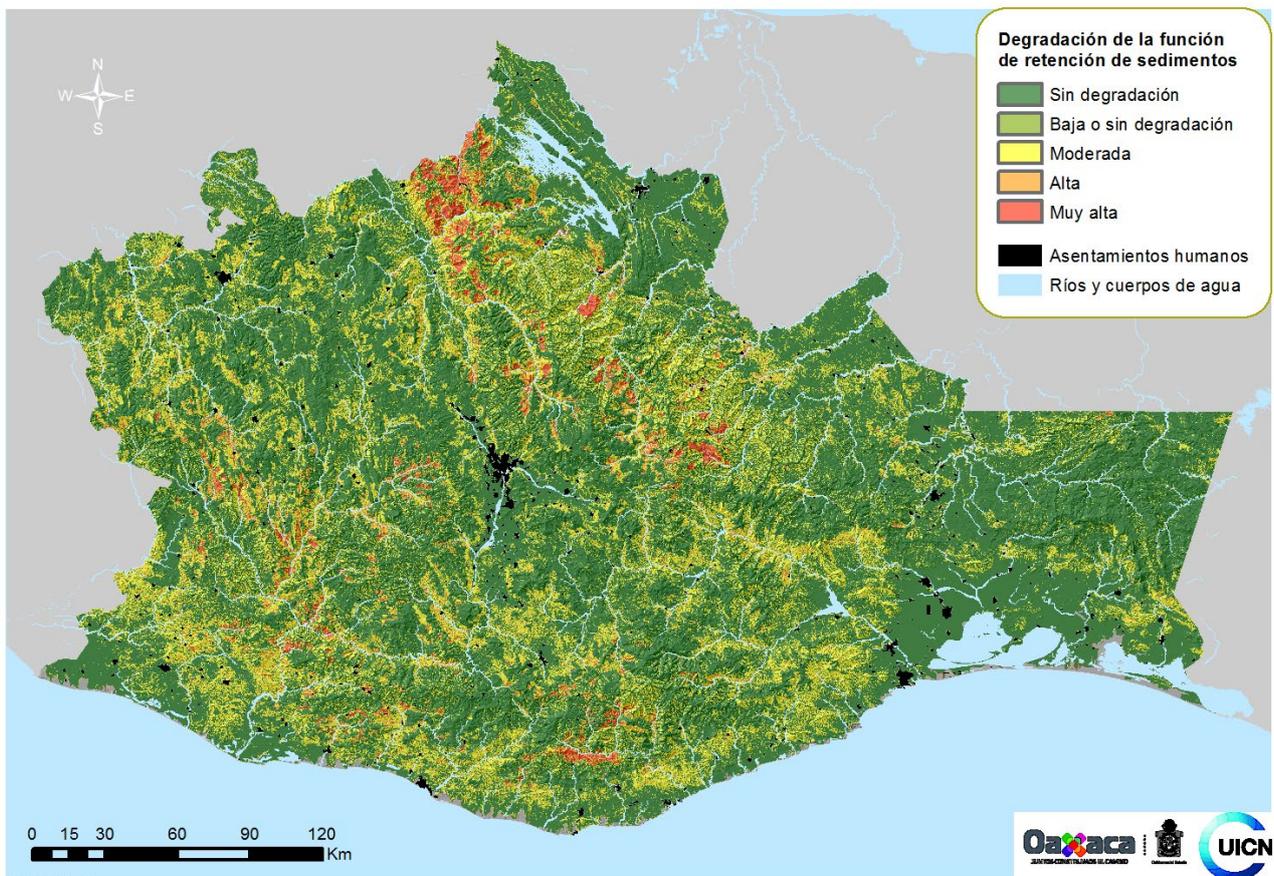
A partir de los valores de celda ( $I_{sx}$ ) del mapa de índice de funcionalidad, el mapa de degradación de la función de retención de sedimentos se genera aplicando en las celdas la ecuación [2] con un parámetro de calibración  $\beta_s=0.04$  y calculando el valor de  $D_{sx}$  (ver **Cuadro 2**). El mapa resultante (**Figura 6**) identifica 2.56 millones de hectáreas en estado de degradación para esta función ecosistémica. Esto representa alrededor del 28% del territorio del Estado, de los cuales 2.20 millones de hectáreas se encuentran en un estado de degradación moderada, 0.17 millones de hectáreas de alta degradación, y 0.19 millones de hectáreas, en un estado de degradación muy alta.

Las regiones de Sierra Sur, Mixteca, Costa e Istmo presentan la mayor extensión de áreas degradadas (**Figura 7.a**). Sin embargo, para Istmo y Mixteca estas

áreas representan un bajo porcentaje de su territorio, respectivamente el 16.6% y 27.8%, y la mayoría con un nivel de degradación moderado. Por otro lado, las regiones de Cañada y Sierra Norte, a pesar de tener comparativamente bajas extensiones de áreas degradadas, también presentan el más alto porcentaje de territorio degradado con respectivamente el 48.1% y 36.0% (**Figura 7.b**).

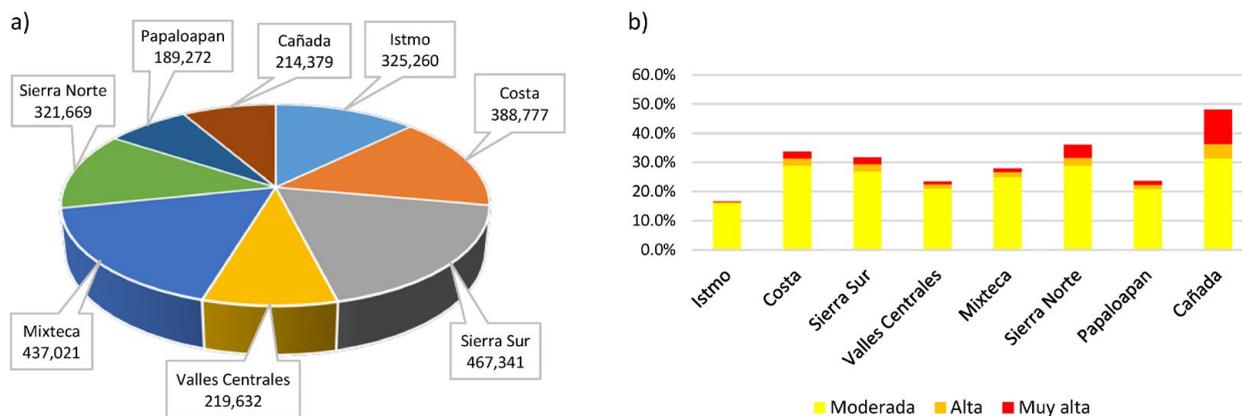
Además, estas regiones (Cañada y Sierra Norte) tienen el porcentaje más alto de territorio bajo un estado de degradación muy alta. En términos absolutos, las regiones que sobresalen por la mayor extensión de áreas de mayor degradación (nivel de degradación alta y muy alta) por exportación de sedimentos son Cañada (74,072 ha), Sierra Sur (70,609 ha), Sierra Norte (63,635 ha) y Costa (55,412

**Figura 6.** Mapa de degradación de la función de retención de sedimentos en el Estado de Oaxaca.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7.** Datos de degradación de la función de retención de sedimentos en Oaxaca, desglosados por región: a) Extensión de áreas degradadas (hectáreas); b) Porcentaje de territorio degradado y nivel de degradación.



ha). Esto se debe sobre todo a la combinación entre los niveles medio-altos de precipitación y topografía con mayor pendiente que caracteriza el paisaje de estas regiones. Debido a estas consideraciones, los modelos de restauración del paisaje en estas áreas deben tener un enfoque y atención particular en promover técnicas de conservación de suelo para prevenir la erosión.

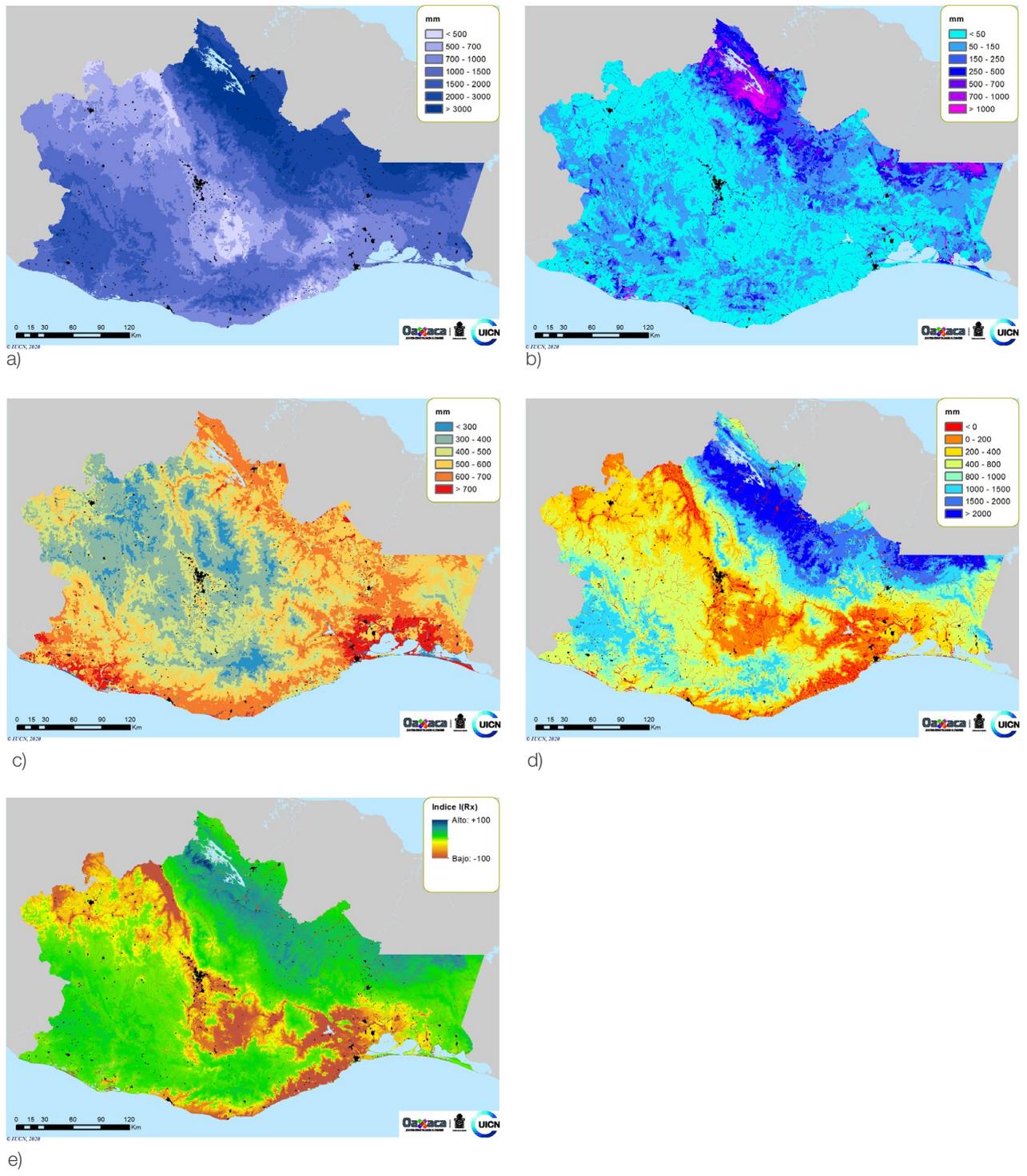
### 2.1.2. Degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal base

Los servicios ecosistémicos ligados a las funciones hidrológicas incluyen el suministro de agua en calidad y cantidad adecuada para consumo humano, agrícola o producción de energía hidroeléctrica, así como la regulación del flujo de los caudales minimizando los efectos de las inundaciones o soportando el caudal base en las épocas más secas. Todos estos servicios dependen del tipo de cobertura vegetal, características del suelo, topografía y variables climáticas como precipitación y temperatura. Considerando las características hidroclimáticas y de estacionalidad de la precipitación en el Estado de Oaxaca, nuestro análisis se enfoca en la estimación de la función de recarga hídrica que sustenta el caudal base durante la temporada seca. Esta es determinada por el balance

hidrológico que toma en cuenta precipitación (**Figura 8.a**), flujo de escurrimiento rápido (**Figura 8.b**) y evapotranspiración (**Figura 8.c**). En otras palabras, la precipitación que no se escurre como flujo rápido y no esté sujeta a evapotranspiración por la vegetación, puede infiltrarse en el suelo para convertirse en recarga local. El nivel de recarga hídrica así obtenido localmente en cada celda (**Figura 8.d**) representa la contribución potencial de la misma al caudal base de la red hidrográfica; de particular importancia en temporada de mayor sequía. La recarga hídrica local puede ser negativa si una celda no recibe suficiente agua para satisfacer sus requisitos de vegetación, por lo que también utiliza el agua generada cuenca arriba. En este caso, la celda no contribuye al caudal base, por lo que el nivel de su aporte se establece en cero.

Para generar el mapa de degradación de la función de recarga hídrica, se estimó la distribución del respectivo índice de funcionalidad (**Figura 8.e**) a partir del mapa de aporte al caudal base, representado por las celdas con valor positivo del mapa de recarga local (**Figura 8.d**) y generado aplicando la herramienta de análisis espacial InVEST (ver **Anexo II**). El nivel de degradación se definió a partir de un umbral de 400 mm como aporte anual al caudal base. Bajo este supuesto, una celda contribuye a la degradación de la función de soporte al caudal base si la recarga hídrica local anual es más baja que este umbral.

**Figura 8.** Resultados del modelo de recarga hídrica: a) Mapa de precipitación anual (mm); b) Mapa de flujo rápido anual (mm); c) Mapa de evapotranspiración real anual (mm); d) Mapa de infiltración y recarga local anual (mm); e) Mapa de índice de funcionalidad para recarga hídrica.



Fuente: Elaboración propia.

El índice que define en cada celda  $x$  el nivel de funcionalidad para recarga hídrica es representado por la siguiente ecuación que procede de la forma general representada por la ecuación [3]:

$$I_{Rx} = 100 * \left[ \frac{(r_x - \bar{R})}{\text{Max}(r_x) - \bar{R}} \right] \quad \text{Si } r_x \geq \bar{R}$$

y

$$I_{Rx} = 100 * \left[ \frac{(r_x - \bar{R})}{\bar{R} - \text{Min}(r_x)} \right] \quad \text{Si } r_x < \bar{R}$$

(5)

con,  
 $-100 \leq I_{Rx} \leq 100$

Donde:

$I_{Rx}$  es el índice que expresa el nivel de funcionalidad para recarga hídrica y aporte de la celda  $x$  al caudal base;

$r_x$  es el aporte (mm/año) al caudal base de la celda  $x$ ;

$\bar{R} = 400$ , representa el umbral (mm) de aporte al caudal base por la celda  $x$ , por debajo del cual se considera el flujo insuficiente y por lo tanto representa una situación de degradación de esta función ecosistémica;

$\text{Max}(r_x) = 3792$ , representa el valor máximo de aporte al caudal base (mm), considerando todas las celdas del área de estudio;

$\text{Min}(r_x) = 0$ , representa el valor mínimo de aporte al caudal base (mm), considerando todas las celdas del área de estudio.

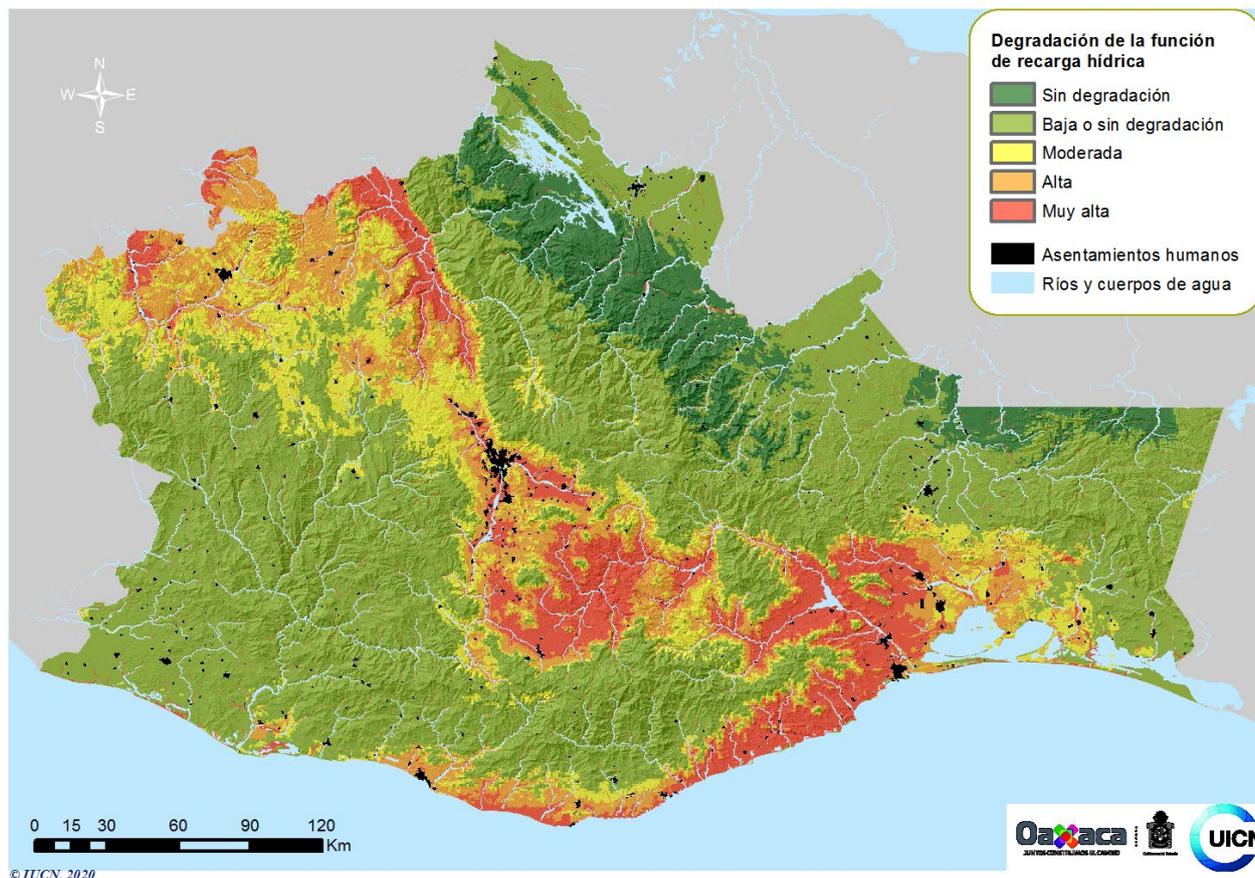
A partir del mapa del índice de funcionalidad de la respectiva función, se aplicó la ecuación [2] con un parámetro de calibración  $\beta_R=0.02$  (ver **Cuadro 2**). El mapa resultante (**Figura 9**) identifica 3.13 millones de hectáreas (34% del territorio del Estado) cuyo aporte a la función de recarga hídrica se encuentra por debajo del umbral que define el nivel de degradación. De estas hectáreas, 0.98 millones se encuentran en un estado de degradación moderada, 1.03 millones

de hectáreas de alta degradación, y 1.12 millones de hectáreas en un estado de degradación muy alta para esta función ecosistémica.

Del mapa y datos generados (**Figura 10.a**) resulta evidente cómo la mayor degradación se encuentra a lo largo de la transversal Mixteca-Valles Centrales-Istmo, incluyendo la parte oriental de Sierra Sur. Estas áreas coinciden con las zonas de más baja precipitación, especialmente durante la temporada seca, por lo tanto, se hace evidente la existencia de un déficit en el balance hídrico en algunas épocas del año. Valles Centrales y Mixteca son también las regiones que tienen el porcentaje más alto de su territorio con degradación de la función de recarga hídrica, 65.8% y 56.4% respectivamente (**Figura 10.b**). Por otro lado, Sierra Norte y Papaloapan tienen un porcentaje de degradación muy bajo. En esta última, es exclusivo de las zonas limítrofes a los lechos de los ríos que por su cercanía no sustentan el caudal base por perder toda su contribución de lluvia en el flujo rápido de escorrentía; por ende, en este caso la degradación no es el resultado del tipo de cobertura vegetal o uso de suelo, sino que depende de un factor físico.

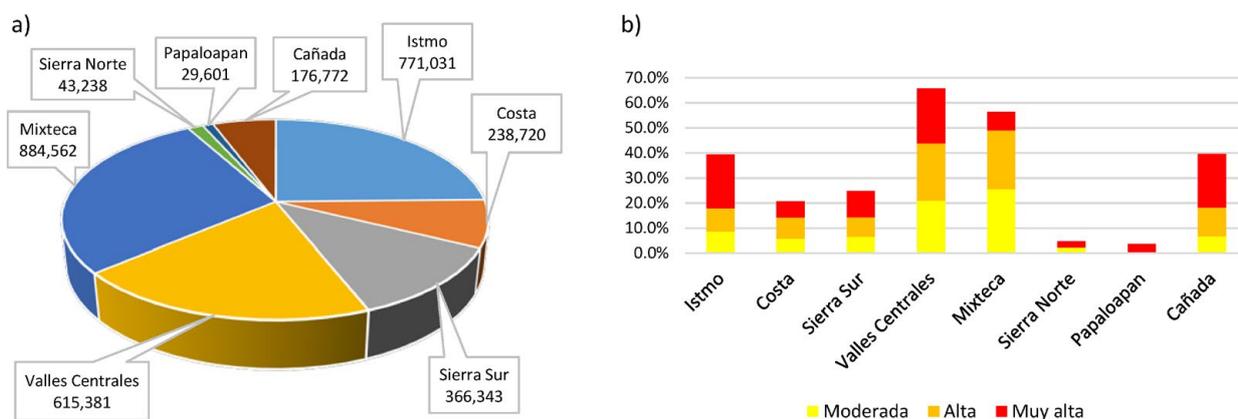
En términos absolutos, las regiones que sobresalen por la mayor extensión de áreas con degradación más severa (nivel de degradación alta y muy alta) de la función de recarga hídrica son, una vez más, Istmo (600,656 ha), Mixteca (484,042 ha) y Valles Centrales (419,346 ha). En estas regiones será importante proponer modelos de restauración que consideren especies y/o cultivos que mejoren el balance hidrológico reduciendo la evapotranspiración, así como la escorrentía de flujo rápido. En este contexto un uso de suelo con cobertura forestal generalmente se caracteriza por una evapotranspiración más elevada que ciertos usos agrícolas, por tener una mayor extensión foliar y raíces más profundas que pueden acceder a mayores recursos hídricos en el subsuelo (Candell, et al., 1996), sin contar la interceptación de lluvia por el dosel. Sin embargo, la vegetación

**Figura 9.** Mapa de degradación de la función de recarga hídrica y aporte al caudal base en el estado de Oaxaca.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10.** Datos de degradación de la función de recarga hídrica en Oaxaca, desglosados por región: a) Extensión de áreas degradadas (hectáreas); b) Porcentaje de territorio degradado y nivel de degradación.



arbórea tiene un impacto positivo en la reducción de la escorrentía, así como en determinar una mayor porosidad del suelo y capacidad de infiltración (Guo, et al., 2000). En términos generales se ha demostrado cómo la reforestación a gran escala tiene mayor probabilidad de generar un impacto positivo sobre el caudal base en la temporada seca, si esta se implementa en regiones con elevada precipitación, topografía de pendiente moderada y perfiles de suelo con alta capacidad de infiltración (Simonit & Perrings, 2013). Por estas razones es importante estimar el impacto neto de la restauración a una escala más fina y usando modelos hidrológicos más sofisticados para incorporar los potenciales *trade-offs* y desarrollar modelos de restauración con especies adecuadas a las características requeridas.

### 2.1.3. Degradación de la función de retención de nutrientes

Una adecuada concentración de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, en el suelo es fundamental para la vida vegetal y la agricultura en particular. Sin embargo, una excesiva concentración de estos nutrientes en los acuíferos y red hidrográfica, es una forma de contaminación del agua que afecta directamente al consumo humano y a los ecosistemas acuáticos más sensibles. La contaminación hídrica por exceso de nutrientes es generalmente producida por la actividad humana, desde fuentes puntuales, como la descarga de efluentes industriales o de plantas de tratamiento de agua, y fuentes no puntuales, como los fertilizantes utilizados en agricultura. La contaminación de fuentes no puntuales depende de las prácticas de fertilización y la escorrentía de la lluvia que transporta estos contaminantes hacia los cauces de los ríos. Nuestro análisis se enfoca en las fuentes no puntuales de nutrientes y en la función que desempeña la vegetación natural en proporcionar un servicio de purificación, reteniendo o degradando los contaminantes antes de que ingresen al sistema hidrográfico. El cambio en el uso de suelo modifica

sensiblemente este servicio ecosistémico tanto en las fuentes puntuales de contaminación como en la capacidad de retención de nutrientes del paisaje.

Para generar el mapa de degradación de la función de retención de nutrientes, se estimó la distribución espacial del respectivo índice de funcionalidad (**Figura 11.c**) a partir de la integración de los índices procedentes de los mapas de descarga de nitrógeno (**Figura 11.a**) y fósforo (**Figura 11.b**), generados aplicando la herramienta de análisis espacial InVEST (ver **Anexo III**). El nivel de degradación se definió respectivamente a partir de un valor de 1.5 t N/ha/año y 0.75 t P/ha/año, que corresponde al límite de descarga de una celda a la red hidrográfica, arriba del cual se considera que la celda contribuye a la degradación de la función de retención de nutrientes. El índice que define en cada celda  $x$  el nivel de funcionalidad para retención de nutrientes es representado por el valor promedio de la suma de los índices relativos a los dos nutrientes principales considerados, nitrógeno y fósforo:

$$I_{Fx} = \frac{I_{Nx} + I_{Px}}{2} \quad (6)$$

Los índices de funcionalidad para retención de nitrógeno y fósforo se estiman con base en la siguiente ecuación:

$$I_{jx} = 100 * \left[ \frac{(\bar{F}_j - f_{jx})}{\text{Max}(f_{jx}) - \bar{F}_j} \right] \quad \text{Si } f_{jx} \geq \bar{F}_j$$

y

$$I_{jx} = 100 * \left[ \frac{(\bar{F}_j - f_{jx})}{\bar{F}_j - \text{Min}(f_{jx})} \right] \quad \text{Si } f_{jx} < \bar{F}_j \quad (7)$$

con,

$$j = N, P$$

$$-100 \leq I_{jx} \leq 100$$

Donde:

$I_{jx}$  es el índice que expresa el nivel de funcionalidad para retención de nitrógeno ( $j = N$ ) y de fósforo ( $j = P$ ) en la celda  $x$ ;

$f_{jx}$  representa la cantidad (t/ha/año) del nutriente  $j$  descargado por la celda  $x$  a la red hidrográfica;

$\bar{F}_j$  representa el nivel de descarga (t/ha/año) del nutriente  $j$  que identifica el límite arriba del cual el flujo genera degradación, con  $\bar{F}_N=1.5$  y  $\bar{F}_P=0.75$ ;

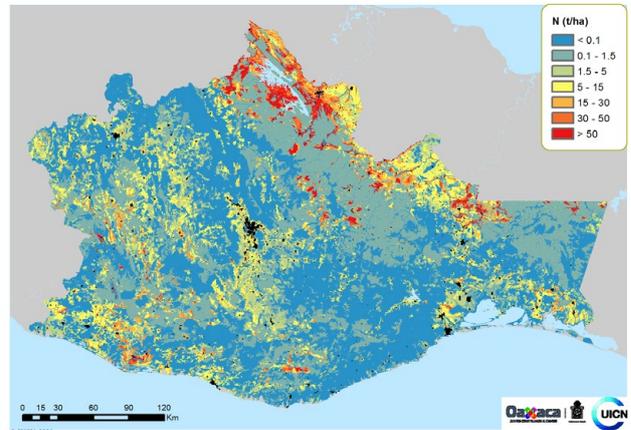
$Max(f_{jx})$  representa el valor máximo de descarga del nutriente  $j$  (t/ha), considerando todas las celdas del área de estudio y después de ajustar los valores extremos ("outliers") de los mapas de descarga de nutrientes, con  $Max(f_{Nx}) = 108$  y  $Max(f_{Px}) = 65$ ;

$Min(f_{jx}) = 0$ , representa el valor mínimo de descarga de nutrientes (t/ha), considerando todos los pixeles del área de estudio;

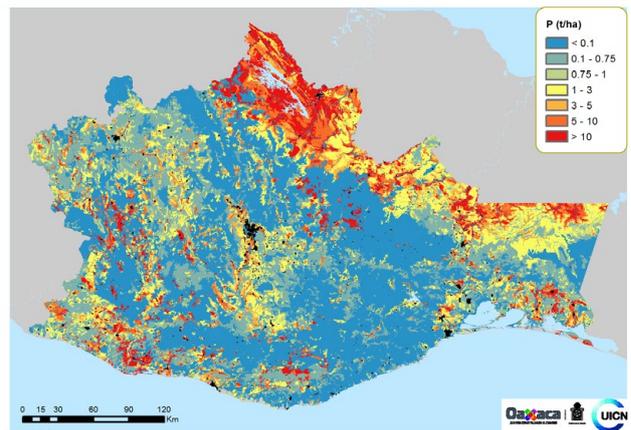
Aplicando un valor de calibración de  $\beta_p=0.04$  en la ecuación [2] (ver **Cuadro 2**), el mapa de degradación de la función de retención de nutrientes (**Figura 12**) que se genera a partir del índice de funcionalidad ( $I_{Fx}$ ) identifica 2.2 millones de hectáreas en estado de degradación, el 24% del territorio estatal. De estos, 1.67 millones de hectáreas se encuentran en un estado de degradación moderada, 0.31 millones de hectáreas en alta degradación, y 0.22 millones de hectáreas en un estado de degradación muy alta.

Las regiones Mixteca, Papaloapan e Istmo presentan la mayor extensión de áreas degradadas (**Figura 13.a**). Sin embargo, para Istmo y Mixteca estas áreas corresponden a un bajo porcentaje de su territorio, el 18.8% y 27.4% respectivamente, casi en su totalidad con un nivel de degradación moderado; mientras Papaloapan sobresale con el 49.2% de territorio degradado (**Figura 13.b**). Esta región y la Cañada, evidencian también un porcentaje considerable de su territorio con un nivel de degradación muy alto, 14.8% y 6.5% respectivamente, en comparación con todas las otras regiones que no superan el 3%.

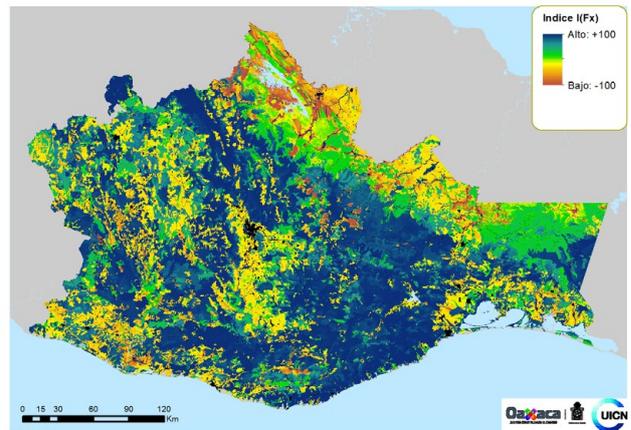
**Figura 11.** Resultados del modelo de retención de nutrientes: a) Mapa de descarga anual de nitrógeno; b) Mapa de descarga anual de fósforo; c) Mapa de índice de funcionalidad para retención de nutrientes.



a)



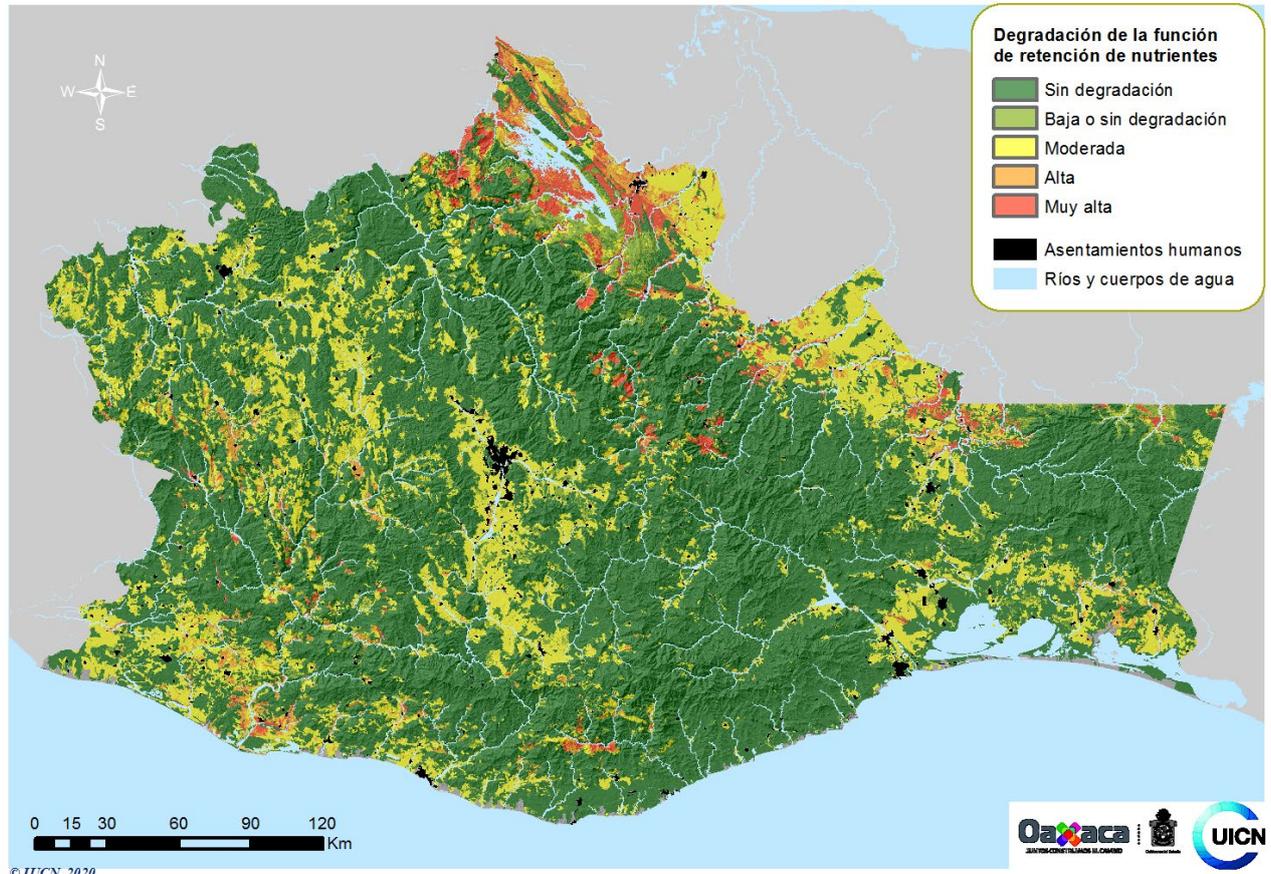
b)



c)

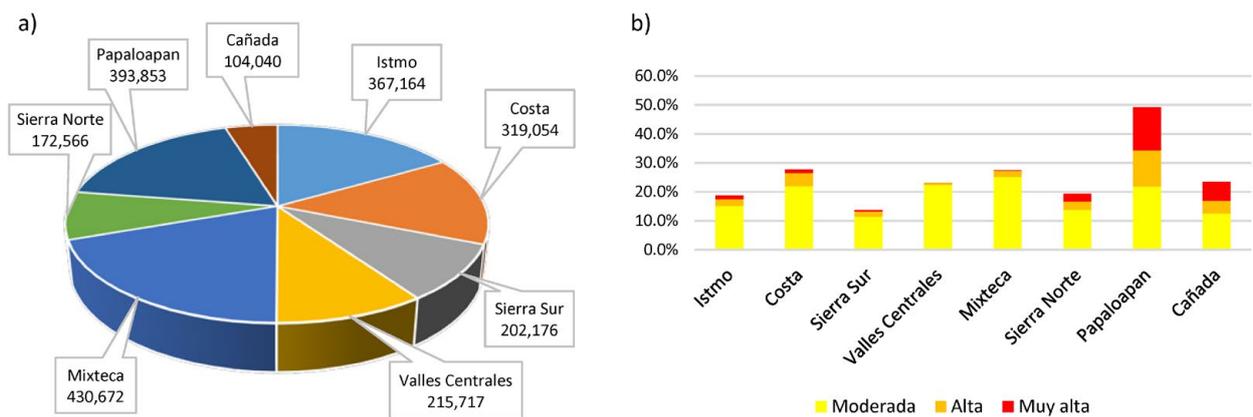
Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Mapa de degradación de la función de retención de nutrientes en el Estado de Oaxaca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Datos de degradación de la función de retención de nutrientes en Oaxaca, desglosados por región: a) Extensión de áreas degradadas (hectáreas); b) Porcentaje de territorio degradado y nivel de degradación.



Para la región de Papaloapan, estos datos se reflejan también en términos absolutos evidenciando la extensión más amplia de áreas de mayor degradación (nivel de degradación alta y muy alta) de la función de retención de nutrientes con 218,778 ha, seguida por las regiones de Istmo (71,210 ha) y Costa (66,664 ha). Esta situación es determinada por la presencia de territorios bajo uso agrícola y ganadero en áreas con relativamente altos valores de escorrentía de la lluvia. En estas regiones, así como en parte de la Cañada, es prioritario impulsar modelos que promuevan esquemas más eficientes de fertilización, en combinación con buenas prácticas de manejo de suelos para reducir la escorrentía.

#### 2.1.4. Degradación de la función de captura de carbono

Los bosques y la vegetación en general tienen la capacidad de absorber el carbono presente en la atmósfera. Por su función representan un importante sumidero de carbono que reduce su concentración en el ambiente, favoreciendo así el proceso de mitigación del cambio climático. El potencial de almacenamiento de carbono de un tipo de vegetación o uso de suelo es determinado por el conjunto de biomasa viva aérea, biomasa viva subterránea (p.ej. raíces), el mantillo de hojarasca y madera muerta, y el carbono orgánico del suelo. El potencial de mitigación de este último es particularmente relevante. Se estima que a nivel global la reserva de carbono orgánico almacenada en el primer metro de suelo, es superior al total del carbono presente en la atmósfera y en la vegetación terrestre combinados (FAO-ITPS, 2015). Por esta razón, es importante intervenir en los agropaisajes promoviendo modelos productivos que incrementen la biomasa viva aérea y subterránea (p. ej. sistemas silvopastoriles y agroforestales), y restauren la capacidad de almacenamiento de carbono de los suelos a través de prácticas de incorporación de materia orgánica, labranza cero y barbecho.

El índice de funcionalidad (**Figura 14.b**) que define el mapa de degradación de la función de captura de carbono se estimó a partir del mapa de reservas de carbono (**Figura 14.a**), que suma las componentes de biomasa aérea, biomasa bajo suelo y carbono en el suelo, asociadas a un tipo de vegetación o uso actual de suelo en la celda (ver **Anexo IV**). El nivel de 60 t C/ha, como suma de todas las reservas de carbono en la celda, se asumió como umbral por debajo del cual existiría degradación de esta función. El índice que define en cada celda  $x$  el nivel de funcionalidad para captura de carbono es representado por la siguiente ecuación que procede de la forma general representada por la ecuación [3]:

$$I_{Cx} = 100 * \left[ \frac{(c_x - \bar{C})}{\text{Max}(c_x) - \bar{C}} \right] \quad \text{Si } c_x \geq \bar{C}$$

y

$$I_{Cx} = 100 * \left[ \frac{(\bar{C} - c_x)}{\bar{C} - \text{Min}(c_x)} \right] \quad \text{Si } c_x < \bar{C}$$

con,

$$-100 \leq I_{Cx} \leq 100$$

Donde:

$I_{Cx}$  es el índice que expresa el nivel de funcionalidad para captura de carbono de la celda  $x$ ;

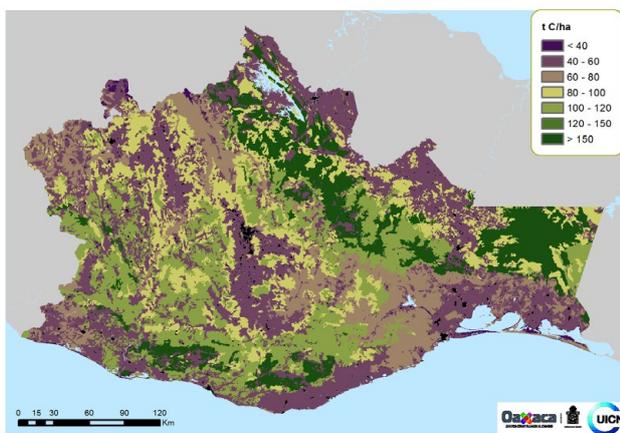
$c_x$  es el nivel (t C/ha) de captura de carbono de la celda  $x$ ;

$\bar{C} = 60$  (t C/ha), representa el nivel de captura de carbono por debajo del cual se considera existe una baja funcionalidad y por lo tanto degradación de esta función ecosistémica;

$\text{Max}(c_x) = 261.48$  (t C/ha), es el valor máximo de captura de carbono estimado considerando todas las celdas del área de estudio;

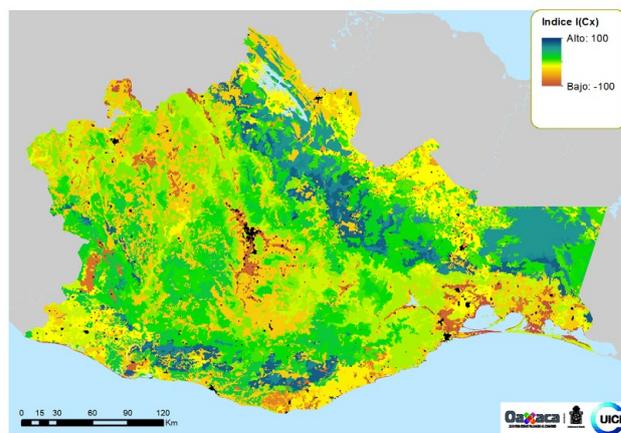
$\text{Min}(c_x) = 0$  (t C/ha), es el valor mínimo de captura de carbono estimado considerando todas las celdas del área de estudio.

**Figura 14.** Resultados del modelo de captura de carbono: a) Mapa de captura de carbono por vegetación y uso actual de suelo; b) Mapa de índice de funcionalidad para captura de carbono.



a)

Fuente: Elaboración propia.



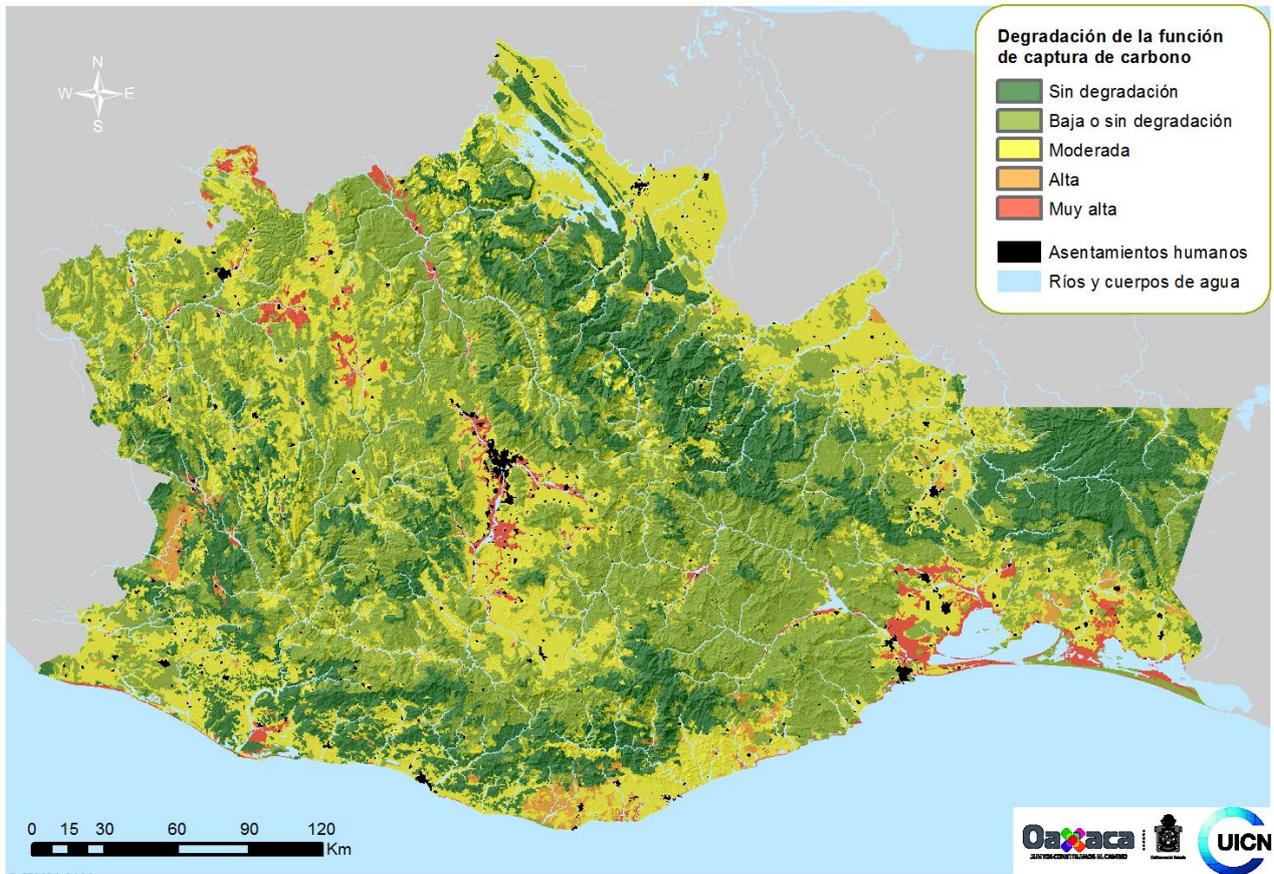
b)

El mapa de degradación de la función de captura de carbono (**Figura 15**) se generó a partir del índice de funcionalidad, aplicando la ecuación [2] con un parámetro de calibración  $\beta_c=0.04$  (ver **Cuadro 2**). El análisis identifica 3.19 millones de hectáreas (35% del territorio del estado) en estado de degradación, de las cuales la gran mayoría (2.79 millones de ha) se encuentran en un estado de degradación moderada, mientras una pequeña fracción presenta condiciones de alta (0.14 millones de ha) y muy alta degradación (0.26 millones de ha). La mayor degradación se presenta en áreas donde existe la presencia de agricultura de riego que promueve modelos de producción más intensivos. Sin embargo, vegetación natural de bajo potencial de captura de carbono, también puede resultar en un alto nivel de degradación de esta función.

Los datos estimados (**Figura 16.a**) muestran que las regiones con mayor extensión de áreas degradadas

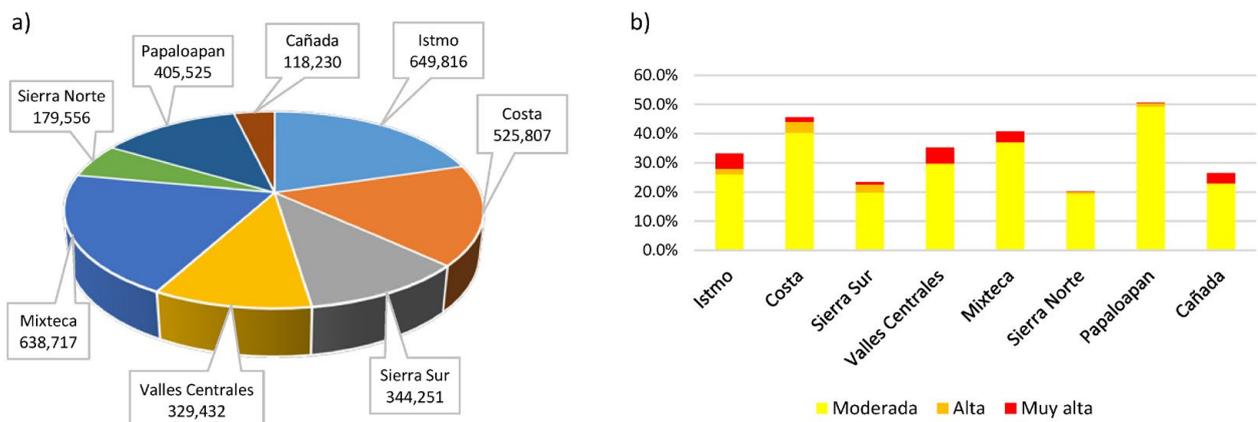
son el Istmo, Mixteca y Costa. Sin embargo, la región de Papaloapan es la que tiene el más alto porcentaje de degradación de su territorio (50.7%), mientras Sierra Sur y Sierra Norte presentan el porcentaje menor con respectivamente 23.4% y 20.1% (**Figura 16.b**). A lo largo del Estado la degradación es prevalentemente moderada, sin embargo, el 5.4% de la región de Valles Centrales y el 5.3% de la región Istmo tiene un nivel de muy alta degradación. En términos absolutos, las regiones que sobresalen por la mayor extensión de áreas con degradación más severa (nivel de degradación alta y muy alta) son Istmo (140,838 ha), Costa (60,964 ha) y Mixteca (58,930 ha). En áreas de mayor degradación para esta función ecosistémica es prioritario promover modelos de restauración (reforestación, plantaciones forestales, modelos agroforestales) y seleccionar especies de alto potencial para captura de carbono.

Figura 15. Mapa de degradación de la función de captura de carbono para el Estado de Oaxaca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Datos de degradación de la función de captura de carbono en Oaxaca, desglosados por región: a) Extensión de áreas degradadas (hectáreas); b) Porcentaje de territorio degradado y nivel de degradación.



### 2.1.5. Degradación de la función de polinización

Los polinizadores (insectos y otros animales como pájaros y mamíferos), proporcionan un servicio ambiental fundamental en los agroecosistemas conformados por la combinación de paisaje agrícola y hábitat natural (Allen-Wardell, et al., 1998). Esta función depende de características específicas de los polinizadores, como el rango de distancia máxima de vuelo y la capacidad de adaptación a diferentes ecosistemas, así como de las características del hábitat que proporciona el paisaje con sus diferentes combinaciones de cobertura vegetal y uso de suelo. Por esta razón hablamos de función de polinización del paisaje, en cuanto el mismo paisaje determina las condiciones favorables en términos de disponibilidad de hábitat para nidificación y recursos florales para el sustentamiento de los polinizadores. Una tipología de cobertura vegetal o uso de suelo podría ser igualmente importante para las dos componentes, que coinciden en un mismo hábitat, sin embargo, puede haber diferencias en su incidencia. En este caso, es importante entender cómo los polinizadores se mueven del hábitat de nidificación a las áreas adyacentes más ricas en recursos florales, dentro de su rango de distancia máxima de movilización. Las áreas más aptas para la nidificación, generalmente áreas de vegetación, proporcionan entonces un servicio de provisión de polinizadores a las áreas contiguas, generalmente las áreas agrícolas, que no poseen estas características de hábitat, pero poseen abundantes recursos florales (p. ej. árboles frutales, café, etc.).

La función de polinización se estimó a partir de un índice agregado de provisión de polinizadores que considera seis especies de insectos (*Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, *Melipona fasciata*, *Geotrigona acapulconis*, *Nannotrigona perilampoides*, *Plebeia frontalis* y *Plebeia fulvopilosa*) y dos de murciélagos (*Leptonycteris nivalis* y *Leptonycteris curasoae*). El mapa que representa este índice agregado (**Figura**

**17.a**) se generó aplicando el modelo de polinización de cultivos (“*crop pollination model*”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (ver **Anexo V**) y sirvió como insumo para calcular en cada celda  $x$  el nivel de funcionalidad (**Figura 17.b**) con base en la siguiente ecuación que aplica la forma general representada por la ecuación [3]:

$$I_{px} = 100 * \left[ \frac{(p_x - \bar{P})}{\text{Max}(p_x) - \bar{P}} \right] \quad \text{Si } p_x \geq \bar{P}$$

y

$$I_{px} = 100 * \left[ \frac{(\bar{P} - p_x)}{\bar{P} - \text{Min}(p_x)} \right] \quad \text{Si } p_x < \bar{P}$$

(9)

con,

$$-100 \leq I_{px} \leq 100$$

Donde:

$I_{px}$  es el índice que expresa el nivel de funcionalidad para polinización de la celda  $x$ ;

$p_x$  expresa el nivel del índice de provisión de polinizadores de la celda  $x$ ;

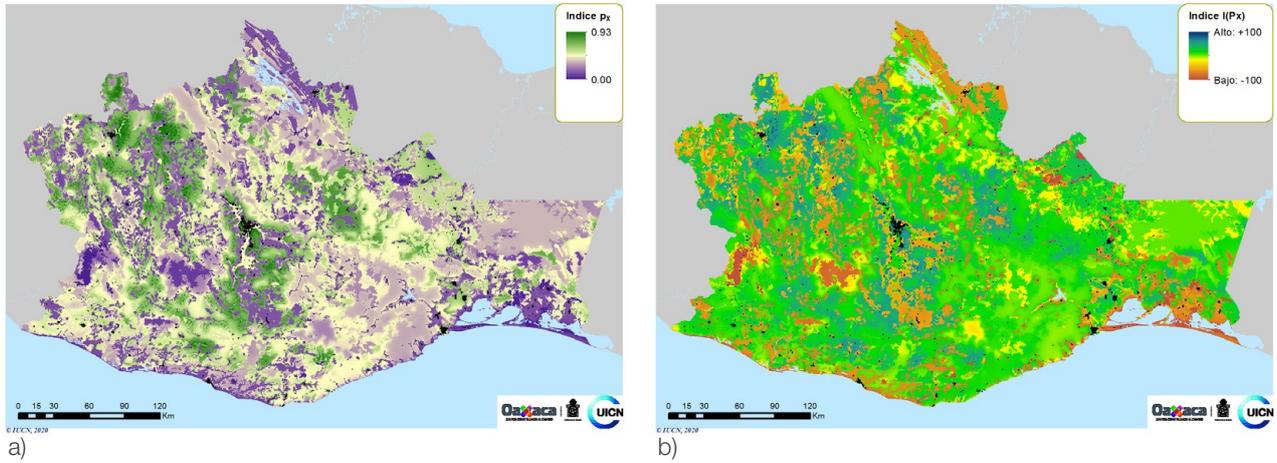
$\bar{P} = 0.22$ , representa el nivel del índice de provisión de polinizadores por debajo del cual se considera existe una baja funcionalidad y por lo tanto degradación de esta función ecosistémica;

$\text{Max}(p_x) = 0.928$ , representa el valor máximo del índice de provisión de polinizadores estimado considerando todas las celdas del área de estudio;

$\text{Min}(p_x) = 0$ , representa el valor mínimo del índice de provisión de polinizadores estimado considerando todas las celdas del área de estudio.

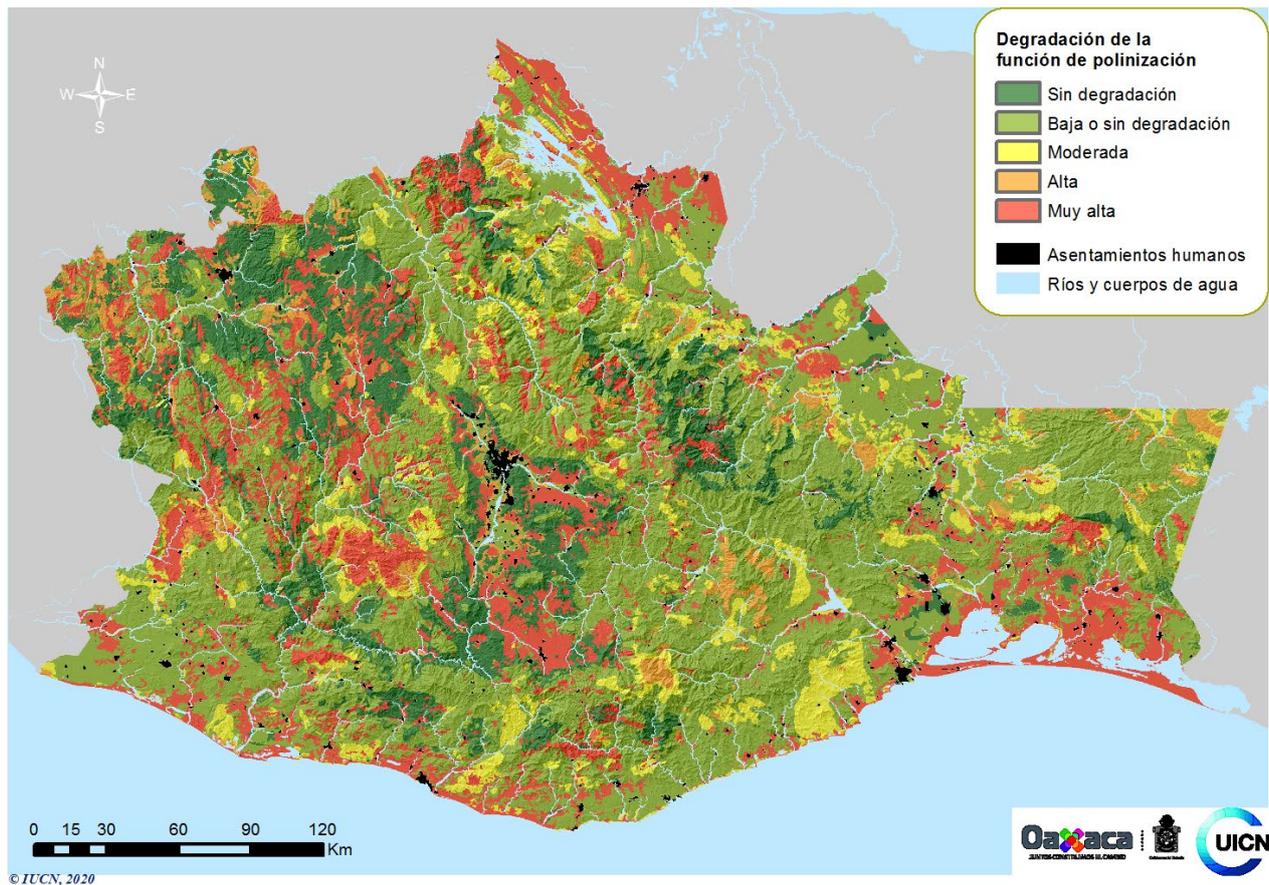
A partir del mapa de índice de funcionalidad de la respectiva función, se aplicó la ecuación [2] con un parámetro de calibración  $\beta_p = 0.03$  (ver **Cuadro 2**) para calcular la degradación de la función de polinización. El mapa resultante (**Figura 18**) identifica 3.09 millones de hectáreas (33% del territorio del Estado) cuyo

**Figura 17.** Resultados del modelo de polinización: a) Mapa de índice de provisión de polinizadores; b) Mapa de índice de funcionalidad para polinización.



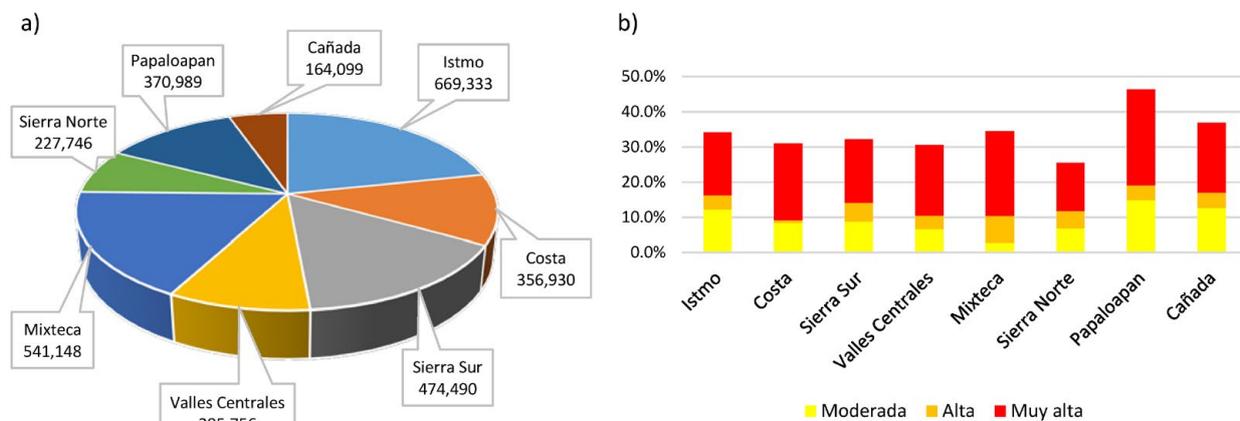
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 18.** Mapa de degradación de la función de polinización para el Estado de Oaxaca.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 19.** Datos de degradación de la función de polinización en Oaxaca, desglosados por región: a) Extensión de áreas degradadas (hectáreas); b) Porcentaje de territorio degradado y nivel de degradación.



aporte en términos de provisión de polinizadores se encuentra por debajo del umbral que define el nivel de degradación. De estas áreas, 0.81 millones se encuentran en un estado de degradación moderada, 0.42 millones de alta degradación, y 1.87 millones en un estado de degradación muy alta.

Considerando que el modelo se basa en la provisión de polinizadores, la degradación resulta más alta en las áreas agrícolas que, a pesar de tener una alta abundancia de recursos florales, también tienen un hábitat con poca viabilidad para favorecer su anidación. Por otro lado, áreas de vegetación natural que proporcionan un hábitat de anidación representan una fuente de provisión de polinizadores para las áreas agrícolas más cercanas. Analizando el mapa de degradación, se puede notar cómo las áreas de degradación muy alta se encuentran rodeadas por áreas sin degradación, o sea, con una alta función de polinización. Esto es particularmente evidente en la región Mixteca y de Valles Centrales, e identifica el flujo de provisión de polinizadores desde las áreas de vegetación natural hacia las áreas agrícolas.

Los datos muestran cómo la región del Istmo presenta la extensión de áreas con degradación de

la función de polinización más alta que cualquier otra región del estado (**Figura 19.a**). Por otro lado, la región de Papaloapan es la que tiene el porcentaje de degradación más alto (46.3%) con respecto a la extensión de su territorio, seguida por la Cañada (36.8%), Mixteca (34.5%) e Istmo (34.2%). En la región del Papaloapan, más de la mitad de estas áreas degradadas presentan un nivel de degradación muy alto (**Figura 19.b**).

Las regiones con la más amplia extensión de áreas de mayor degradación (nivel de degradación alta y muy alta) de la función de polinización son Mixteca (498,465 ha), Istmo (430,511 ha) y Sierra Sur (345,294 ha). En estos territorios en particular, los modelos de restauración propuestos tienen que enfocarse en el incremento de la función de polinización en el paisaje. Esto implica mejorar las condiciones de anidación para polinizadores en áreas agrícolas a través de prácticas como labranza cero, eliminación del uso de pesticidas, manejo integral de plagas, así como introducir combinaciones de especies (agrícolas y arbóreas) que garanticen un arco temporal de floración más amplio. Al mismo tiempo hay que considerar la integración de la componente apícola en sistemas de milpa o en modelos agroforestales.

## 2.2. Degradación funcional del paisaje en Oaxaca

A escala de paisaje existe una gran variabilidad espacial en la generación de los diferentes flujos de servicios ecosistémicos. Esto implica la existencia de sinergias y compensaciones entre flujos que dependen del tipo de vegetación o uso de suelo y de su interacción con las variables climáticas, topográficas y edafológicas. Por esta razón es importante evaluar los servicios ecosistémicos de forma agregada. Esto supone tomar en cuenta el valor que tienen para diferentes grupos

de beneficiarios a nivel local (p. ej. polinización), de cuenca (retención de sedimentos, recarga hídrica), estatal (retención de nutrientes) o global (carbono). Las funciones ecosistémicas que se incluyan en el análisis, dependen de la escala a la cual se analice el problema de degradación (Simonit & Perrings, 2013).

A partir de los mapas de degradación generados para cada una de las cinco funciones ecosistémicas evaluadas, se estimó la degradación del paisaje de forma agregada aplicando la ecuación [1] (ver **Cuadro 2**) y produciendo el mapa final de degradación funcional (**Figura 20**). La extensión

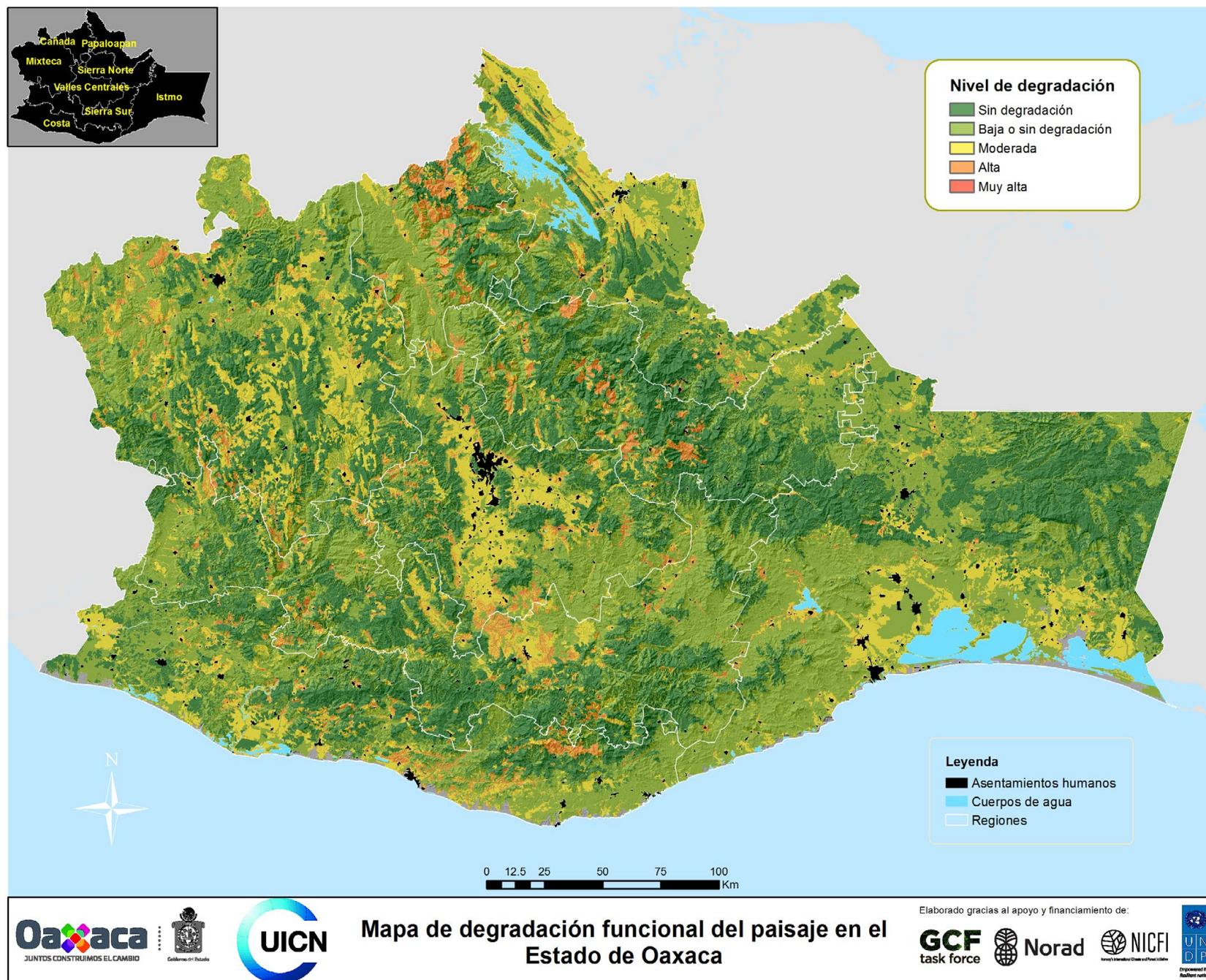
**Tabla 2.** Extensión de la degradación funcional del paisaje y potencial de restauración en Oaxaca, por categoría de vegetación y uso actual de suelo (hectáreas).

Uso/cobertura de suelo actual	NIVEL DE DEGRADACIÓN					Potencial de restauración
	Sin degradación	Bajo o sin degradación	Moderado	Alto	Muy alto	
Agricultura	13,604	172,584	1,039,336	377,294	75	1,416,705
Ganadería <sup>14</sup>	46,306	1,060,837	96,904	1,410	-	98,314
Bosques cultivados	36	9,364	5,413	30	-	5,443
Bosques y selvas	3,112,458	2,884,622	48,852	8,621	2	57,475
Matorrales y chaparrales	29	25,582	16,768	44	-	16,812
Pastizales naturales	476	61,473	9,227	85	-	9,312
Manglares	15	11,921	3,713	62	2	3,777
Otra veg. natural	178	20,932	15,768	322	3	16,093
Sin vegetación <sup>15</sup>	81	11,820	6,830	470	-	n/a
	<b>3,173,183</b>	<b>4,259,135</b>	<b>1,242,811</b>	<b>388,338</b>	<b>82</b>	<b>1,623,931</b>

<sup>14</sup> Este grupo se define por las categorías "pastizal cultivado" y "pastizal inducido" del mapa de uso de suelo y vegetación, Serie VI (INEGI, 2014).

<sup>15</sup> Este grupo incluye a las categorías "desprovisto de vegetación" y "sin vegetación aparente" del mapa de uso de suelo y vegetación, Serie VI (INEGI, 2014). Estas categorías pueden representar condiciones naturales de falta de vegetación, como por ejemplo terrenos rocosos, no necesariamente asociadas a degradación funcional del paisaje y que de todas maneras no se consideran aptas para la restauración.

Figura 20. Mapa de degradación funcional del paisaje para el Estado de Oaxaca.



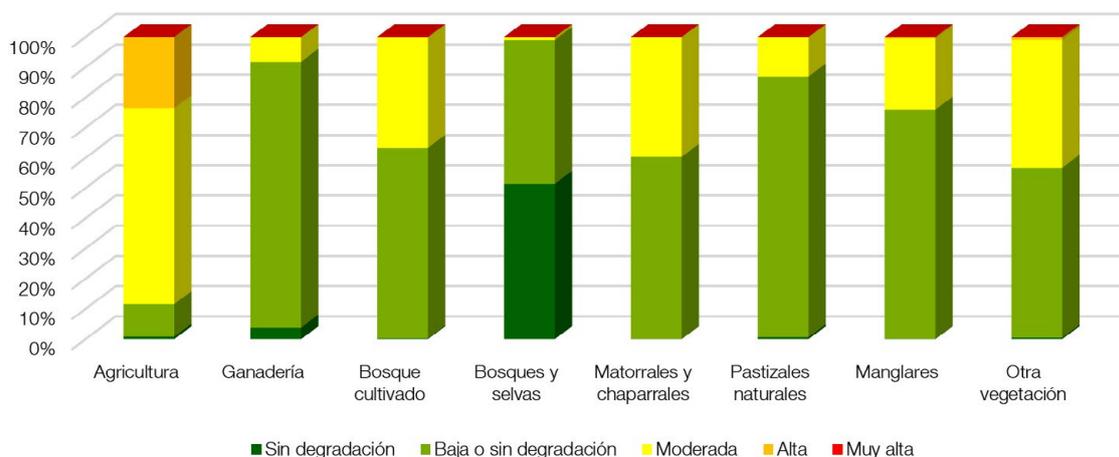
de paisaje degradado en el Estado de Oaxaca se estimó en 1,631,231 ha, que corresponde al 18% del territorio rural<sup>16</sup> y están distribuidas entre zonas de degradación moderada (13.7%) y alta (4.3%). Debido a las compensaciones entre los diferentes servicios ecosistémicos, la presencia de áreas de muy alta degradación es mínima. Es decir, no se identifican áreas específicas donde haya un nivel de degradación extrema para todas las funciones del paisaje simultáneamente. Esto se debe en particular a la función de recarga hídrica que no presenta condiciones de degradación en las zonas de más alta precipitación, donde esta característica climática compensa el potencial impacto negativo del uso de suelo sobre el balance hídrico. Por otro lado, estas mismas zonas tienen un alto nivel de degradación de las funciones de retención de sedimentos y nutrientes debido al alto grado de erosión de la lluvia y escurrimiento. Excluyendo, por ejemplo, la función de recarga hídrica y restringiendo la estimación de degradación funcional del paisaje solamente a las otras cuatro funciones, las áreas degradadas se reducirían a 1.56 millones de hectáreas. Sin embargo, las áreas de degradación moderada representarían el 11.8% del territorio, degradación alta el 4.9% y muy alta el 0.6%. Esto implica que, si excluyéramos la

función de recarga hídrica, se identificarían 50,218 ha con un nivel extremo de degradación funcional del paisaje, la gran mayoría ubicados en las regiones de Cañada y Sierra Norte.

Considerando los diferentes tipos de vegetación y uso actual de suelo (**Tabla 2**), las áreas agrícolas representan el 86.8% del territorio degradado del Estado, las áreas pecuarias el 6.0%, bosques y selvas 3.5%, matorrales y chaparrales el 1.0%, otra vegetación natural (palmar inducido, tular, popal, dunas costeras, vegetación de galería, entre otras) el 1.0%, pastizales naturales el 0.6%, bosques cultivados el 0.3% y manglares el 0.2%. Tomando en cuenta el porcentaje de degradación por categoría de vegetación y uso actual (**Figura 21**), se estimó que el 88.4% de las parcelas agrícolas se encuentran en estado de degradación de sus funciones ecosistémicas, de las cuales el 23.5% tiene un nivel de alta o muy alta degradación. También se identificaron 36.7% de bosques cultivados en situación de degradación y el 8.2% de las áreas ganaderas.

Para comprender estos valores es necesario analizar el impacto de cada tipo de vegetación y uso de suelo en la evaluación de las funciones ecosistémicas, cuya integración define el nivel de degradación

**Figura 21.** Proporción de las áreas degradadas por tipo de vegetación y uso actual de suelo.



<sup>16</sup> Zonas urbanas, asentamientos humanos y cuerpos de agua se excluyen del territorio rural y de la estimación de la degradación funcional del paisaje.

**Figura 22.** Porcentaje de degradación por vegetación y uso de suelo para cada función ecosistémica.

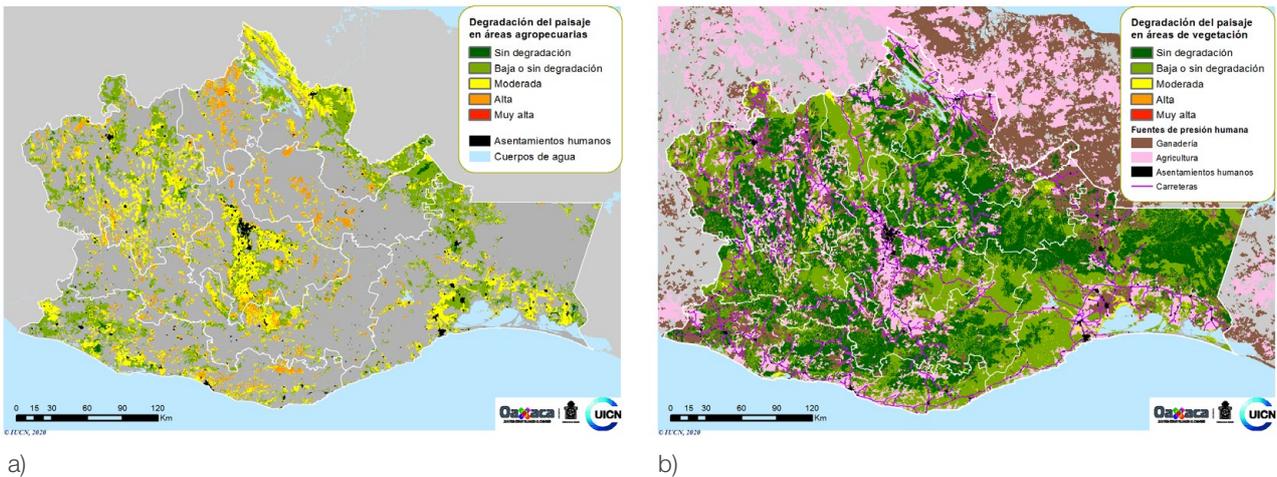


funcional del paisaje (**Figura 22**). El bajo porcentaje de degradación en pastizales de uso ganadero, por ejemplo, se debe predominantemente a su buena funcionalidad en la provisión de polinizadores (sólo el 1.7% de áreas ganaderas se reportan como degradadas para esta función ecosistémica), por proporcionar oportunidades de nidificación en el suelo y recursos florales, sobre todo en pastizales inducidos, que cuentan con vegetación en fase de sucesión natural que ha sido detenida por las actividades humanas. Además, solamente el 27.6% de las áreas ganaderas resultan degradadas en relación a la función de recarga hídrica. Esto se debe a la concentración de la ganadería en las zonas de mayor precipitación, donde el balance de recarga hídrica es largamente positivo. Los bajos niveles

de degradación de las áreas ganaderas para estas dos funciones ecosistémicas determina el bajo impacto agregado sobre la degradación funcional del paisaje. Por otro lado, la mayoría de los terrenos agrícolas tiene un impacto negativo sobre todas las funciones ecosistémicas, con el porcentaje más bajo de degradación (47.3%), relativo a la función de retención de nutrientes, seguida por la función de recarga hídrica (52.7%).

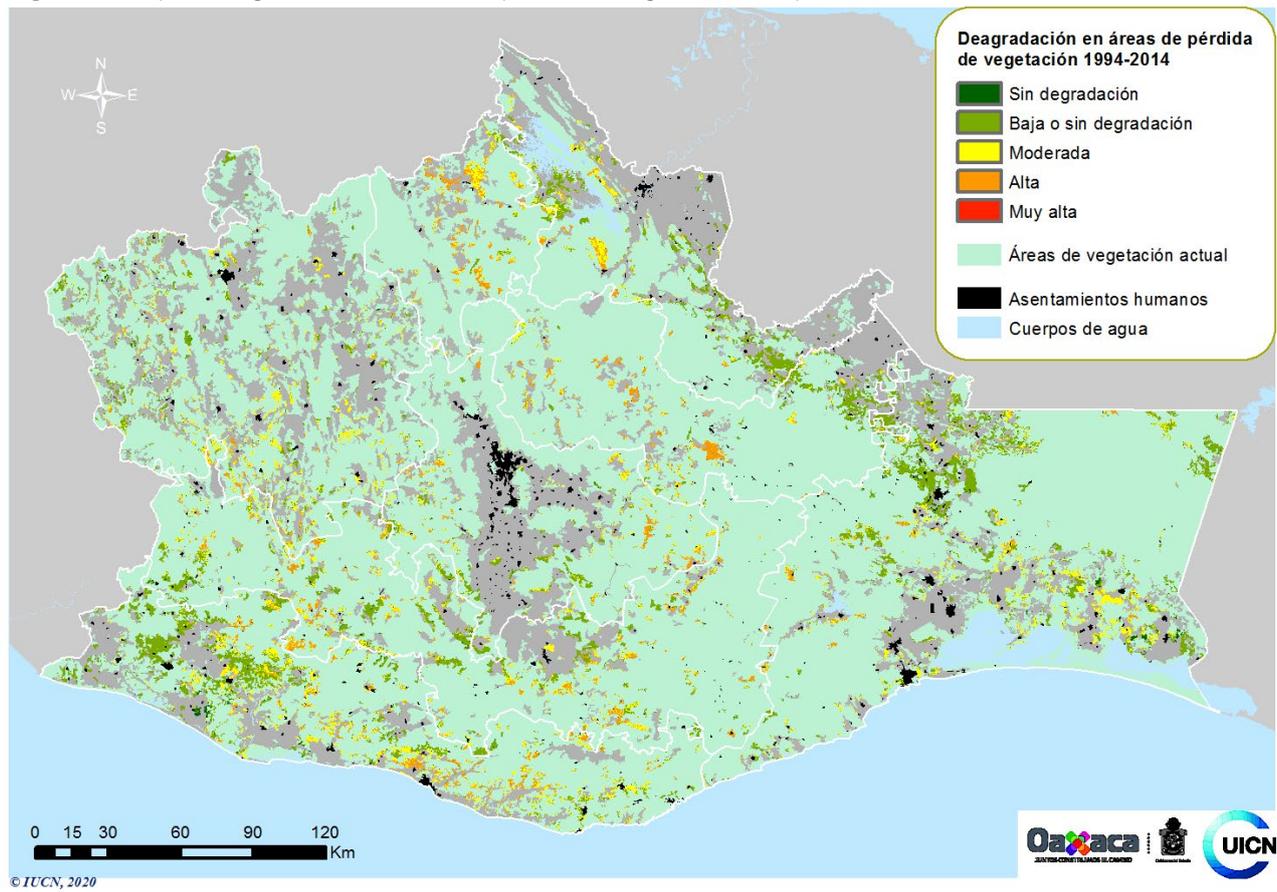
Las áreas degradadas definen el potencial de restauración para el Estado de Oaxaca, excluyendo las zonas desprovistas de vegetación que no presentan aptitud (**Tabla 2**). Se puede apreciar (**Figura 23.a**) que el mayor potencial de restauración reside en las tierras de uso agropecuario (1.51 millones de hectáreas).

Figura 23. Mapa de degradación funcional del paisaje en: a) áreas agropecuarias; b) áreas de vegetación natural.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Mapa de degradación en áreas con pérdida de vegetación en el periodo 1994-2014.



Fuente: Elaboración propia.

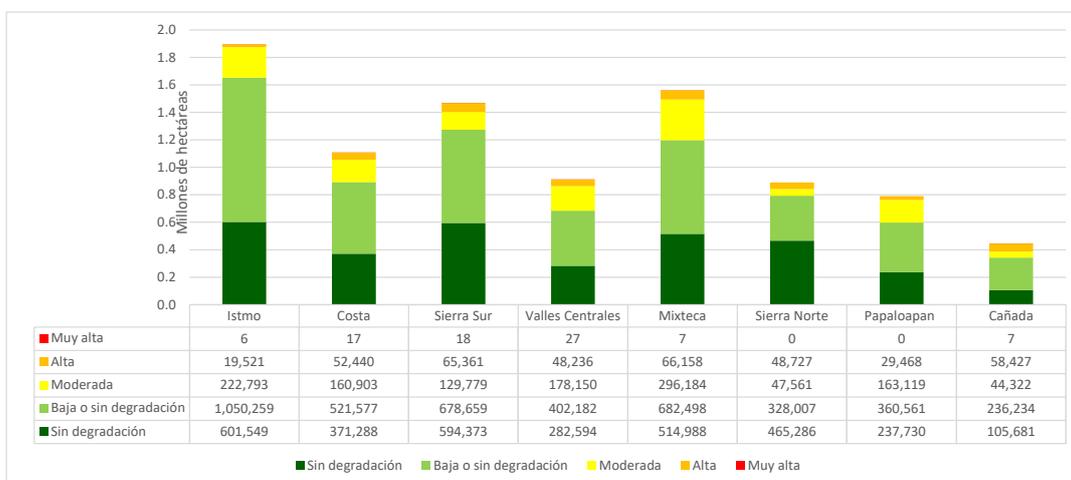
Esto significa que las acciones de restauración en el Estado de Oaxaca necesitan priorizar modelos de restauración con enfoque productivo (silvopastoriles y agroforestales). Por otro lado, el potencial de restauración en áreas de vegetación natural es de 103,469 ha (**Figura 23.b**). Estas pueden ser objeto de restauración ecológica para producción de servicios ecosistémicos y reforestación para uso maderable y no maderable. Cabe destacar que la relativamente baja extensión (el 1.1% del territorio rural del Estado) de degradación del paisaje en áreas de vegetación natural responde a un escenario fijo de uso actual del suelo. En otras palabras, no expresa la pérdida de funciones ecosistémicas debidas al cambio de uso de suelo al estado actual, estas pérdidas se contabilizan en la parte de paisaje agropecuario. Sin embargo, es importante evidenciar las dinámicas de cambio de uso de suelo para medir su impacto sobre la degradación funcional del paisaje.

Si se evidencia solamente la condición de funcionalidad del paisaje en las áreas de vegetación que han sido convertidas a uso agropecuario en el periodo 1994-2014 (**Figura 24**), se estiman 382,675 ha de degradación, el 47.7% del total de las áreas que han sido sometidas a este cambio de uso de suelo. En la Figura 24 se puede notar que las regiones Cañada, Sierra Norte, Papaloapan y Costa presentan los parches de mayores dimensiones alrededor de

las áreas agropecuarias más antiguas, denotando una dinámica de frontera agrícola en expansión que impacta sobre los servicios ecosistémicos. Mixteca y Sierra Sur presentan un patrón de degradación por cambio de uso de suelo mucho más fragmentado. Por otro lado, el avance de la frontera agropecuaria en la región del Istmo parece generar un impacto negativo sobre la funcionalidad del territorio en su parte más meridional, donde existe una mayor fragmentación del paisaje. Finalmente, la región de Valles Centrales presenta una frontera agrícola estable durante los últimos 20 años, sin procesos de cambio de uso de suelo relevantes. Sumando la degradación en las áreas actualmente cubiertas por vegetación con la que procede de la pérdida de vegetación durante las últimas dos décadas, se alcanzarían 486,144 ha, el 5.4% del territorio rural del Estado.

A nivel de macro-regiones (**Figura 25**), la región de la Mixteca tiene la mayor presencia de áreas degradadas (362,349 ha), seguida por el Istmo (242,320 ha), Valles Centrales (226,413 ha), Costa (213,360 ha), Sierra Sur (195,158 ha), Papaloapan (192,587 ha), Cañada (102,756 ha) y Sierra Norte (96,288 ha). Mixteca y Sierra Sur también se caracterizan por la mayor extensión de áreas con degradación más severa (alta y muy alta), sumando respectivamente 66,165 ha y 65,379 ha.

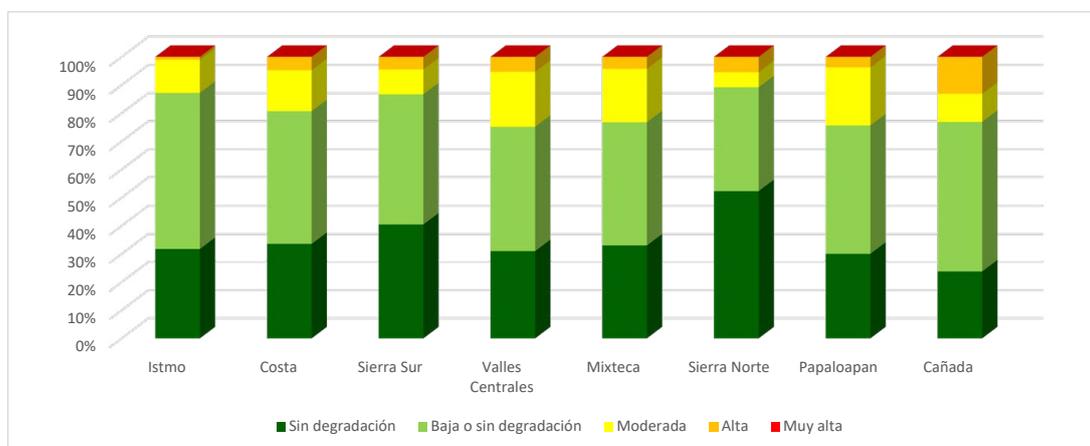
**Figura 25.** Extensión de la degradación funcional del paisaje en las regiones de Oaxaca (hectáreas).



Las regiones con el más alto porcentaje de paisaje degradado en su territorio (**Figura 26**) son Valles Centrales (24.8%), Papaloapan (24.4%), Mixteca (23.2%) y Cañada (23.1%), mientras las regiones Sierra Norte (10.8%), Istmo (12.8%) y Sierra Sur (13.3%) destacan por un bajo porcentaje. La región de la Costa se coloca en un nivel intermedio con 19.3%.

Considerando los diferentes usos de suelo (**Tabla 3**), las regiones de la Mixteca y Valles Centrales tienen la mayor extensión de áreas agrícolas degradadas, mientras Sierra Sur y otra vez la región Mixteca, la mayor extensión de áreas ganaderas degradadas. Por otro lado, la región del Istmo sobresale por la degradación en vegetación de bosques y selvas y la región Mixteca en otros tipos de vegetación. En

**Figura 26.** Porcentaje de niveles de degradación funcional del paisaje en las regiones de Oaxaca.



**Tabla 3.** Extensión (hectáreas) de la degradación funcional del paisaje en las macro-regiones de Oaxaca, por categoría de vegetación y uso actual de suelo.

	Agricultura	Ganadería	Bosques cultivados	Bosques y selvas	Otra vegetación
Istmo	193,136	14,089	87	25,870	4,521
Costa	184,874	15,475	-	6,277	6,189
Sierra Sur	163,379	19,446	-	7,577	-
Valles Centrales	215,094	7,703	-	3,481	-
Mixteca	310,133	18,006	-	7,003	25,330
Sierra Norte	85,211	3,622	4,926	2,411	-
Papaloapan	176,152	14,363	430	1,642	-
Cañada	88,726	5,610	-	3,214	5,206

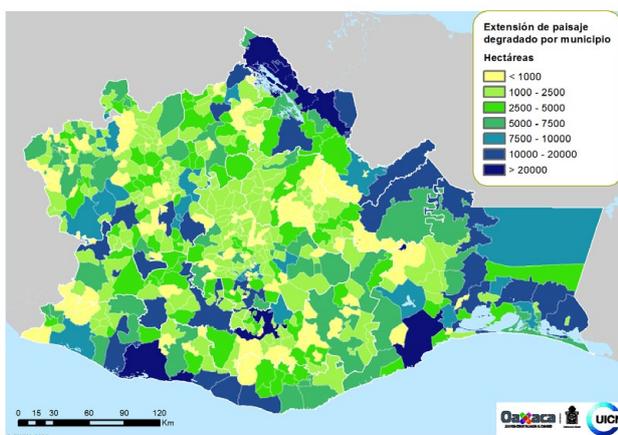
términos de proporción respecto del total de áreas agrícolas y ganaderas por región, la degradación de tierras agrícolas varía entre el 81.6% en el Istmo y el 94.3% en la Cañada. Esta región también tiene el más alto porcentaje de paisaje ganadero degradado (29.9%), seguida por Sierra Sur (18.5%), mientras las otras regiones varían entre 8.7% (Costa) y 4.2% (Sierra Norte).

El análisis de los datos a nivel municipal arroja que los municipios con mayor extensión de áreas degradadas (**Figura 27.a**) se concentran en la región del Papaloapan, a lo largo de la frontera con Veracruz (en particular los municipios de San Juan Bautista Tuxtepec con 41,901 ha degradadas, Acatlán de Pérez Figueroa con 39,311 ha, y San Miguel Soyaltepec con 21,462 ha), Istmo (donde sobresale Santo Domingo Tehuantepec con 22,081 ha), Costa (en particular Villa de Tututepec de Melchor Ocampo con 38,070 ha) y Sierra Sur (evidenciando 23,478 ha degradadas en el municipio de Miahuatlán de Porfirio Díaz). Sin embargo, estos datos dependen en gran medida del tamaño medio de los municipios que varía de región a región. Por esta razón es importante cruzarlos con la información sobre el porcentaje de paisaje degradado en cada municipio. Del listado anterior, solamente los municipios de Acatlán de Pérez Figueroa, San

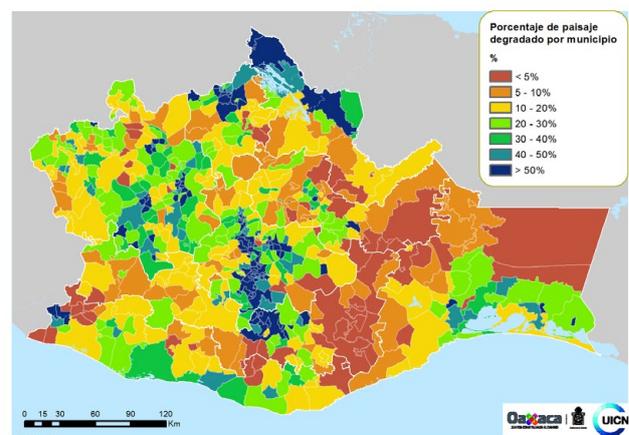
Juan Bautista Tuxtepec y Miahuatlán de Porfirio Díaz tienen una superficie degradada superior al 50% de su territorio (**Figura 27.b**). Estos municipios, que tienen los más altos valores para los dos indicadores, representan un foco de atención para la priorización de las acciones de restauración del paisaje en el Estado. También hay que notar un segundo grupo de municipios que tienen más del 40% de su superficie y por lo menos 10,000 ha de tierras degradadas. Estos son: Tlaxiaco y Santiago Tilantongo, en la Mixteca; San Pedro Mixtepec, en la Costa; Ejutla de Crespo, en Valles Centrales; San Miguel Soyaltepec, en Papaloapan; y Santa María Chilchotla y Mazatlán Villa Flores, en la Cañada. Un tercer grupo prioritario con más del 30% de su superficie y por lo menos 7,500 ha de tierras degradadas es representado por los municipios de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo y Santa María Colotepec, en la región Costa; San Blas Atempa, Juchitán de Zaragoza y San Francisco Ixhuatán, en Istmo; Santiago Yosondúa, San Juan Numí y Magdalena Jaltepec en la región Mixteca; Santiago Matatlán y Ocotlán de Morelos, en Valles Centrales; Loma Bonita en Papaloapan; y Huautla de Jiménez en la región de la Cañada.

Considerando las peculiaridades del contexto social en el Estado de Oaxaca, es importante determinar si

**Figura 27.** Mapa de degradación funcional del paisaje en Oaxaca, por municipio: (a) extensión de la degradación y (b) porcentaje de paisaje degradado.



a)



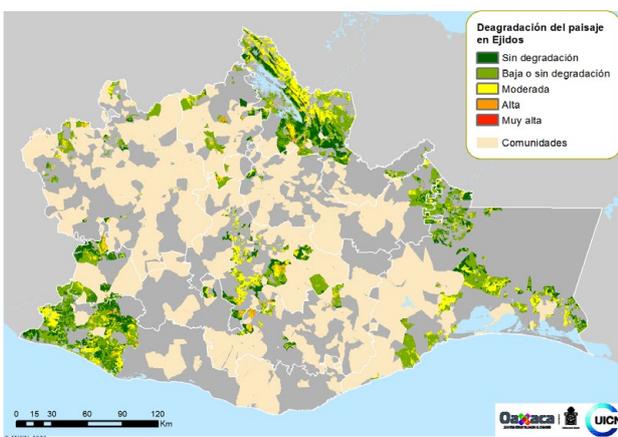
b)

Fuente: Elaboración propia.

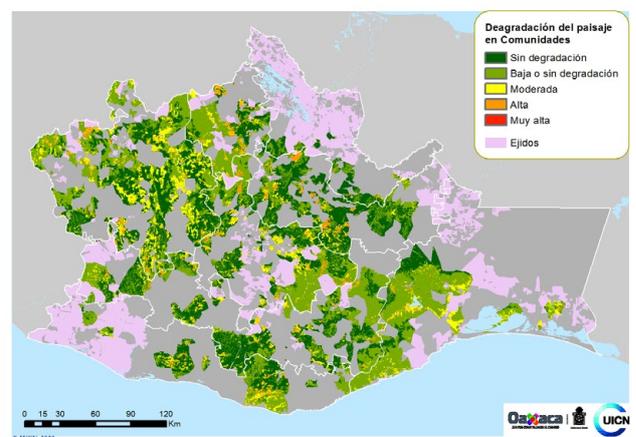
existe un patrón que relacione el nivel de degradación funcional del paisaje con el régimen de tenencia de la tierra. Tomando en cuenta la degradación en las áreas de propiedad social<sup>17</sup> no se evidencia una diferencia substancial con el escenario en el resto del Estado. El porcentaje de degradación en estas áreas representa el 18.2%, en línea con el promedio de 18.0% en el Estado. Sin embargo, hay que analizar a detalle las

diferentes subclasificaciones de propiedad social. Restringiendo este análisis a los ejidos, el valor sube al 26.0% para un total de 371,975 ha de territorio degradado (**Figura 28.a**). Por otro lado, considerando solamente las comunidades agrarias el porcentaje de degradación baja al 15.0%, y corresponde a 530,261 ha (**Figura 28.b**). La diferencia es aún mayor si se considera la distinción entre propiedad social de uso

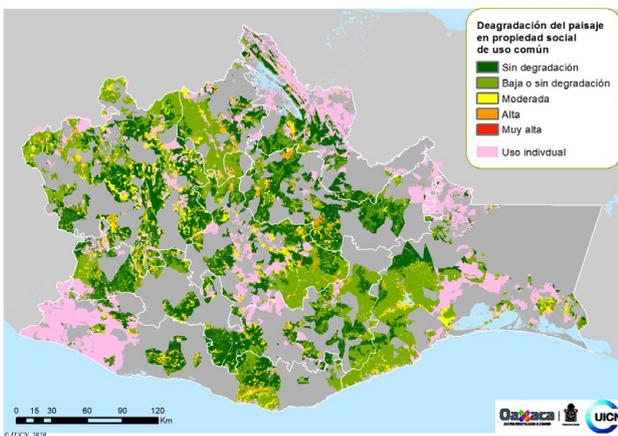
**Figura 28.** Mapas de degradación funcional del paisaje en Oaxaca para diferentes categorías de propiedad social: a) Ejidos, b) Comunidades, c) de uso común, d) de uso individual.



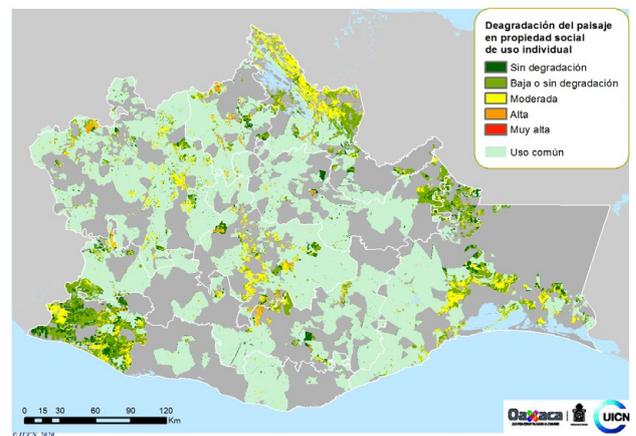
a)



b)



c)



d)

Fuente: Elaboración propia.

<sup>17</sup> En el campo mexicano la tenencia de la tierra está conformada por la propiedad privada y la propiedad social (también denominada como núcleos agrarios), esta última representada por los ejidos y las comunidades agrarias. Los ejidos son una modalidad de propiedad rústica fundada por el Estado mexicano, mientras que las comunidades tienen antecedentes desde la época colonial (con el nombre de pueblos de indios o de naturales) cuando se les otorgó reconocimiento jurídico. En la actualidad, prácticamente las únicas diferencias que existen entre los ejidos y las comunidades agrarias son que en estas últimas la ley no permite que las parcelas de labor sean tituladas de manera personal (aunque se trabajen individualmente) y que los comuneros no pueden vender sus tierras; sin embargo, por acuerdo en asamblea de la mayoría de los miembros de una comunidad pueden mudarse al régimen ejidal y así acceder a parcelas individuales e, incluso, posteriormente a su venta si así lo decide una asamblea calificada. La superficie que constituye un área de propiedad social puede ser destinada para cultivo o labor (generalmente en parcelas individuales) o tierras de uso común. En el caso de los ejidos, las áreas comunes pertenecen a todos y las parcelas son de cada individuo (por eso se titulan a nombre de cada persona). En las comunidades agrarias las áreas comunes son de todos y las parcelas se encuentran en posesión del comunero que las trabaja, aunque son propiedad de la comunidad (Morett-Sánchez & Cosío-Ruiz, 2017).

común (**Figura 28.c**) y de uso individual (**Figura 28.d**). En la primera, solamente el 12.4% del territorio se encuentra en estado de degradación (472,652 ha), mientras que en la propiedad de uso individual este porcentaje sube al 37.5% (429,574 ha). De nuestro análisis se puede concluir que la propiedad social de uso común representa un modelo relativamente exitoso para el uso sostenible del territorio y la conservación de los servicios ecosistémicos en Oaxaca. También se deduce que la parcelización de la propiedad social podría ser una de las mayores causas de degradación del paisaje en Oaxaca, considerando que representa un nivel de degradación doble respecto al promedio estatal. Una eficiente estrategia de conservación y restauración del paisaje en Oaxaca debería entonces fortalecer modelos de gobernanza local y promover el uso y manejo común de los recursos naturales.

El análisis de degradación funcional del paisaje tiene importantes implicaciones para el planteamiento de una estrategia de restauración que efectivamente

aporte a los objetivos de desarrollo rural bajo en emisiones y genere un impacto que perdure en el tiempo en todas sus componentes, ambientales, económicas y sociales. Esta estrategia tiene que tomar en cuenta la heterogeneidad del territorio, las diferencias en clima, topografía, edafología y cobertura vegetal/uso de suelo que determinan la provisión de los servicios ecosistémicos que sustentan los medios de vida de la población. La identificación de sinergias y compensaciones entre ellos, permite identificar las áreas de mayor degradación funcional del paisaje, donde las acciones tendrían un impacto positivo sobre la mayoría de los servicios ecosistémicos. La interpretación de esta información tiene también que valorar y entender las dinámicas de cambio de uso de suelo y de degradación, que dependen de variables económicas, sociales, tenencia de la tierra y gobernanza territorial, entre otras. La definición de las áreas de focalización es imprescindible para una planificación territorial que promueva el uso eficiente de los recursos financieros disponibles.



### 3. Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca

---

A partir del análisis de degradación se define el potencial de restauración para la implementación de acciones que tienen el objetivo de recuperar las funciones ecosistémicas del paisaje. Los modelos de restauración impulsan la transición de un uso de suelo que genera degradación hacia la promoción simultánea de la sustentabilidad económica, ambiental y social, sin necesariamente promover un cambio de uso de suelo, por ejemplo, de agropecuario a forestal. En otras palabras, se promueve una optimización del uso del territorio que identifica áreas aptas para modelos productivos sustentables y otras donde el uso de suelo óptimo es representado por la restauración de la vegetación natural con el solo fin de recuperar los servicios ecosistémicos esenciales. Los **modelos de restauración con enfoque productivo** refieren a sistemas agroforestales, silvopastoriles, plantaciones forestales comerciales, prácticas de agricultura de conservación, y recuperación/enriquecimiento de bosque secundario para manejo forestal sustentable, mientras los **modelos de restauración con enfoque de conservación** son constituidos por la restauración de manglares, restauración ecológica y reforestación asistida. Los modelos de restauración productiva promueven de forma transversal un impacto socioeconómico y ambiental que involucra a diferentes cadenas de valor vinculadas al mercado y por esta razón representan el enfoque principal de cualquier estrategia de desarrollo rural bajo en carbono. Se construyen a través del diseño de paquetes tecnológicos que integran criterios de sustentabilidad económica, ambiental y social.

La **sustentabilidad económica** se promueve con la incorporación, en la misma parcela, de cultivos anuales con cultivos permanentes y semi-permanentes, así como componentes maderables y/o pecuarias. Esto permite sostener el flujo de caja en los primeros años

para mitigar los altos costos de establecimiento del modelo productivo, hasta que los cultivos permanentes incrementen paulatinamente su productividad. Esta característica mejora considerablemente la tasa interna de retorno de la inversión. Por otro lado, los cultivos permanentes y la componente pecuaria generan ingresos constantes a lo largo de los años compensando por el plazo prolongado que requiere la cosecha de la componente forestal maderable. Esta integración genera una multiplicidad de fuentes de ingresos en diferentes momentos a lo largo de la vida del modelo, disminuyendo también la vulnerabilidad a fluctuaciones de mercado y externalidades ambientales negativas (plagas, efectos climáticos, etc.) por reducir el riesgo a través de la diversificación de la producción.

La **sustentabilidad ambiental** en los modelos productivos es caracterizada por las prácticas de manejo que proporcionan un mejor hábitat para la biodiversidad. Bajo este enfoque, las prácticas de control de maleza y prevención de plagas/enfermedades sustituyen el uso de herbicidas e insecticidas sintéticos por el control manual con chapeo y el uso de productos biológicos. La integración de la componente de pastoreo ovino en algunos modelos, también favorece el control de maleza y la fertilización orgánica del suelo, disminuyendo los costos de producción. La ausencia de pesticidas tóxicos favorece la supervivencia de las especies polinizadoras. Los polinizadores son un indicador de integridad ecológica de los agroecosistemas y su presencia se ve fortalecida por la introducción de la componente apícola para la producción de miel y sus derivados en algunos de los modelos de restauración productiva propuestos. Al mismo tiempo la selección de diferentes especies agrícolas y forestales toma en cuenta las características de floración en beneficio de

la productividad apícola. Los servicios ecosistémicos asociados a los modelos de restauración en la mayoría de los casos incrementan la productividad de los cultivos reduciendo los costos de producción. Finalmente, la promoción de modelos agroforestales, silvopastoriles o de agricultura de conservación en áreas agropecuarias incrementa la captura de carbono y favorece la conservación del suelo.

La **sustentabilidad social** es fomentada por el incremento de los ingresos y mejora de las condiciones de vida, así como por medio de la generación de empleos verdes impulsando paquetes tecnológicos que requieren un mayor uso de mano de obra con un sueldo digno. La promoción de la seguridad alimentaria a través de la incorporación de cultivos de alimentos básicos, también representa uno de los criterios principales para el desarrollo de los paquetes tecnológicos de los modelos de restauración productiva.

### 3.1. Matriz de salvaguardas y zonificación de los modelos de restauración

Con base en las prioridades definidas por los actores locales, para el Estado de Oaxaca se identificaron cinco modelos principales con un marcado enfoque hacia la restauración productiva: Agroforestal de agave para producción de mezcal, Agroforestal de café arábica; Agroforestal de café robusta; Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en ladera; Sistema silvopastoril doble propósito (carne-leche) con áreas de conservación. Estos modelos han sido escogidos por la *Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva del Paisaje* (MIRPP) del Gobierno del Estado con el objetivo de representar el eje principal para la promoción de un desarrollo rural bajo en carbono a través de un enfoque intersectorial. Los modelos se analizaron y diseñaron de forma detallada en este documento siendo el centro de la

estrategia de restauración del paisaje para Oaxaca. Sin embargo, por completitud hay que considerar un portafolio de otros modelos de restauración que, si bien no se analizaron en detalle en el presente estudio, son una opción en determinadas regiones del territorio oaxaqueño. Estas opciones incluyen tanto modelos de restauración productiva (agricultura de conservación, plantación forestal comercial, restauración/enriquecimiento de bosque secundario para manejo forestal sustentable), como de restauración con enfoque de conservación (restauración de manglares, restauración ecológica y reforestación para la generación de servicios ambientales).

La viabilidad de la implementación de cada opción de restauración depende de su compatibilidad con las características del territorio, el uso actual de suelo y los impactos esperados de cada modelo. Este análisis de compatibilidad arroja una matriz de zonificación de las posibles transiciones (**Figura 29**) que puede leerse como una matriz de salvaguardas ambientales aplicables al marco de implementación de la restauración del paisaje. El fin de la zonificación es también asignar un área geográfica específica para el modelo de restauración considerado más adecuado, evitando duplicaciones con el fin de viabilizar un análisis económico y de impactos preliminar. En una siguiente etapa de análisis es posible crear un abanico de opciones productivas para la restauración del paisaje, sobre el cual organizaciones y grupos de productores puedan seleccionar las opciones cultural y económicamente más apropiadas. Para efectos del alcance de este proyecto se presenta una matriz que busca un modelo óptimo por cada categoría de vegetación y uso de suelo. Por ejemplo, en zonas degradadas dentro de áreas protegidas o zonas de vegetación primaria (zona 1), solamente se recomienda promover acciones de restauración ecológica y reforestación para la conservación, o modelos de restauración de manglar en áreas donde está presente este tipo de vegetación. La reforestación también sería viable en otro tipo de uso actual de

suelo o vegetación degradada que se encuentre en pendientes entre el 45% y 60%, o bien entre 30% y 60% en áreas de cultivos temporales anuales (zona 8), entre 40% y 60% en áreas de pastizales inducidos o cultivados (zona 10), o entre 15% y 60% en áreas degradadas con bosque cultivado (zona 11). Esto para asegurar la recuperación de los servicios ecosistémicos más afectados por la degradación en áreas de fuerte pendiente (control de erosión y retención de nutrientes, control de descarga de nutrientes, recarga de los acuíferos y aporte al flujo base). La reforestación para manejo de bosque secundario sería viable en áreas de vegetación secundaria arbórea (zona 2) con una pendiente menor al 45%. Los modelos agroforestales con agave aplicarían para vegetación secundaria arbustiva y herbácea de selva caducifolia y subcaducifolia (zona 3), así como en áreas de agricultura de temporal anual con pendiente entre 5% y 10% (por debajo del límite que delimita la zonificación para el modelo de milpa en ladera), y de temporal anual asociada a cultivos permanentes o semipermanentes (zona 5), con pendiente entre 5% y 45%. La restauración con modelos agroforestales de café arábica sería viable

arriba de los 600 metros de altura en vegetación secundaria arbustiva y herbácea no caducifolia/subcaducifolia (zona 4) y en predios cafetaleros ya existentes (zona 6). Por otro lado, el modelo agroforestal de café robusta aplicaría solamente en predios cafetaleros existentes por debajo de los 600 metros de altura (zona 7). La milpa con frutales en ladera, por su función específica de conservación de suelo, se pretende implementar en terrenos agrícolas de temporal anual con pendiente moderada, entre 10% y 30% (zona 8). El uso de suelo de agricultura de riego y humedad por debajo del 45% de pendiente y la agricultura de temporal de las zonas más planas (< 5% de pendiente) definen las zonas aptas para implementar buenas prácticas de agricultura de conservación (zona 9). Finalmente, las áreas de pastizales inducidos o cultivados (zona 10) con una pendiente menor del 40% y de bosques cultivados (zona 11) con menos del 15% de pendiente, que se encuentren en estado de degradación, serían áreas idóneas respectivamente para la restauración basada en modelos silvopastoriles o para buenas prácticas de plantaciones forestales comerciales.

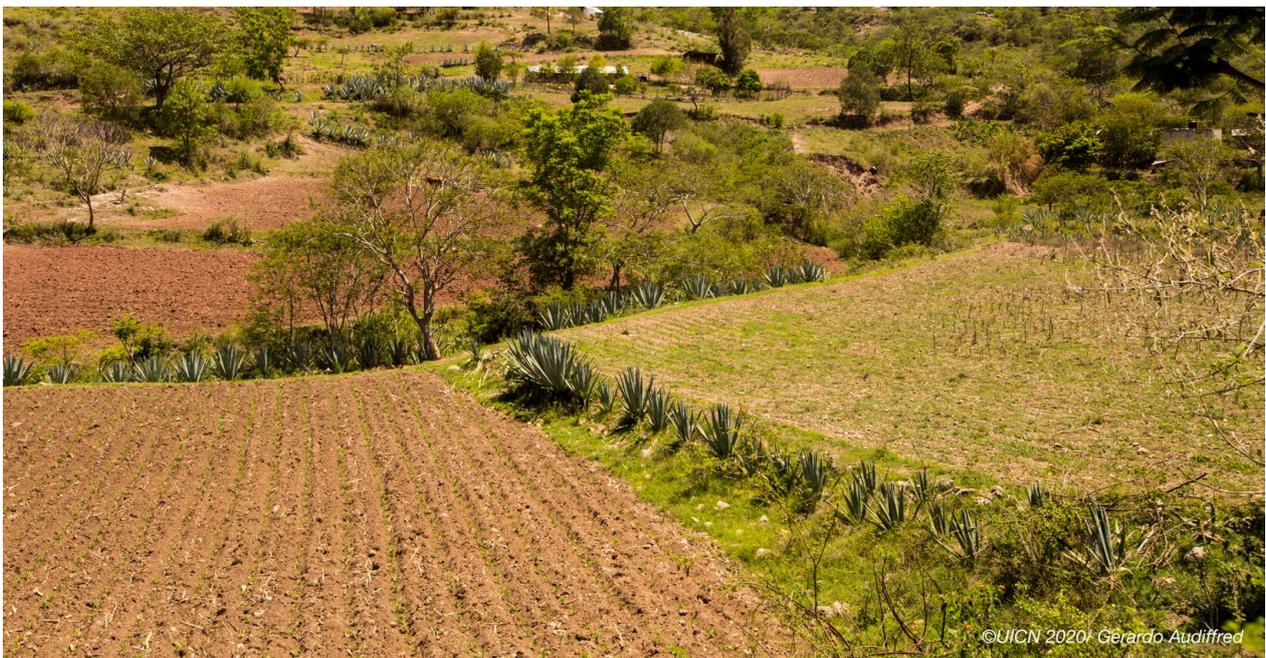
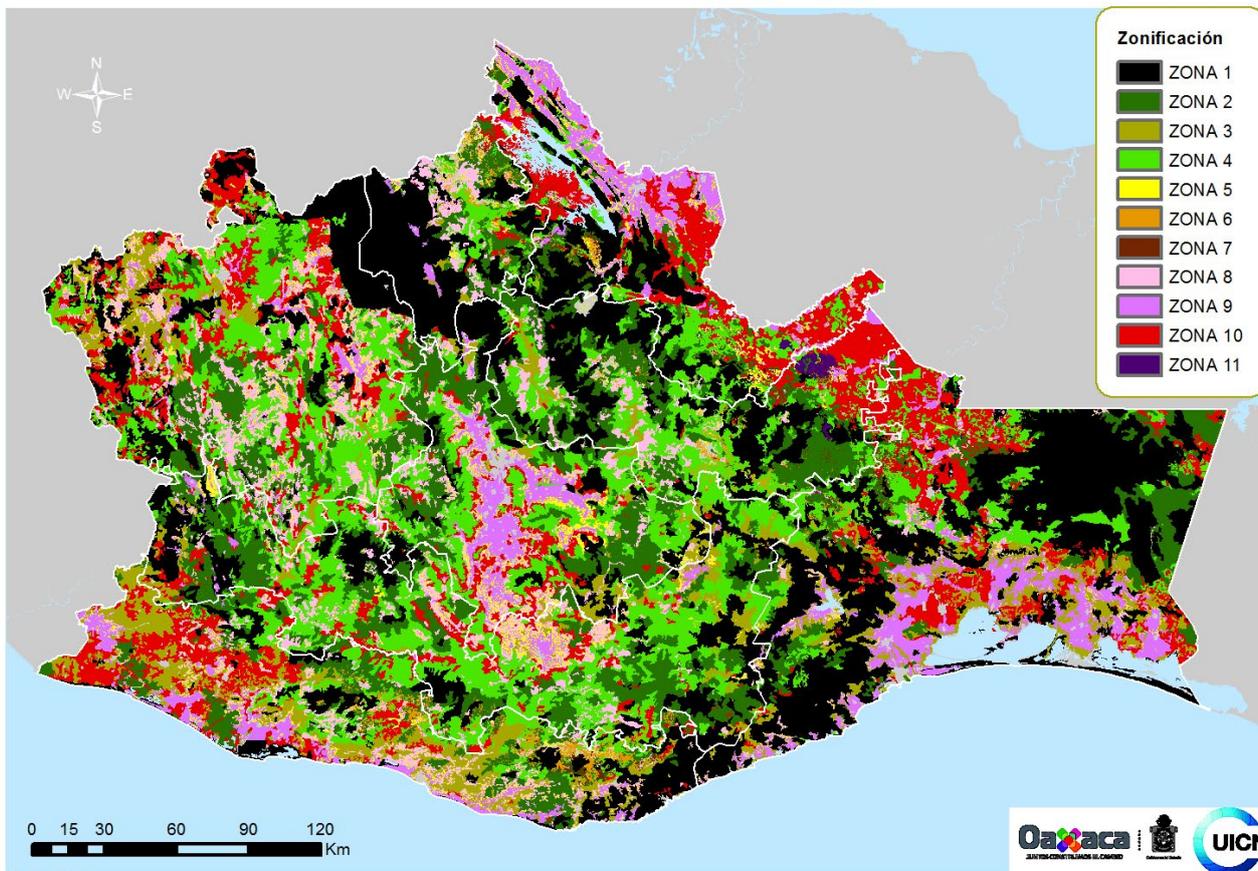


Figura 29. Matriz de salvaguardas ambientales y zonificación de los modelos de restauración.

		Restauración de manglar	Restauración ecológica y reforestación para servicios ambientales	Reforestación para manejo forestal de bosque secundario	Agroforestal de agave con milpa diversificada	Agroforestal de café arábica	Agroforestal de café robusta	MIAF (Milpa intercalada con árboles frutales) en ladera	Agricultura de conservación	Sistema Silvopastoril	Plantación forestal comercial
Áreas Naturales Protegidas y vegetación natural	<b>Zona 1:</b> Áreas protegidas (públicas y privadas), bosque primario, manglares y otros ecosistemas naturales primarios (chaparrales, matorrales, sabanas, etc.)	✓	✓								
	<b>Zona 2:</b> Vegetación secundaria arbórea (predios no cafetaleros)		✓	✓							
	<b>Zona 3:</b> Vegetación secundaria arbustiva y herbácea de selva caducifolia y subcaducifolia (predios no cafetaleros)		✓		✓						
	<b>Zona 4:</b> Otra vegetación de bosque/selva secundaria arbustiva y herbácea y palmar inducido (predios no cafetaleros)		✓			✓					
Vegetación y uso de suelo Áreas agrícolas	<b>Zona 5:</b> Agricultura temporal permanente, semipermanente, mixto (pendiente > 5%); Temporal anual (5% < pendiente < 10%); predios no cafetaleros		✓		✓						
	<b>Zona 6:</b> Predios cafetaleros existentes (altitud > 600 m)		✓			✓					
	<b>Zona 7:</b> Predios cafetaleros existentes (altitud < 600 m)		✓					✓			
	<b>Zona 8:</b> Agricultura Temporal anual en laderas (pendiente ≥ 10%); predios no cafetaleros		✓					✓			
	<b>Zona 9:</b> Todo tipo de agricultura Temporal (pendiente < 5%); Agricultura de riego y de humedad; predios no cafetaleros		✓						✓		
Áreas ganaderas	<b>Zona 10:</b> Pastizales cultivados e inducidos		✓							✓	
Plantaciones forestales	<b>Zona 11:</b> Bosque cultivado		✓								✓

Figura 30. Zonificación de las áreas de viabilidad ambiental para los modelos de restauración en el Estado de Oaxaca.



© IUCN, 2020

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Propuesta de modelos de restauración productiva

A partir del análisis del estado actual de las prácticas de restauración en Oaxaca y de las prioridades sectoriales de las entidades miembro de la mesa interinstitucional (MIRPP), se definió una propuesta de modelos de restauración funcional del paisaje con enfoque productivo. Desde la perspectiva de producción agrícola los modelos propuestos tienen inferencia en cultivos como maíz, frijol, frutales, agave y café, desde la visión del sector forestal se contribuye a la introducción de especies arbóreas y arbustivas que incrementan la cobertura vegetal dentro de las unidades de producción, y disminuyen

la presión a los bosques principalmente por extracción de leña (modelo agroforestal de agave). Bajo este enfoque, estas prácticas de restauración contribuyen a la conservación de la biodiversidad y la restauración de la funcionalidad de los servicios ecosistémicos, aportando a las metas y objetivos del sector ambiental. Asimismo, promueven el desarrollo rural a través del incremento de los ingresos para los productores, la generación de empleo y una mayor seguridad alimentaria. En los siguientes párrafos se presenta a detalle el diseño y el análisis de parámetros económicos de estos modelos de restauración, creados en un ejercicio de optimización de las mejores prácticas actualmente existentes en el territorio oaxaqueño. Para cada modelo se desarrolló una hoja de cálculo<sup>18</sup> donde se reportan los detalles

<sup>18</sup> Las hojas de cálculo se pueden descargar desde la página web del proyecto: [www.oaxacabajoemisiones.mx](http://www.oaxacabajoemisiones.mx)

del paquete tecnológico, con la especificación de insumos productivos, cantidades y precios que definen los parámetros económicos.

### 3.2.1. Modelo agroforestal de agave

#### 3.2.1.1 Descripción

México es centro de origen del género agave, y en su territorio se encuentra el 75% de las especies que lo conforman. El Estado de Oaxaca es el más diverso en agaves o magueyes, con 42 especies de las más de 200 descritas para el género (García-Mendoza & Franco-Martínez, 2018). Esta diversidad ha permitido una multiplicidad de usos, siendo la producción de mezcal el más importante en Oaxaca, donde se elabora el 90% de los 7.14 millones de litros que se producen a nivel nacional (CRM, 2020).

En la mayoría de los municipios en los que se produce mezcal, los terrenos son de propiedad social (pertenecen a ejidos y comunidades), en donde cada comunero tiene aproximadamente de una a tres hectáreas de terreno para las actividades agropecuarias. Una de las pocas actividades que genera un ingreso económico significativo, es la siembra de maguey y la elaboración de mezcal artesanal. La especie más empleada por los productores de maguey-mezcal en Oaxaca es el *Agave Angustifolia* (Espadín), sin embargo, cabe destacar que el interés del mercado externo por variedades de mezcal ha inducido a los productores a diversificar las especies empleadas para obtener mezcal.

Este modelo agroforestal proviene de una visión de agroecosistema, en la que el maguey es parte de un sistema de producción familiar que permite al agricultor, en pequeñas parcelas, diversificar la producción para obtener de forma asociativa agave como materia prima para elaborar mezcal, además de madera, leña y cultivos básicos como maíz y frijol. El sistema agroforestal de agave se propone para paisajes que han sido degradados por actividades

agropecuarias o se encuentran en proceso de sucesión vegetal (vegetación secundaria caducifolia o subcaducifolia de 5 a 10 años) con pendientes de hasta 30%. El modelo considera el establecimiento de maguey (*Agave Angustifolia* o *Americana*) como cultivo principal y generador de ingresos económicos a mediano plazo, maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) como cultivos alimenticios, y árboles maderables para extracción de leña útil en la producción de mezcal o actividades domésticas (*Leucaena sp.*, *Phytocellobium dulce*, *Juniperus flaccida* o *Quercus sp.*). La selección de especies atiende a las condiciones agroclimáticas de los sitios identificados con potencial para la restauración.

El maíz se siembra durante toda la vida del modelo, para autoconsumo y venta de producción excedente. El cultivo del frijol responde al mismo propósito, además de fijar nitrógeno y representar una especie de cobertera para la conservación del suelo. Las especies arbóreas permiten a mediano plazo (10 años) obtener leña, que el productor puede emplear en la producción de mezcal o para actividades domésticas. Esto contribuye a mejorar la rentabilidad del sistema agroforestal. Asimismo, permite generar materia orgánica y fijar nitrógeno en el caso de utilizar especies leguminosas como *Leucaena sp.* y *Phytocellobium dulce*.

El modelo considera dos variedades de agave que tienen un alto potencial productivo y corto ciclo de cosecha, el *Agave Americana* (Coyote) y *Angustifolia* (Espadín). Otras especies, como *Semanniana* (Tobalá) o *Karwinskii* (Cuishe) podrían conformar variaciones del modelo. El *Agave Angustifolia* es la especie que actualmente tiene mayor importancia económica en el Estado. Con esta especie y bajo las densidades de cultivo propuestas en el modelo, se pueden alcanzar rendimientos de 75 t/ha durante un ciclo de producción de 7 años. El *Agave Americana* no se encuentra disponible de forma silvestre, sin embargo, es común verlo cultivado en la Sierra Sur de Oaxaca. El agave Coyote (diferenciándolo de *agave lyobaa*, que recibe el mismo nombre común),

es una especie que bajo condiciones agroclimáticas adecuadas puede madurar en un ciclo de tan solo 5 años, además de tener un potencial productivo de hasta 75 t/ha (Martínez-Jiménez, et al., 2017).

El arreglo topológico del modelo agroforestal de agave se propone en esquema tresbolillo con un distanciamiento de 1.33 m realizando dos surcos cada 5 m para obtener 20 líneas de 75 agaves cada una, con una densidad de 1,500 plantas/ha. La plantación de agave se realiza de manera escalonada: añadiendo 4 líneas por año del año 1 al 5, para *Agave Americana*, y 3 líneas por año (del año 1 hasta el año 6) con 2 líneas el año 7, para *Agave Angustifolia*. El objetivo es obtener cosechas todos los años a partir respectivamente del año 5 (cosechando cada año el 20% de una hectárea de *Agave Americana*) y año 7 (cosechando cada año el 14% de una hectárea de *Agave Angustifolia*). Antes de que se siembre, los surcos de agave se aprovechan para el cultivo del frijol, sembrado al tresbolillo en dos surcos a lo largo de cada línea. Entre cada franja de agave, la siembra de maíz se propone en franjas de 7 surcos separados

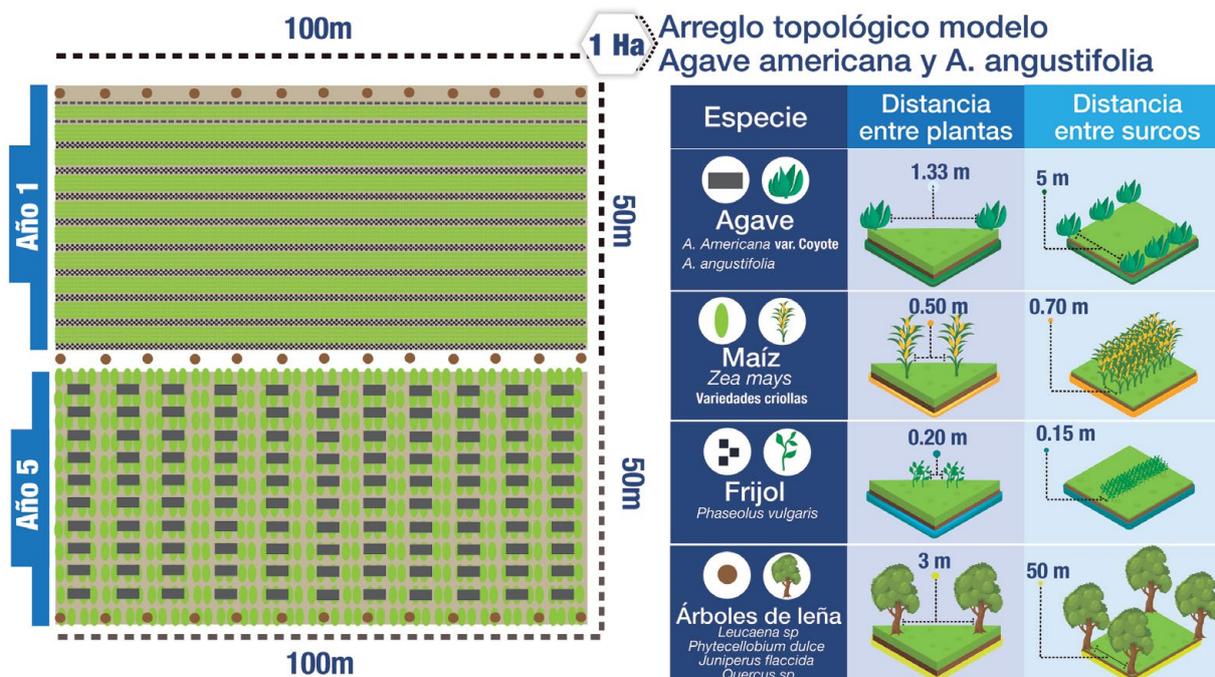
a 70 cm depositando 2 semillas por poceta cada 50 cm, para obtener una densidad de población de 25,200 plantas/ha. En el caso de las especies leñosas se recomienda plantarlas en los extremos del terreno y en una franja central, cada 3 metros un individuo, para obtener una densidad de 99 plantas/ha.

El modelo se plantea bajo un esquema de siembras y cosechas escalonadas, con ciclos de siembra adecuados a los ciclos productivos de cada especie de agave propuesta. Para los cultivos de maíz y frijol, que atienden a ciclos anuales, se proyectan siembras y cosechas durante cada ciclo del modelo, de esta manera se obtienen productos que generan beneficios constantes para los productores, ya sea por la venta a nivel local o por autoconsumo que contribuye a la seguridad alimentaria de las familias.

### 3.2.1.2. Resultados económicos

De las diferentes especies de agave que podrían ser utilizadas en el modelo agroforestal, se analizaron en detalle los parámetros económicos de las dos más rentables: *Agave Americana* (Coyote) y *Agave*

Figura 31. Arreglo topológico del modelo agroforestal de agave aplicable a las variedades Americana y Angustifolia.



Fuente: Elaboración propia.

*Angustifolia* (Espadín). Los resultados económicos dependen del potencial productivo de las dos especies. Debido a las diferentes capacidades de adaptación a las características agroclimáticas del territorio, existen regiones donde una especie podría ser más productiva que la otra. Con base en parámetros de precipitación, temperatura, altitud, características del suelo (tipología y textura) y pendiente (ver **Tablas A.6.1 y A.6.2 en Anexo VI**), y asignando a cada parámetro un valor de ponderación que identifica su peso relativo sobre el nivel de productividad esperada (utilizando la metodología multicriterio de análisis jerárquica explicada en detalle en **Anexo VII**), se generó un mapa de productividad potencial para los modelos agroforestales de agave (**Figura 32**).

Los mapas de potencial estiman la productividad de cada ciclo productivo, sin tomar en cuenta la diferencia de tiempo necesario para alcanzar la madurez en cada especie. El desempeño económico y financiero de los dos modelos depende también de este factor. Un tiempo de madurez más corto, directamente relacionado con las características peculiares de la especie, podría compensar por la menor productividad causada por factores agroclimáticos, tipología de suelo y topografía del territorio.

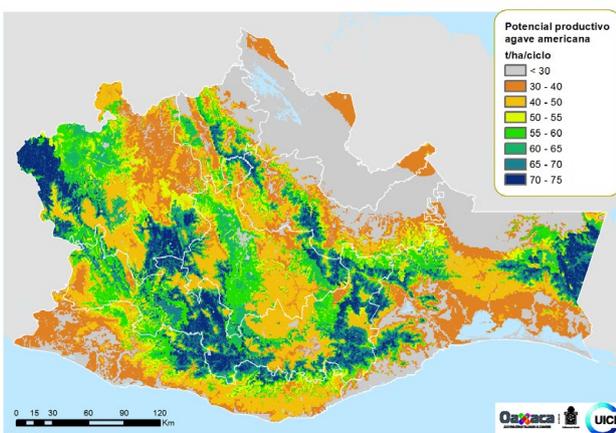
---

 Jornales requeridos: 48-51 per ha/año  
 Generación de empleos directos: 0.19-0.20 por ha/año  
 Costo de transición: 48,100-49,700 MXN/ha

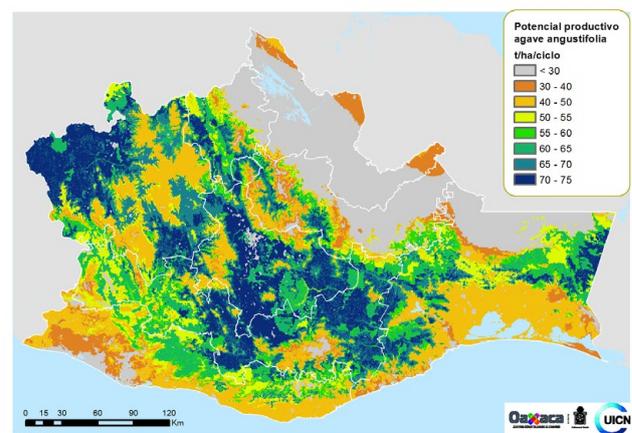
---

Analizando los resultados económicos en condiciones óptimas para el crecimiento de las dos especies, podemos comparar la viabilidad y rentabilidad de los modelos. Un criterio esencial para analizar la viabilidad del modelo es el flujo de efectivo, del cual depende en gran medida su adopción por parte del productor. El flujo de caja del modelo de Agave Americana permanece negativo durante los primeros tres años debido al costo de inversión inicial y la falta de ingresos por el agave que empieza a generar paulatinamente entradas a partir de la venta parcial de hijuelos de maguey en el tercer año (**Figura 33**). El flujo de efectivo se compone también por ingresos de la venta de maíz, como cultivo anual a lo largo de la vida del modelo, y de frijol durante los primeros cuatro años. Estos ingresos se complementan, a partir del quinto año, con una cosecha anual de 15 toneladas por hectárea de maguey. Cada diez años

**Figura 32.** Potencial productivo de las especies de agave en el modelo agroforestal a) Agave Americana, b) Agave Angustifolia.



a)



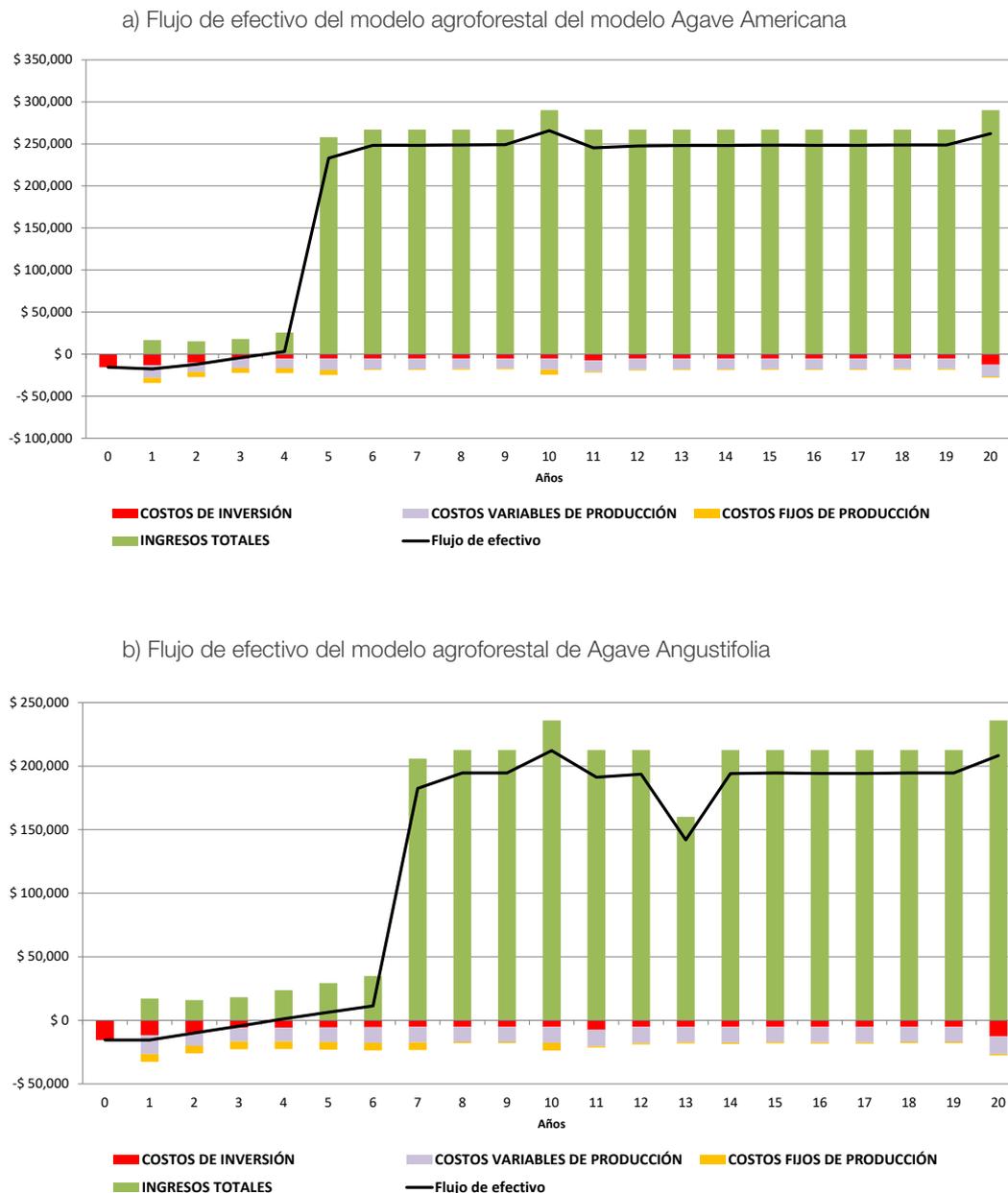
b)

Fuente: Elaboración propia.

se generan ingresos adicionales por la cosecha de las especies leñosas que en esos años duplica el flujo de caja del modelo. Este tipo de manejo garantiza un flujo de efectivo estable y balanceado durante los veinte años del modelo. El flujo de caja del modelo de

Agave Angustifolia tiene las mismas características, con la única excepción de tener mayores ingresos de la venta de hijuelos de maguey y menores ingresos de la cosecha anual de maguey, que además empieza dos años más tarde, en el año 7.

**Figura 33.** Flujo de caja del modelo agroforestal de agave (MXN/ha).



El tiempo más largo de maduración de esta especie es finalmente el factor que afecta a los indicadores económicos (**Tabla 4**), sin embargo, en sus dos versiones según la especie de agave considerada, tiene una buena rentabilidad financiera con una tasa interna de retorno por arriba de la tasa de mercado (12%) y un valor presente neto que podría competir con otras tipologías de uso de suelo.

Analizando la estructura de costos, el costo total (con valor actualizado) del modelo de Agave Americana considerando el periodo de 20 años, suma 313,724 MXN/ha y 187,878 MXN/ha, aplicando respectivamente una tasa de descuento del 4% y 12%. El costo de transición, que agrega todos los costos del establecimiento del modelo y del primer año de producción es de 49,744 MXN/ha. El modelo con Agave Angustifolia presenta valores similares con variaciones mínimas y un costo de transición de 48,101 MXN/ha.

Para comparación también se consideraron los resultados económico-financieros bajo un esquema de manejo diferente que concentra la cosecha en un único año y no adopta ciclos productivos intercalados que garanticen un ingreso anual por la cosecha del maguey. Se puede notar que este esquema genera

mejores resultados. La tasa interna de retorno tiene un diferencial positivo del 24.6% y del 17.7% respectivamente para Agave Americana y Angustifolia. Por otro lado, el incremento de valor presente neto variaría entre 22.6% (a la tasa de descuento del 4%) y 29.8% (a la tasa de descuento del 12%) para Agave Americana; mientras la variación positiva sería del 10.5% (tasa de descuento del 4%) y 35.0% (tasa de descuento del 12%) para Agave Angustifolia. Sin embargo, el flujo de caja no sería balanceado con picos de ingresos al final de cada ciclo de cosecha de agave y flujos de caja negativos (adicionalmente a la inversión inicial del año 0) durante los primeros dos años de cada ciclo, por un total de 8 años para Agave Americana y 6 años para agave Angustifolia a lo largo de 20 años del modelo. Además, el flujo de caja negativo en los primeros años de establecimiento del modelo subiría, en términos nominales, de 49,276 MXN/ha a 69,184 MXN/ha para Agave Americana y de 45,438 MXN/ha a 67,234 MXN/ha para Agave Angustifolia. Esto implicaría mayor necesidad de acudir a fuentes de crédito y financiamiento. La tipología del productor que representa el objetivo de los modelos de restauración propuestos, también se vería limitada por su capacidad productiva que no podría procesar en el mismo año la cantidad

**Tabla 4.** Indicadores económico-financieros para los modelos a 20 años de agroforestales de agave Americana y agave Angustifolia bajo esquema de cosecha anual de maguey.

	Tasa de descuento social (4%)		Tasa de descuento de mercado (12%)	
	Agave americana	Agave angustifolia	Agave americana	Agave angustifolia
Valor presente neto total (MXN/ha)	2,432,794	1,570,250	1,056,533	611,305
Valor presente neto promedio (MXN/ha/año)	121,640	78,512	52,827	30,565
Tasa anual equivalente (MXN/ha)	179,009	115,542	141,447	81,841
Tasa interna de retorno (%)	79.4%	52.2%	79.4%	52.2%
Relación beneficios-costos (actualizados)	8.8	6.0	6.6	4.3

de cosecha de un ciclo completo. Si bien nuestras estimaciones económicas solamente toman en cuenta el valor de la producción cosechada, hay que considerar el producto final de la cadena de valor de producción de mezcal y las limitaciones de viabilidad de las diferentes opciones de modelo productivo que esto implica. Por estas razones, como propuesta final para modelos agroforestales de agave en Oaxaca se observaron solamente los caracterizados por cosechas anuales de maguey que se acoplan mejor con las características de los productores locales.

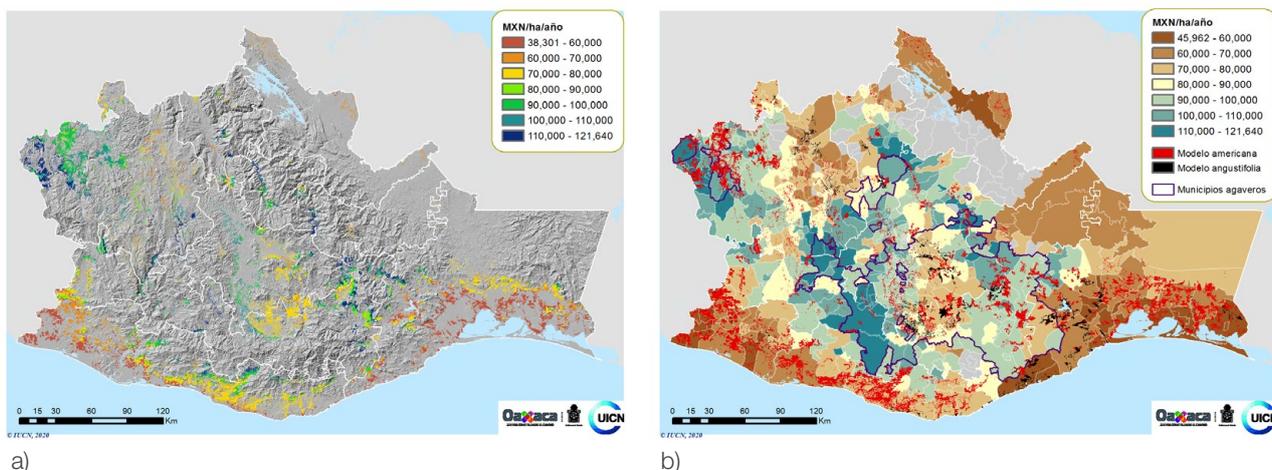
Utilizando los resultados del análisis económico y considerando los mapas de productividad potencial (seleccionando los pixeles con potencial productivo >30 t/ha), se estimó la distribución del valor presente neto del modelo agroforestal de agave. Este mapa toma en cuenta la viabilidad ambiental del mapa de zonificación y en cada pixel selecciona el modelo con el mayor valor presente neto entre Agave Americana y Angustifolia (**Figura 34.a**). Las áreas con mayor rentabilidad se concentran en las regiones de la Mixteca, Valles Centrales, Sierra Sur y Sierra Norte. Por otro lado, si analizamos la rentabilidad del modelo en términos de valor promedio por municipio

(**Figura 34.b**) y nos enfocamos en los municipios que actualmente registran producción de agave, se puede apreciar en algunos casos el potencial para implementar estos modelos en áreas con presencia de productores de maguey y con resultados financieros que se aproximan a las condiciones óptimas de nuestro análisis económico (en particular municipios de San Juan Lajarcia, San Juan Juquila Mixes, Villa Sola de Vega, San Vicente Lachixío, y San Francisco Sola, entre otros, en la región de Sierra Sur; San Pedro Quiatoni, Santo Domingo Albarradas, y San Lorenzo Albarradas en Valles Centrales; Villa Hidalgo, San Pablo Yaganiza, San Mateo Cajonos, San Francisco Cajonos, y San Baltazar Yatzachi el Bajo en Sierra Norte; Zapotitlán Lagunas, Silacayoápam, y San Mateo Sindihui en la región Mixteca). Cabe destacar que las áreas identificadas en este mapa representan las áreas de viabilidad según la zonificación de la matriz de salvaguardas ambientales y son más amplias de las áreas identificadas por el potencial de restauración. En otras palabras, representan tanto un modelo de restauración en áreas degradadas del paisaje, como una opción de buena práctica productiva en áreas no degradadas.

**Tabla 5.** Indicadores económico-financieros para los modelos a 20 años de agroforestales de agave Americana y agave Angustifolia bajo esquema de cosecha cíclica de maguey (ciclo de 5 y 7 años).

	Tasa de descuento social (4%)		Tasa de descuento de mercado (12%)	
	Agave americana	Agave angustifolia	Agave americana	Agave angustifolia
Valor presente neto total (MXN/ha)	2,982,491	1,734,491	1,370,897	825,014
Valor presente neto promedio (MXN/ha/año)	149,125	86,725	68,545	41,251
Tasa anual equivalente (MXN/ha)	219,457	127,627	183,534	110,452
Tasa interna de retorno (%)	104.0%	69.9%	104.0%	69.9%
Relación beneficios-costos (actualizados)	9.2	5.9	7.3	4.9

**Figura 34.** Mapa de valor presente neto para el modelo agroforestal de agave a) en áreas de viabilidad ambiental, b) como valor promedio por municipio en áreas de viabilidad ambiental.



Fuente: Elaboración propia. Nota: Elaborada aplicando una tasa de descuento del 4% y considerando i) áreas de vegetación secundaria arbustiva y herbácea de selva caducifolia y subcaducifolia con pendiente menor del 45%; ii) áreas de agricultura permanente y semipermanente con pendiente entre 5% y 45%; iii) áreas de agricultura temporal anual con pendiente entre 5% y 10%; y considerando solamente las áreas con una productividad potencial mayor de 30 t/ha de maguey por ciclo productivo.

### 3.2.2. Modelo de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en ladera

#### 3.2.2.1 Descripción

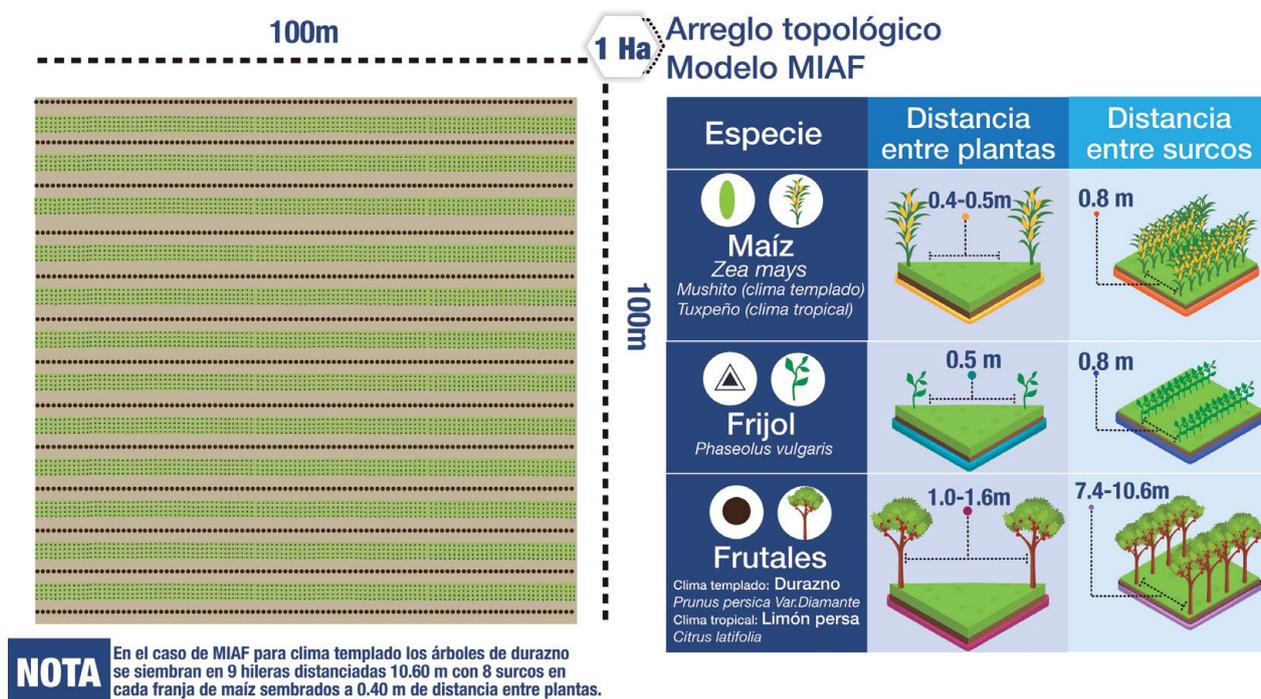
La milpa es un agroecosistema típico de la región mesoamericana cuyos principales cultivos son maíz, frijol y calabaza asociados en algunos casos con otros cultivos complementarios. El cultivo del maíz es predominante y caracteriza el sistema. Las tierras destinadas al cultivo de milpa son sembradas en forma continua durante un número de años y después entran en descanso (barbecho), estrategia que permite que se recupere la fertilidad de los suelos. Esto implica una rotación de parcelas en el tiempo y en el espacio que frecuentemente utiliza la práctica de “roza, tumba y quema”. Es decir, mientras unas tierras se encuentran en periodo de barbecho otras están siendo cultivadas para obtener sus alimentos.

En Oaxaca la milpa tiene una amplia distribución geográfica con un fuerte arraigo en las comunidades, donde el maíz constituye el alimento básico. Un vasto sector de la población del Estado destina su

producción para el autoconsumo, pero también existen productores que comercializan sus excedentes de maíz en granos y productos transformados en los mercados locales o los mercados regionales. El agroecosistema de milpa representa también un importante modelo de conservación de la agrobiodiversidad, para la cual se ha identificado en Oaxaca la presencia de 35 especies de maíz sobre un total de 62 existentes a nivel nacional (Aragón-Cuevas, et al., 2006). Sin embargo, la producción en terrenos de ladera y esquemas de manejo inapropiados generan problemas de erosión con impactos sobre la fertilidad de los suelos y los procesos de exportación de sedimentos hacia la red hidrográfica. Este problema es de particular importancia en Oaxaca, considerando que la mayor parte de su territorio tiene pendientes superiores al 5%.

El modelo de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en ladera se presenta como una alternativa a implementar en terrenos degradados que presenten pendientes entre 10% y 30%. Este sistema se propone en áreas de agricultura de temporal anual, diversificando la milpa y eliminando el proceso

Figura 35. Arreglo topológico del modelo de Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en ladera.



Fuente: Elaboración propia.

de roza tumba y quema, fuente frecuente de incendios forestales, a través de la incorporación de componentes de agricultura permanente como los árboles frutales. Además del aporte de la cobertura arbórea, el modelo considera prácticas de conservación de suelo que protegen de la erosión y pérdida de materia orgánica, facilitando la infiltración del agua. Además, al incrementar la diversidad y cantidad de los productos a obtener en una misma superficie de producción, contribuye a la calidad y seguridad alimentaria de las familias, incrementa sus ingresos por la comercialización de los excedentes después del autoconsumo, demanda más tiempo de ocupación en la parcela y contribuye al bienestar de las unidades de producción familiar (Ramos-Sánchez, 2005).

Este modelo plantea dos sistemas de producción alternativos, uno para climas templados subhúmedos, ubicados prevalentemente entre 1,500 y 800 msnm, que asocia la producción del durazno (*Prunus sp.* variedad diamante) a los cultivos anuales de maíz

mushito (*Zea mays* raza mushito) y frijol negro (*Phaseolus vulgaris*); y otro sistema para clima cálido húmedo, entre 250 y 700 msnm, que considera la producción de limón persa (*Citrus limon*) como especie frutal asociada a maíz tuxpeño (*Zea mays* raza tuxpeño) y arvenses, que pueden ser hierba mora, ejote, tomate, cilantro, ojo de caballo o calabaza. Ambos modelos coinciden en arreglo topológico, cultivo principal (maíz) y enfoque. El mushito, con un ciclo de vida entre 8 y 11 meses, es una raza nativa de maíz que tiene presencia en varios municipios de la zona fría del estado (Sierra Sur, región Mixe y región Mazateca) y de la cual se está incrementando la demanda por su rendimiento y capacidad de adaptación a las sequías en los meses iniciales de la siembra (Aragón-Cuevas, et al., 2006). Por otro lado, el maíz tuxpeño es un germoplasma adaptado a las condiciones lluviosas y de altas temperaturas. Inicialmente esta raza predominaba en la siembra de maíz en la planicie de la costa del Golfo, pero fue desplazado por las siembras de híbridos.

El arreglo topológico prioriza la optimización de la superficie a cultivar, racionando los espacios disponibles para cada cultivo de tal manera que las interacciones entre estos favorezcan el aprovechamiento de nutrientes traduciéndose en mayores rendimientos. Consiste en franjas de milpa intercaladas por hileras de árboles frutales distanciadas entre ellas de 7.4 m (limón) y 10.6 m (durazno) respectivamente. La distancia ente árboles en la hilera varía de 1 m (durazno) y 1.55 m (limón). En cada franja a los lados de las hileras de árboles, se tienen respectivamente entre cuatro (en el modelo con maíz tuxpeño) y ocho (en el modelo con maíz mushito) surcos a distancia de 0.8 m, en los cuales se siembra la milpa. Con esta distribución de las especies en el terreno, la milpa ocupa entre el 62% (maíz mushito) y 45% (maíz tuxpeño) y los frutales entre el 38% (durazno) y 55% (limón) de la superficie sembrada. Este arreglo considera una densidad de 832 árboles de limón por hectárea y 42,750 plantas/ha de maíz tuxpeño asociadas a arvenses en el modelo para clima cálido; y 900 árboles de durazno por hectáreas asociados a 31,200 plantas/ha de maíz mushito y 23,400 plantas/ha de frijol en el modelo para clima templado.

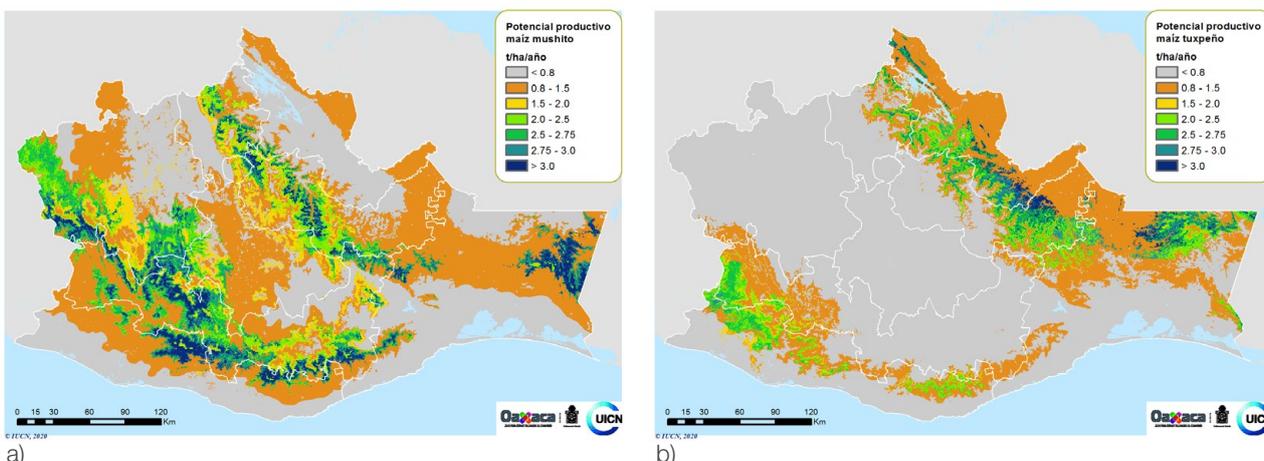
De acuerdo al ciclo productivo de los cultivos, en el modelo MIAF para clima cálido se tienen dos periodos

de cosecha para maíz, mientras en el modelo de clima templado se realiza sólo una cosecha al año. Sin embargo, bajo condiciones agroclimáticas óptimas, el maíz mushito resulta ser más productivo (4 t/ha por cosecha) de la especie tuxpeño (1.75 t/ha por cosecha). Para el caso de los frutales en ambos modelos se tendrá la primera cosecha hasta el año 3.

### 3.2.2.2. Resultados económicos

Los dos modelos de milpa con frutales propuestos, se caracterizan fuertemente por el clima y la altitud, que definen tanto la especie de maíz como la especie de frutal que se le asocia. El análisis de variabilidad de potencial productivo se enfocó sobre las dos especies de maíz que definen el modelo, mientras para las especies frutales se aplicó un rango de altitud para definir la zona de aptitud, entre 1000 m y 2500 m para el durazno y por debajo de los 1000 m para el limón. Considerando los parámetros climáticos, edafológicos y topográficos (ver **Tablas A.6.3** y **A.6.4** en **Anexo VI**), y asignando a cada parámetro (utilizando la metodología multicriterio de análisis jerárquica explicada en detalle en **Anexo VII**) un valor de ponderación que identifica su peso relativo sobre el nivel de productividad esperada, se generó el mapa de productividad potencial para los modelos de milpa en ladera con frutales (**Figura 36**).

**Figura 36.** Potencial productivo de las especies de maíz en el modelo de MIAF en ladera a) mushito, b) tuxpeño.



Fuente: Elaboración propia. Nota: Potencial productivo para maíz tuxpeño considera la suma de dos cosechas en el año.

Asumiendo condiciones productivas óptimas para las dos especies de maíz, los resultados económicos marcan una sensible diferencia entre los dos modelos. El flujo de caja del modelo tropical, durante los 20 años considerados en nuestro análisis, se ve afectado por el ciclo productivo del limón, que requiere la renovación de los árboles frutales cada 15 años. Los ingresos brutos anuales de la venta de limón (74,400 MXN/ha) también son inferiores a la producción de durazno (130,000 MXN/ha), con costos de producción similares. Por otro lado, los ingresos de la venta de maíz no tienen diferencias substanciales en los dos modelos, tomando en cuenta que la menor producción de la especie tuxpeño se compensa por

sus dos cosechas anuales contra una cosecha para la especie mushito. Ambos modelos tienen un flujo de caja negativo en el primer año, por los costos de preparación del terreno y establecimiento de los cultivos, mientras que el modelo tropical también en el año 16 con el restablecimiento de la plantación de limón.

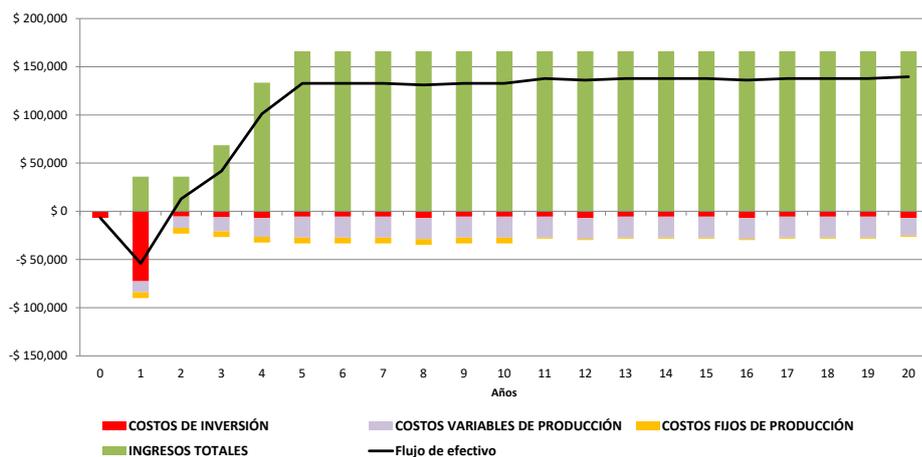
---

 Jornales requeridos: 97-103 por ha/año  
 Generación de empleos directos: 0.38-0.41 por ha/año  
 Costo de transición: 82,700-96,800 MXN/ha

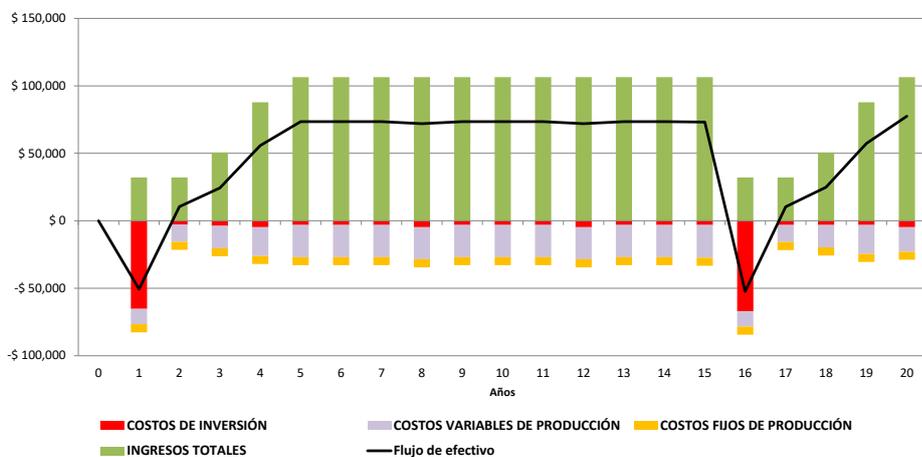
---

**Figura 37.** Flujo de caja para el modelo de milpa en laderas con frutales (MXN/ha)

a) Flujo de efectivo del modelo MIAF para clima templado



b) Flujo de efectivo del modelo MIAF para clima tropical



El aporte de los cultivos anuales, que permiten un ingreso económico desde el primer año, genera estas condiciones para el flujo de efectivo en los dos modelos. Estas características tienen un impacto positivo sobre la tasa interna de retorno y el valor presente neto con valores que compiten, respectivamente, con la tasa de mercado y el uso actual de suelo con agricultura de temporal anual (**Tabla 6**).

Con respecto a la componente de costos, el costo total (con valor actualizado) del modelo de MIAF para clima templado es de 472,537 MXN/ha y 284,771 MXN/ha, aplicando respectivamente una tasa de descuento del 4% y 12%. El costo de transición, que agrega todos los costos del establecimiento del modelo y del primer año de producción es de 96,765 MXN/ha. Por otro lado, el costo total actualizado del modelo de MIAF tropical es de 495,949 MXN/ha (con tasa del 4%) y 282,397 MXN/ha (con tasa del 12%), mientras el costo de transición es de 82,698 MXN/ha.

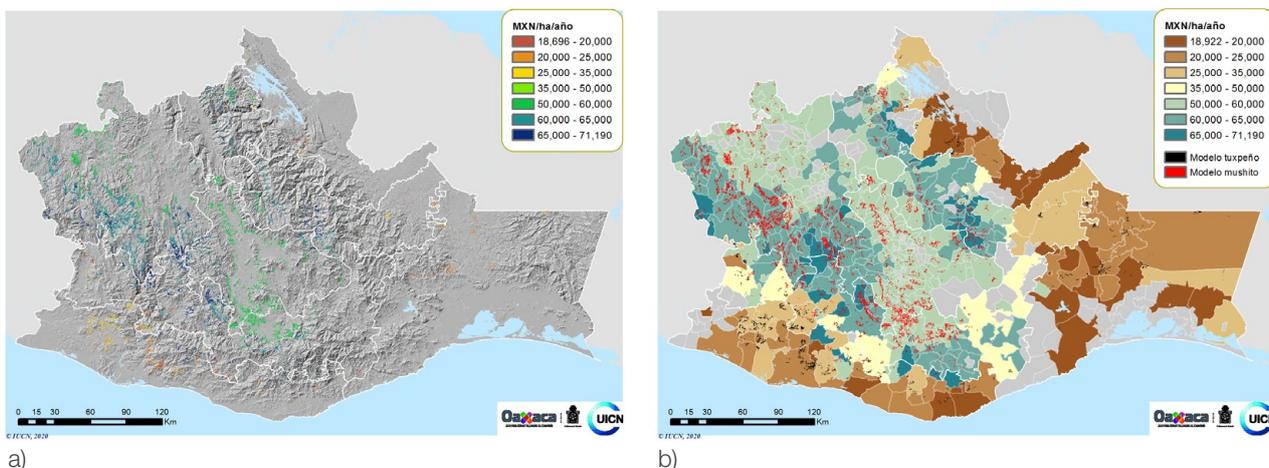
Con estos resultados económicos, delimitando el análisis a las áreas que responden a los criterios de viabilidad ambiental y seleccionando los pixeles con potencial productivo para las dos especies de maíz por arriba de un valor mínimo definido (>0.8 t/ha/año), se generó un mapa de valor presente neto para el modelo de milpa en ladera (**Figura 38.a**). Las áreas

de mayor rentabilidad, que se aproximan por sus condiciones óptimas a los valores de los indicadores económicos mencionados anteriormente, se encuentran particularmente concentradas en las regiones de la Mixteca (en particular los municipios de San Pedro Teozacoalco, San Mateo Sindihui, San Miguel Piedras, y Santa Inés de Zaragoza, entre otros), Sierra Sur (San Vicente Lachixío, Santa María Sola, San Ildefonso Sola, San Lorenzo Texmelúcan, Santa María Zaniza, y San Francisco Cahuacuá, entre otros) y Sierra Norte (San Pedro y San Pablo Ayutla, San Pablo Yaganiza, San Melchor Betaza, Villa Hidalgo, Mixistlán de la Reforma, y San Andrés Solaga, entre otros). En estas tres regiones, así como en Valles Centrales y Cañada las áreas de oportunidad para el modelo son representadas en gran mayoría por la milpa de clima templado, mientras en las regiones de Istmo, Costa, Papaloapan y en la parte baja de Sierra Sur, por el modelo de milpa tropical (**Figura 38.b**). Como se ha mencionado anteriormente, para el modelo de agave, hay que recordar que las áreas identificadas en este mapa representan las áreas de viabilidad según la zonificación de la matriz de salvaguardas ambientales y son más amplias que las áreas identificadas por el potencial de restauración, representando también una opción de buena práctica productiva para prevenir la degradación de las funciones ecosistémicas.

**Tabla 6.** Indicadores económico-financieros para los modelos a 20 años de milpa en ladera con frutales.

	Tasa de descuento social (4%)		Tasa de descuento de mercado (12%)	
	Modelo para clima templado	Modelo para clima tropical	Modelo para clima templado	Modelo para clima tropical
Valor presente neto total (MXN/ha)	1,423,807	630,756	645,397	303,134
Valor presente neto promedio (MXN/ha/año)	71,190	31,538	32,270	15,157
Tasa anual equivalente (MXN/ha)	104,766	46,412	86,405	40,583
Tasa interna de retorno (%)	79.8%	66.8%	79.8%	66.8%
Relación beneficios-costos (actualizados)	4.0	2.3	3.3	2.1

**Figura 38.** Mapa de valor presente neto para el modelo de MIAF en ladera a) en áreas de viabilidad ambiental, b) como valor promedio por municipio en áreas de viabilidad ambiental.



Fuente: Elaboración propia. Nota: Elaborada aplicando una tasa de descuento del 4% y considerando i) áreas de agricultura de temporal anual con pendiente entre 10% y 30%; ii) potencial productivo para maíz > 0.8 t/ha/año; y iii) altitud entre 0 y 1000 m para modelo tropical y entre 1000 y 2500 m para modelo de clima templado

### 3.2.3. Modelo agroforestal de café

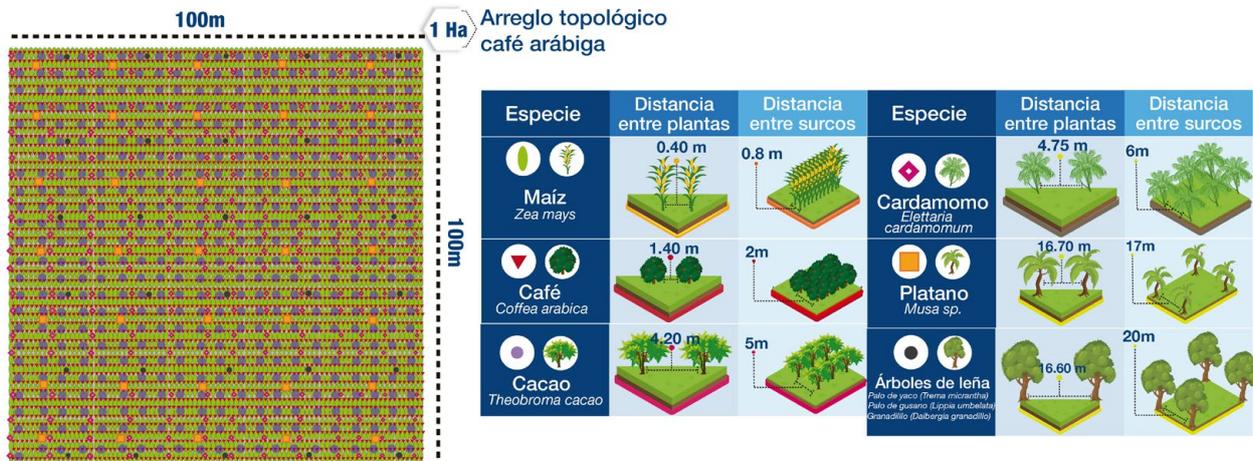
#### 3.2.3.1 Descripción

El cultivo de café en México representa uno de los principales productos agrícolas de exportación, además de recubrir una gran importancia social, al ser una de las principales fuentes de empleo en las zonas rurales (Ovando-Cruz, et al., 2017). La producción es considerada históricamente de baja calidad en comparación con otros países, a pesar de contar con una vocación natural idónea para producir cafés de alta calidad. Aún así la estructura de producción ha permitido a México permanecer por varios años como el principal productor mundial de café orgánico con 18 millones de toneladas anuales producidas por más de 60 mil productores (Flores-Vichi, 2015). La baja calidad y productividad de café deriva generalmente de la falta de inversión de capital y capacitación para aplicar paquetes tecnológicos más eficientes y variedades mejoradas (ASERCA, 2002). Por otro lado, el sector cafetalero ha sufrido de bajos rendimientos como consecuencia de las variaciones climáticas y de plagas y enfermedades como el problema de la roya y más recientemente

la enfermedad de la cereza del café causada por el hongo *Colletotrichum coffeanum*.

El cafeto pertenece al género *Coffea* y es un arbusto que forma parte de la familia de las Rubiáceas, que puede alcanzar entre 4 y 6 metros de altura. Existen más de 100 especies, sin embargo comúnmente sólo se conocen las dos principales: *Coffea arábica* y *Coffea canephora*, también conocida como robusta (SAGARPA, 2016). De estas dos variedades de café, el tipo arábica se caracteriza por ser el más producido en México (97%). La mayoría de las variedades arábicas no toleran la luz solar directa, por lo que es necesario establecerla debajo de la sombra de otro tipo de árboles, generalmente en áreas con altura por arriba de los 600 msnm, alcanzando los mejores rendimientos alrededor de los 1200 msnm. La producción promedio en las variedades arábicas son: Typica de 2.8 a 4.8 kg/cereza/planta, Borbón 5.1, Caturra de 4.9 a 8.9, Mundo Novo de 5.4 a 16.6, Garnica de 6.5 a 17.6, Catuái 6.7, Catimor de 5.2 a 9.4 y Robusta de 2.8 a 10.8 (ASERCA, 2002). En Oaxaca las plantaciones mantienen un porcentaje elevado de variedades criollas (típicas) entre las que destacan, el Borbón, Mundo Novo, Pluma, Caturra, y Catoin, entre

Figura 39. Arreglo topológico del modelo agroforestal con café arábica.



Fuente: Elaboración propia.

otras. Sin embargo, dentro de los últimos años se han introducido nuevas variedades tolerantes a roya como son el Oro azteca, la Marsellesa, el Gesha, el Colombia o Costa Rica, por mencionar algunas.

Por otro lado, el *Coffea canephora* (3% de producción nacional) se caracteriza por presentar un sabor más ácido y tener menor riqueza aromática, por lo que su precio es menor al café arábica y se destina principalmente a la industria del café soluble (CONABIO, 2015a). Se establece a nivel del mar hasta los 600-800 msnm y suele plantarse a pleno rayo de sol. Como mejor práctica, en nuestro modelo de restauración se propone su cultivo con un sistema agroforestal. Al ser un café que demanda mayor cantidad de luz solar, deben estimarse rangos de sombra entre 40 y 50%, pero nunca menores al 35%.

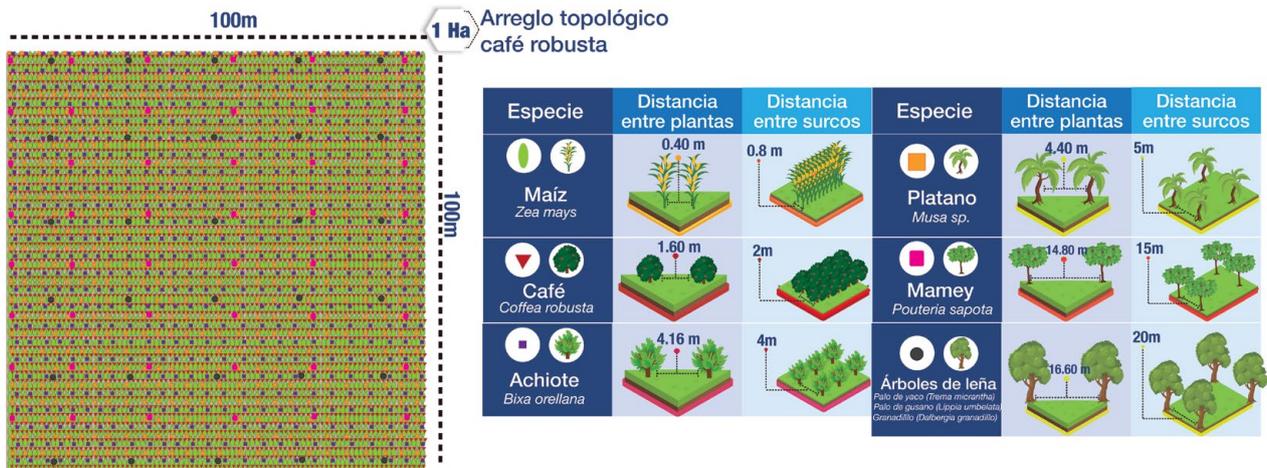
Ambos modelos agroforestales propuestos incluyen el manejo y la diversificación de cultivos integrados en el sistema café, proporcionando a la vez la cantidad de sombra requerida, producción agrícola complementaria al café y producción de leña. En asociación con café robusta, estos cultivos incluyen plátano (450 plantas/ha), mamey (45 plantas/ha) y achiote (600 plantas/ha); mientras asociados al agroforestal de arábica se están el cacao (467 plantas/ha), plátano (35 plantas/ha) y cardamomo (350

plantas/ha). El arreglo topológico de estas especies tiene que garantizar una cobertura de sombra proporcional en toda la parcela. En los dos modelos se considera un ciclo anual de milpa durante el primer año a fin de aprovechar el periodo de establecimiento de la plantación y con siembra intercalada entre las hileras de café, a una distancia entre surcos de 0.80 m y de 0.40 m entre matas de maíz. De acuerdo con el desarrollo de las plantas de café, podrá establecerse una segunda siembra de milpa con variedades de ciclo corto. Adicionalmente, se encuentra la siembra en baja densidad de árboles (35 árboles/ha) para producción de leña y especies forestales melíferas (30 árboles/ha), con distribución intercalada o dispersas, por lo que no se requiere un marco de plantación, sino más bien hacer una simulación de la distribución natural del bosque. El arreglo del cafetal puede ser en marco real o tresbolillo, con un máximo de 3,500 plantas/ha de arábica y 3,150 plantas/ha de robusta. Ambos modelos consideran el establecimiento de una componente apícola de hasta 25 colmenas para producción y venta de miel.

### 3.2.3.2. Resultados económicos

Los dos modelos agroforestales de café se caracterizan principalmente por las diferencias en adaptación a la altitud de las especies de café asociadas a cada modelo. Sin embargo, hay otros factores que inciden

Figura 40. Arreglo topológico del modelo agroforestal con café robusta.

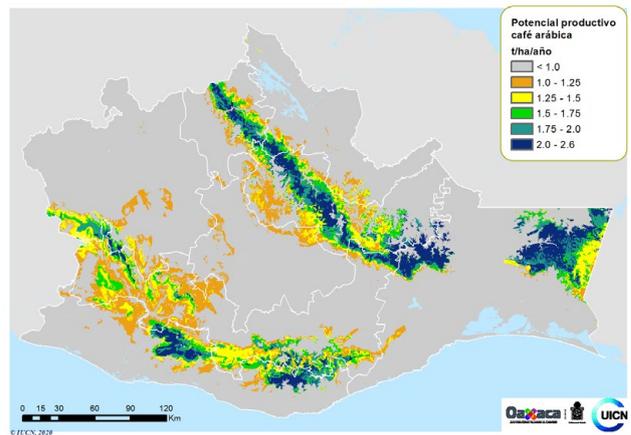


Fuente: Elaboración propia.

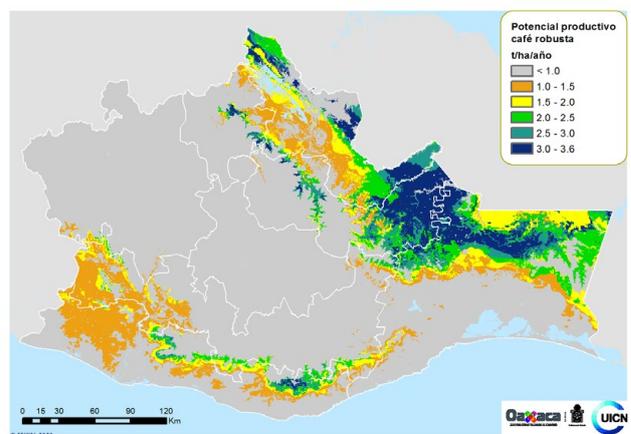
en la productividad potencial del café. Siguiendo la misma metodología de los modelos presentados anteriormente, se analizan parámetros climáticos, edafológicos y topográficos (ver **Tablas A.6.5 y A.6.6** en **Anexo VI**), asignando a cada parámetro (utilizando la metodología multicriterio de análisis jerárquica explicada en detalle en **Anexo VII**) un valor de ponderación que identifica su peso relativo sobre el nivel de productividad esperada. De esta forma se generaron mapas de productividad potencial para los modelos agroforestales de café arábica y robusta en proporción a las densidades del arreglo topológico y manejo propuesto para el cultivo (**Figura 41**).

Bajo condiciones productivas óptimas, el modelo agroforestal de café robusta tiene una rentabilidad más del doble respecto al modelo de arábica. Sin embargo, esto se debe a las otras especies productivas asociadas al cafetal. Si sólo se cultiva café, el arábica tiene menor rendimiento por hectárea (2.6 t/ha en comparación a las 3.6 t/ha del café robusta), pero mayor precio de mercado de la calidad robusta (50 MXN/kg contra 25 MXN/kg). Esto finalmente determina un mayor ingreso bruto anual (130,000 MXN/ha contra 90,000 MXN/ha) para el café arábica, con una estructura de costos similar para las dos especies de café. En el modelo de

Figura 41. Potencial productivo de las especies de café en el modelo agroforestal a) arábica, b) robusta.



a)



b)

Fuente: Elaboración propia.

robusta, los ingresos anuales por la producción de achiote (165,000 MXN/ha) y plátano (126,000 MXN/ha), este último con densidades de cultivo mucho mayores que en el modelo de arábica, superan los del café. Por otro lado, en el sistema agroforestal de arábica el cultivo de café se mantiene como principal fuente de ingresos del modelo. En ambos modelos el sistema de milpa, aplicado solamente en el primer año, reduce considerablemente el peso del costo de inversión inicial (**Figura 42**) a pesar de un flujo de caja negativo en los primeros dos años. A partir del tercer año ambos modelos empiezan a producir utilidades, con un incremento mucho más marcado

para el modelo de robusta debido, en particular, a los ingresos de la producción de plátano que alcanza su rendimiento máximo, al contrario del achiote que alcanza su nivel de productividad máxima a partir del año 5.

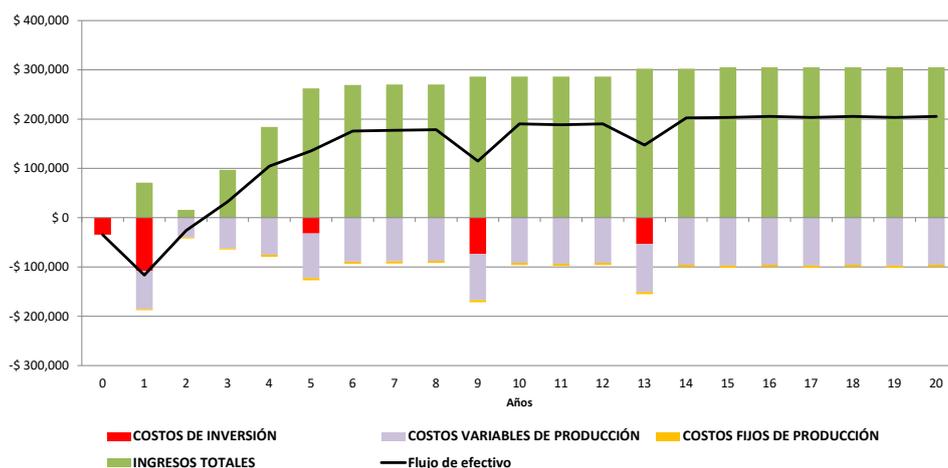
---

 Jornales requeridos: 286-334 por ha/año  
 Generación de empleos directos: 1.13-1.32 por ha/año  
 Costo de transición: 217,600-221,800 MXN/ha

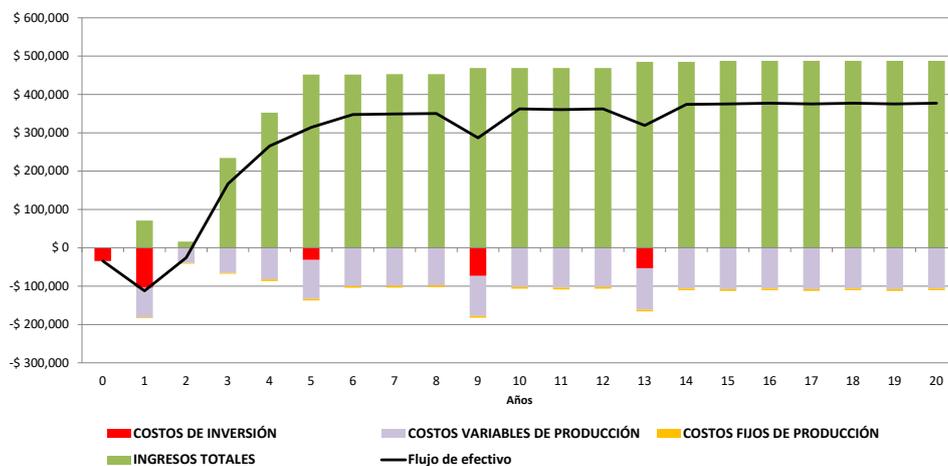
---

**Figura 42.** Flujo de caja para el modelo agroforestal de café (MXN/ha).

a) Flujo de efectivo del modelo agroforestal de café arábica (milpa, plátano, cacao, cardamomo, apicultura, leña)



b) modelo agroforestal de café robusta (milpa, plátano, achiote, mamey, apicultura, leña)



El diferente aporte de los cultivos asociados determina el impacto sobre la tasa interna de retorno y el valor presente neto. Ambos valores resultan ser positivos con niveles por encima de la tasa de mercado y competitivos en comparación con otros usos agrícolas del suelo (**Tabla 7**). Sin embargo, el valor presente neto del modelo agroforestal de robusta es más del doble del respectivo modelo de arábica.

Con respecto a la componente de costos, el costo total (con valor actualizado) del modelo agroforestal de café arábica es de 1,458,881 MXN/ha y 816,226 MXN/ha, aplicando respectivamente una tasa de descuento del 4% y 12%. El costo de transición, que agrega todos los costos del establecimiento del modelo y del primer año de producción es de 221,835 MXN/ha. Por otro lado, el costo total actualizado del modelo de robusta es de 1,571,132 MXN/ha (con tasa del 4%) y 867,027 MXN/ha (con tasa del 12%), mientras el costo de transición es de 217,644 MXN/ha.

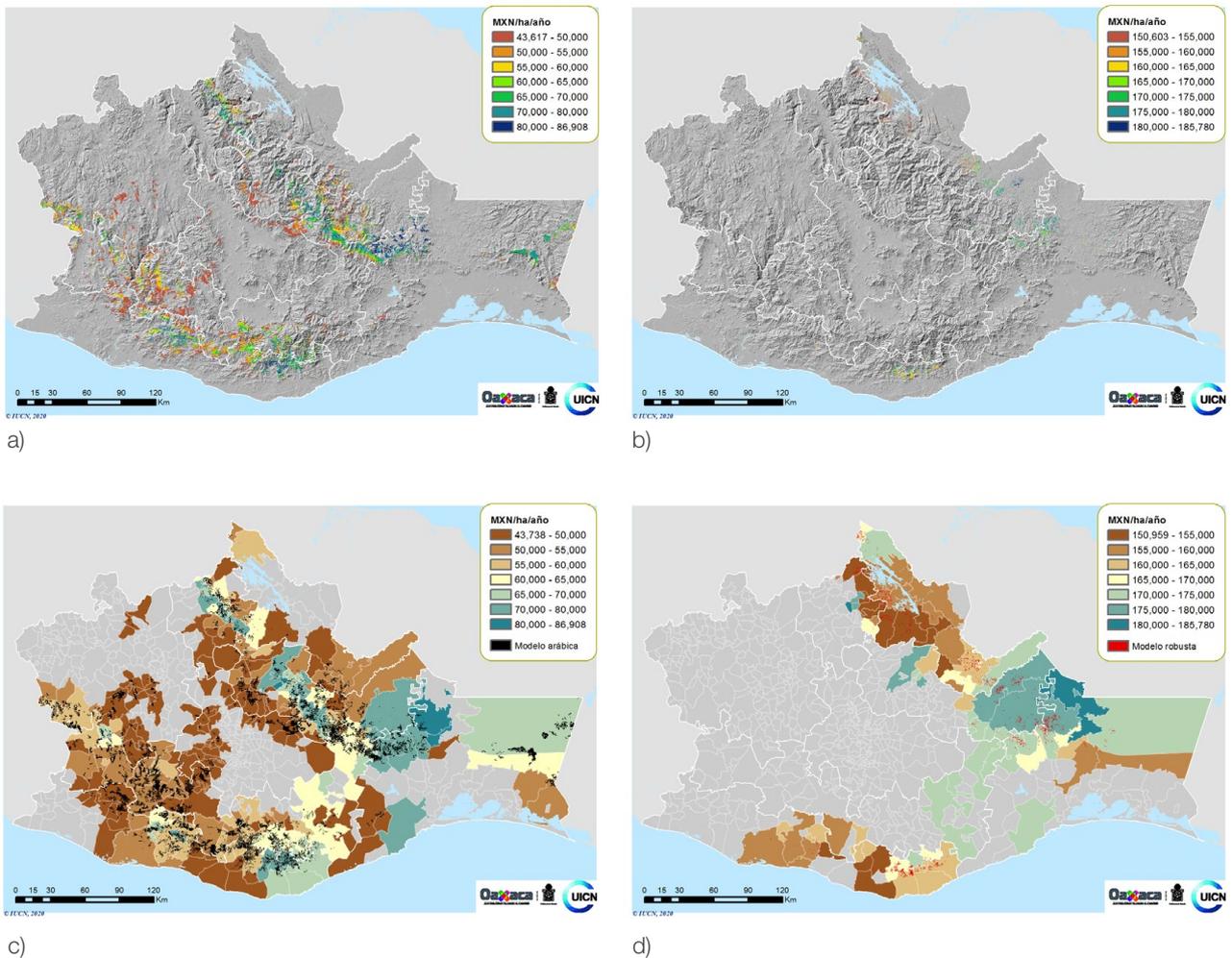
Con estos resultados económicos, delimitando el análisis a las áreas que responden a los criterios de viabilidad ambiental y seleccionando los pixeles con potencial productivo de café por encima de un valor mínimo definido (>1 t/ha/año), se generaron mapas de valor presente neto para ambos modelos agroforestales de café (**Figura 43.a** y **Figura 43.b**). Bajo estos criterios, el modelo agroforestal de café

arábica tiene mayor potencial en el alto Istmo, en la parte central de la Sierra Norte, en la Cañada y en la parte alta de la zona oriental de la región Costa. Destacan los municipios de Santiago Yaitepec, Santa María Temaxcaltepec, Pluma Hidalgo, Candelaria Loxicha, San Pedro el Alto, y San Mateo Piñas en la región Costa; San Juan Guichicovi, Santo Domingo Petapa, Guevea de Humboldt, Santa María Guienagati, y Santiago Lachiguiri en la región del Istmo; San Juan Mazatlán, Santiago Ixcuintepec, Tamazulnepam, Santa María Tlahuitoltepec, Mixistlán de la Reforma, Villa Hidalgo, San Melchor Betaza, San Andrés Yaa, San Andrés Solaga, San Juan Tabaá, San Cristóbal Lachirioag, San Ildefonso Villa Alta, Tanetze de Zaragoza e Ixtlán de Juárez, en la región de Sierra Norte; San Pedro Sochiapam, San Francisco Chapulapa, Santa Ana Cuauhtémoc, y Mazatlán Villa de Flores en la región de la Cañada (**Figura 43.c**). Considerando café robusta, las áreas de viabilidad y con mayor potencial económico abarcan el alto Istmo y la zona Mixe de la Sierra Norte. Por rentabilidad y extensión de áreas, destacan los municipios de San Juan Cotzocón y San Juan Mazatlán en la región de Sierra Norte y San Juan Guichicovi en la región Istmo (**Figura 43.d**). Todos estos municipios tienen potencial para implementar modelos agroforestales de café bajo un enfoque de restauración funcional del paisaje en áreas degradadas, o como buena práctica productiva para prevenir la degradación.

**Tabla 7.** Indicadores económico-financieros para los modelos agroforestales de café a 20 años.

	Tasa de descuento social (4%)		Tasa de descuento de mercado (12%)	
	Modelo de café arábica	Modelo de café robusta	Modelo de café arábica	Modelo de café robusta
Valor presente neto total (MXN/ha)	1,738,151	3,715,610	701,559	1,668,427
Valor presente neto promedio (MXN/ha/año)	86,908	185,780	35,078	83,421
Tasa anual equivalente (MXN/ha)	127,896	273,401	93,924	223,367
Tasa interna de retorno (%)	42.4%	74.8%	42.4%	74.8%
Relación beneficios-costos (actualizados)	2.2	3.4	1.9	2.9

**Figura 43.** Mapa de valor presente neto para el modelo agroforestal de café a) en áreas de viabilidad ambiental para arábica, b) en áreas de viabilidad ambiental para robusta, c) como valor promedio por municipio para el modelo de arábica, d) como valor promedio por municipio para el modelo de robusta.



Fuente: Elaboración propia. Nota: Elaborada aplicando una tasa de descuento del 4% y teniendo en cuenta i) potencial productivo para café arábica/robusta > 1 t/ha/año ii) para el modelo de café arábica, áreas de vegetación secundaria arbustiva y herbácea y predios cafetaleros existentes en zonas de altitud entre 600-2500 m y con pendiente inferior al 45%; iii) para el modelo de café robusta, solamente en predios cafetaleros existentes entre 50-600 m de altitud y con pendiente inferior al 45%.

### 3.2.4 Modelo silvopastoril de conservación

#### 3.2.4.1 Descripción

El reto de la ganadería moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche en forma

acelerada y sostenible, de tal manera que permita suplir la creciente demanda de la población a la vez de garantizar la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente. El sistema de producción silvopastoril constituye una excelente alternativa para cumplir con los criterios socioeconómicos

de la producción sostenible (López-Portillo, 2010) Un sistema silvopastoril (SSP) es una forma de producción animal que combina ganado, pasto y árboles y/o arbustos (leñosos perennes) en una misma área. Los tres componentes interactúan por medio de un sistema de manejo integral que permite que los árboles desplieguen funciones benéficas sobre el pasto y el ganado. Al ordenar, adecuar e integrar los componentes de la unidad de producción se tienen múltiples beneficios, por ejemplo mayor producción de forraje, carne y leche, además al diversificar la producción se pueden obtener miel y madera. Este manejo integrado repercute positivamente en el suelo, agua, clima, microfauna y biodiversidad del paisaje en general. Cualquier especie arbórea puede ser utilizada en un SSP, sin importar especie, función y características de los árboles y/o arbustos. Lo primordial es tomar en cuenta las características del rancho y las necesidades de la familia productora (Jiménez-Trujillo & Sepúlveda-López, 2015).

La introducción de árboles y arbustos en los potreros tiene múltiples beneficios para los animales, entre los que se pueden mencionar (López-Portillo, 2010): la reducción de las temperaturas extremas (en condiciones tropicales la disminución de temperatura por la sombra varía entre 2-3 °C y hasta 10 °C) incrementando la producción animal por reducción de estrés calórico; el incremento en la eficiencia de conversión alimenticia, mejorando la ganancia de peso y producción de leche; una reproducción más temprana, mayor fertilidad, regularidad en los ciclos de pariciones y alargamiento de la vida reproductiva, y ventajas con relación a la producción de pastura, propiciando un microclima ideal para la producción de forraje, además de la presencia de especies leguminosas fijadoras de nitrógeno, lo que permite reemplazar los fertilizantes nitrogenados y reducir los costos de fertilización.

Desde la perspectiva ecológica los SSP promueven la restauración de suelos degradados donde la capa arbórea y arbustiva cumple con las funciones

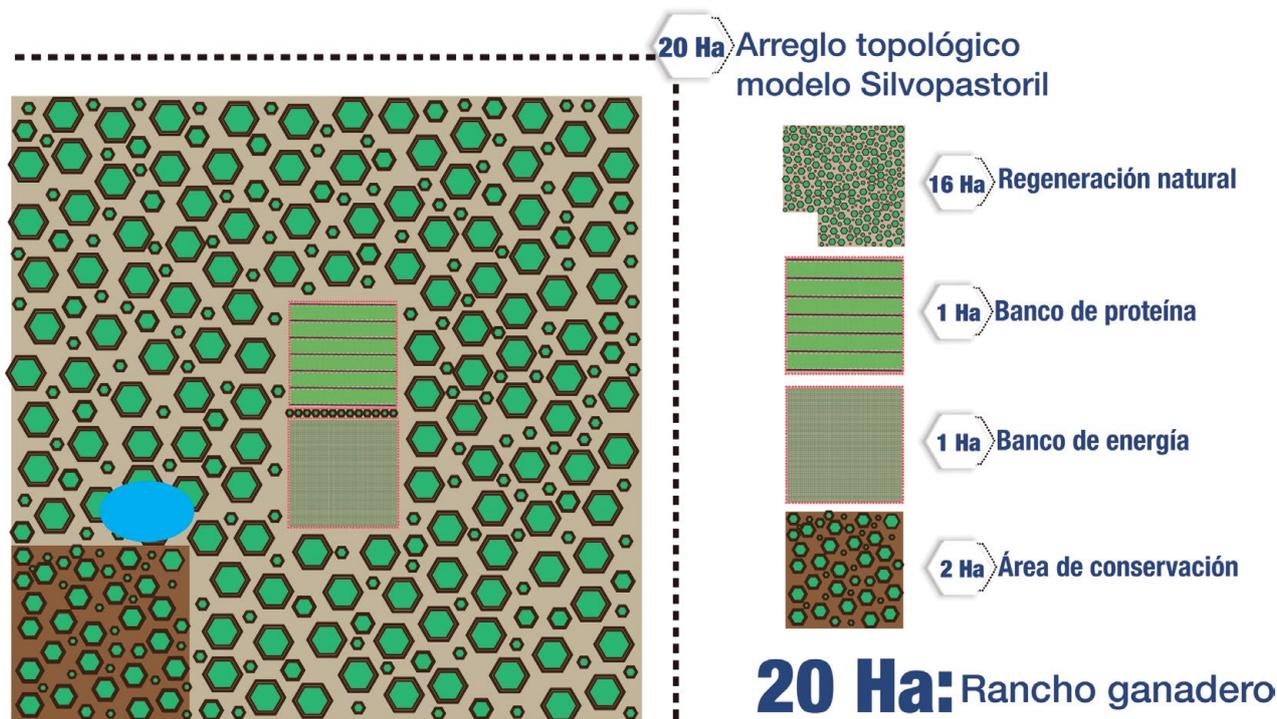
ecológicas de protección al suelo y disminuye los efectos directos del sol, el agua y el viento. Esta acción modifica la estructura del suelo con un incremento de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, así como un mejor contenido de humedad del suelo (Alonso, 2011). Adicionalmente, al combinar árboles y arbustos de raíces más profundas los SSP favorecen una mayor captura y almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y en el suelo. Finalmente, produciendo un aumento significativo en la macro fauna del suelo, las aves y los insectos asociados al sistema, los SSP pueden desempeñar una función importante en la implementación de corredores biológicos y conservación de la biodiversidad (Alonso, 2011).

El modelo silvopastoril sugerido es resultado de la conversión de la ganadería convencional a ganadería sustentable, por lo cual no contempla la apertura de nuevas áreas ganaderas y se propone en zonas degradadas de pastizales inducidos o cultivados con pendientes de hasta 45%. Es un modelo de doble propósito (producción de carne y leche) con ganado de raza cebuina de cruce europeo y sistema vaca-cría que alcanza una capacidad de carga animal de 3-4 UA/ha, considerando una parcela de 20 ha.

El modelo integra tres componentes en el sistema de producción: un componente arbóreo, que provee de sombra, follaje, protección al suelo, captura de carbono e ingresos económicos por producción y venta de leña; componente pastura, como principal fuente de alimento para el ganado; y componente animal (ganadería y apicultura), como principal producto para comercialización y obtención de ingresos. Las interacciones entre los tres componentes determinan las contribuciones que la implementación del modelo aporta a la restauración del paisaje.

El esquema de implementación del modelo silvopastoril requiere apartar el 10% de la superficie del predio para establecerse como área de conservación, donde no se permitirá el pastoreo de ganado ni se

Figura 44. Arreglo topológico general del modelo silvopastoril.



Fuente: Elaboración propia.

realizarán labores de cultivo de pastos y herbáceas. En esta zona se permitirá la regeneración natural de la vegetación para mejorar la conectividad en el agro-paisaje y recuperar las funciones ecosistémicas, además de considerar el establecimiento de una componente apícola de 25 colmenas para producción y venta de miel y colmenas. El resto de la superficie es destinada a la producción y se divide en 3 áreas, asignando un 80% para regeneración natural y posterior uso ganadero de manera escalonada, 10% para el establecimiento de bancos de energía, y el 10% restante para banco de proteína, con un arreglo de plantación distinto para cada una de las áreas que en total suman 18 ha bajo producción.

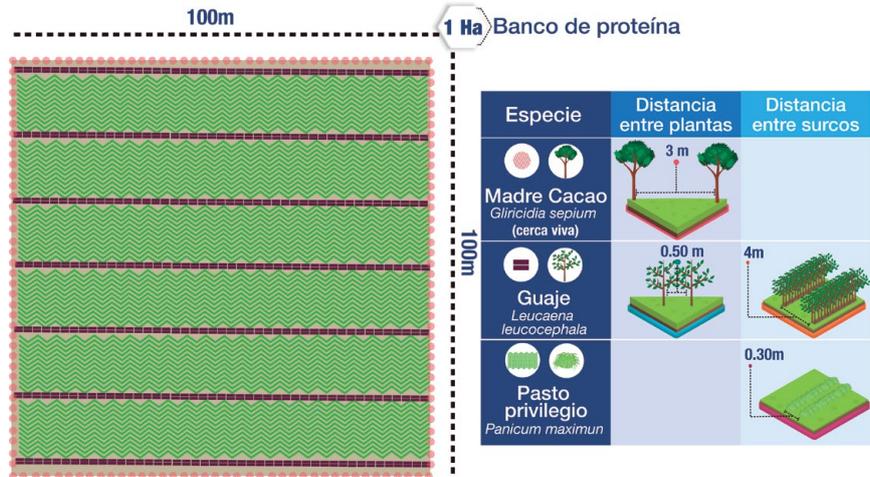
El banco de proteína contempla la integración de pasto privilegio, con 10,000 plantas/ha de leucaena

(*L. leucocephala*) y 132 plantas/ha de *Gliricidia sepium* como cerca viva. En el banco de energía se considera pasto Cuba 22. El área destinada a regeneración natural integra especies arbustivas locales con una densidad mínima de 10,000 plantas/ha, *Gliricidia sepium* con 150 individuos por hectárea y pasto privilegio o *Panicum máximum* con una densidad de 6,000 m<sup>2</sup>/ha.

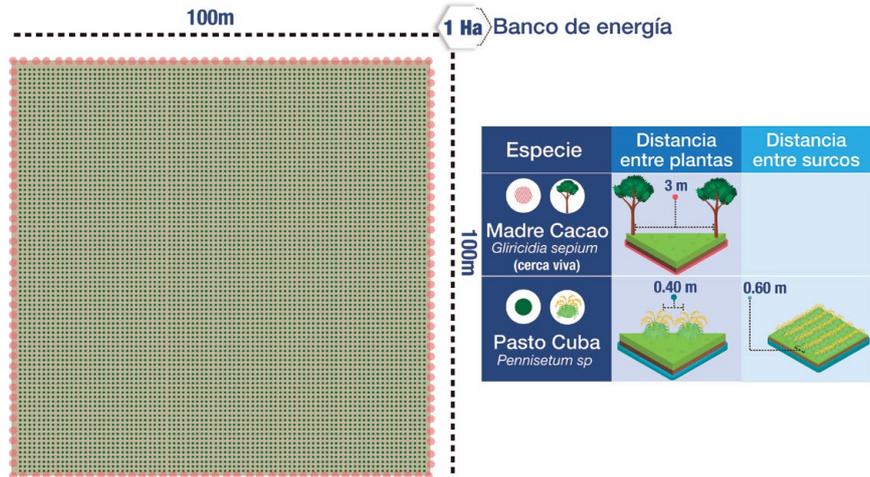
-  Jornales requeridos: 30 por ha/año
-  Generación de empleos directos: 0.12 por ha/año
-  Costo de transición: 32,700 MXN/ha

Figura 45. Detalles de arreglo topológico del modelo silvopastoril.

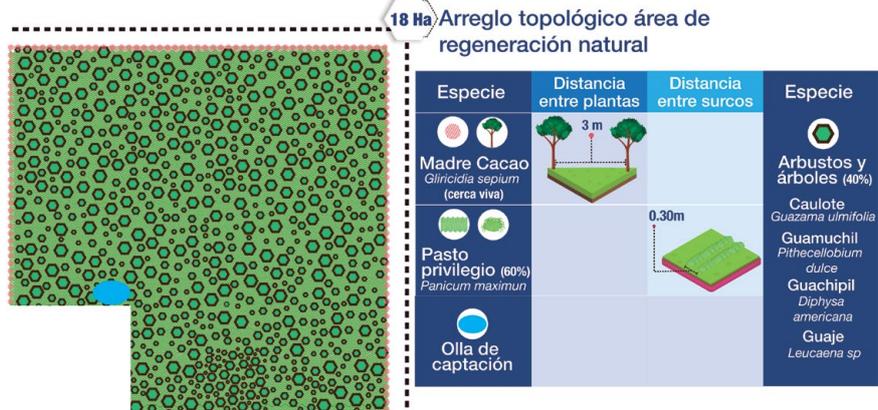
Banco de proteína



Banco de energía



Área de regeneración natural

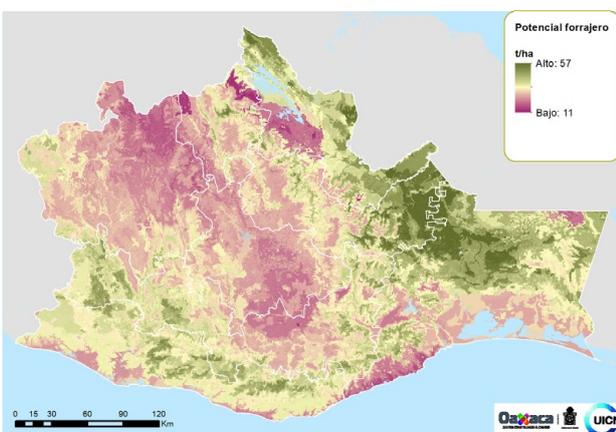


Los resultados económicos del modelo silvopastoril dependen en buena medida de las condiciones agroclimáticas que permiten lograr un nivel de producción de forraje adecuado. La disponibilidad de forraje se mapeó a partir de los requerimientos agroclimáticos de las especies de pasto y arbustos que se utilizan para el forrajeo animal. Los arbustos incluyeron a la leucaena, para el banco de proteína, y al ramón, como proxy de las especies arbustivas que crecen espontáneamente en el área de pastoreo por regeneración natural. Según las especificaciones del modelo, se ajustó el peso relativo de cada componente forrajera con base en el porcentaje de superficie cubierta en la unidad productiva de 20 hectáreas, donde el pasto ocupa el 60% de las 16 ha de regeneración natural, 62.5% de la hectárea de banco de proteína y el 100% de la hectárea de banco energético; la leucaena el 37.5% del banco de proteína; y el ramón (usado como referencia para todas las especies arbustivas) el 40% de las 16 ha bajo regeneración natural. Aplicando estas proporciones y después de estimar y ponderar el impacto de los parámetros agroclimáticos y edafológicos sobre la productividad potencial de cada especie forrajera (ver **Tablas A.6.7, A.6.8 y A.6.9 en Anexo VI**), se generó un mapa de productividad potencial donde en cada pixel (del tamaño de 1 ha) se estima la producción

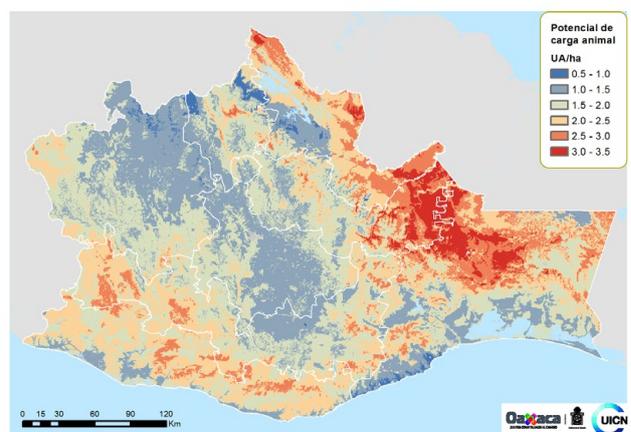
anual de materia verde de forraje por hectárea, como valor promedio teniendo en cuenta la unidad productiva de 20 ha (**Figura 46.a**). Este mapa permite estimar la capacidad de carga animal asumiendo un consumo diario de forraje igual al 10% del peso del ganado y considerando una unidad animal (UA) con un peso de 450 kg (**Figura 46.b**). Del análisis se nota que las áreas que pueden sostener la carga animal de 3 UA/ha que asume el modelo bajo condiciones óptimas, tienen un potencial para producir alrededor de 50 t/ha de materia verde de forraje al año, con un máximo de 57 t/ha donde se alcanza una capacidad de carga animal de hasta 3.5 UA/ha. Estas áreas de más alto potencial coinciden con las regiones del bajo Mixe, en la Sierra Norte; Istmo, y la parte sur-oriental de la región del Papaloapan.

El modelo silvopastoril presenta una rentabilidad por hectárea inferior a los otros modelos productivos de restauración, sin embargo, se trata de un esquema que aplica a grandes extensiones de terreno según las características típicas de la actividad ganadera. El factor de escala tiene que ser tomado en cuenta en la evaluación del modelo. Bajo estas consideraciones, el valor presente neto alcanza un nivel interesante para este tipo de actividad económica y su tasa interna de retorno nos dice que es una inversión rentable para el mercado (**Tabla 8**).

**Figura 46.** Potencial productivo para el modelo silvopastoril de conservación a) potencial forrajero, b) potencial de carga animal.



a)



b)

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.** Indicadores económico-financieros a 20 años para el modelo silvopastoril de conservación.

	Tasa de descuento social (4%)	Tasa de descuento de mercado (12%)
Valor presente neto total (MXN/ha)	303,489	129,100
Valor presente neto promedio (MXN/ha/año)	15,174	6,455
Tasa anual equivalente (MXN/ha)	22,331	17,284
Tasa interna de retorno (%)	50.5%	50.5%
Relación beneficios-costos (actualizados)	3.0	2.4

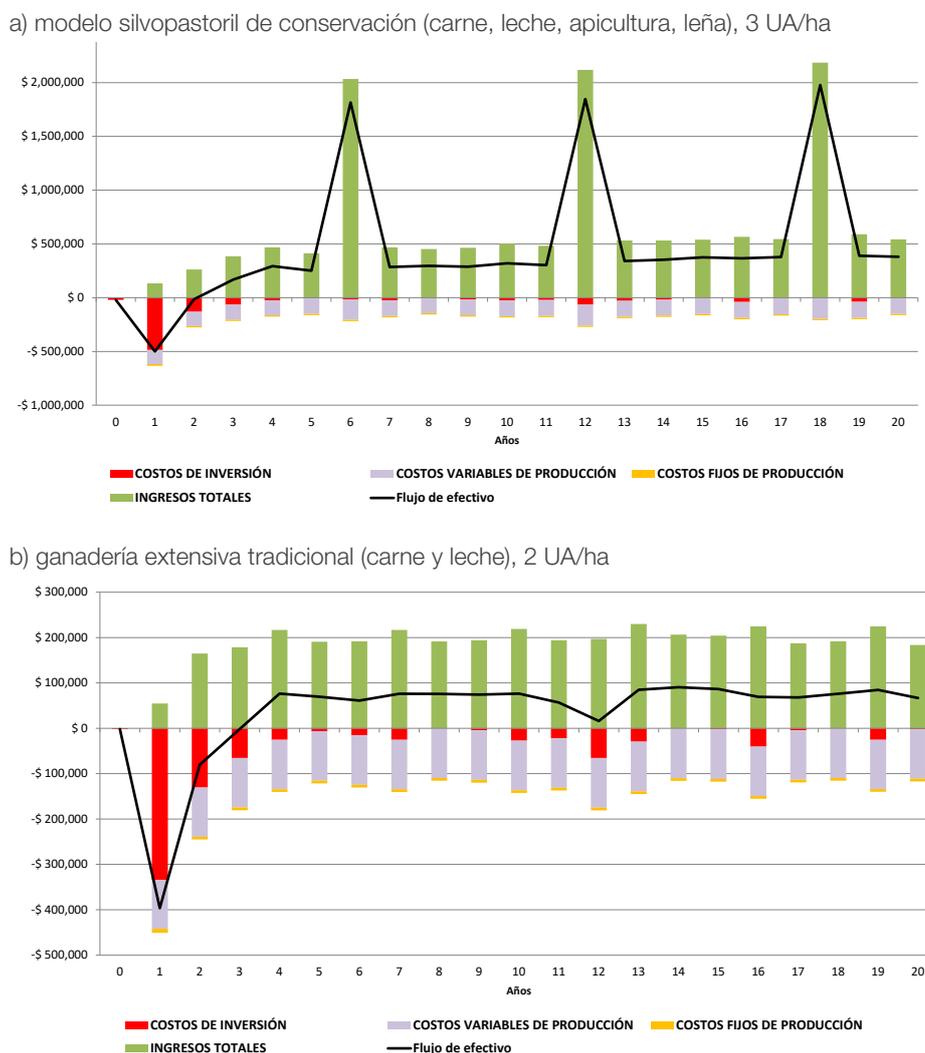
El flujo de caja del modelo silvopastoril se caracteriza por una fuerte inversión inicial, alrededor de 500,000 MXN en el año 1, y valores negativos durante los primeros dos años (**Figura 47.a**). A partir del tercer año el modelo genera una utilidad en los ingresos netos, en particular debido al incremento de la producción de leche. Durante este primer periodo el ingreso de la actividad apícola aporta de forma importante al abatimiento del flujo de caja negativo, representando el 36% de los ingresos durante los primeros dos años. Alrededor del año 17, el modelo alcanza su régimen máximo cuando el hato ganadero se estabiliza en 60 UA/ha y los ingresos netos anuales alcanzan los 380,000 MXN. Cada seis años hay picos de flujo de efectivo debido a la venta de la leña cosechada en las 16 ha del área de regeneración natural. En comparación, un esquema tradicional de ganadería extensiva (**Figura 47.b**), donde se asume ramoneo en pastizales sin establecimiento de banco de proteínas y banco energético, se caracteriza por un flujo de efectivo que no supera los 100,000 MXN/año. Esta diferencia se debe en primera instancia a la menor capacidad de carga animal de la ganadería extensiva tradicional, que en condiciones óptimas no supera las 2 UA/ha contra las 3 UA/ha del modelo silvopastoril. Además, no se beneficia de las entradas complementarias de cosecha de leña y apicultura. Cabe destacar que a pesar de que el pastoreo ocupa

por entero las 20 ha de la unidad productiva por no tener áreas dedicadas a la conservación, este factor no compensa por la menor carga animal por hectárea.

Analizando la estructura de costos, el costo total (con valor actualizado) del modelo silvopastoril de conservación considerando el periodo de 20 años, suma 154,791 MXN/ha y 95,001 MXN/ha, aplicando respectivamente una tasa de descuento del 4% y 12%. El costo de transición, que agrega todos los costos del establecimiento del modelo y del primer año de producción es de 32,700 MXN/ha.

Comparando los indicadores económicos de ganadería tradicional y modelo silvopastoril se puede apreciar que la ganadería extensiva, teniendo una tasa de descuento del 4%, resulta un valor presente neto casi nulo, 767 MXN/ha/año, comparado al modelo silvopastoril propuesto, 15,174 MXN/ha/año (**Tabla 9**). Este valor considera también el costo oportunidad del trabajo invertido por el propietario del predio y demuestra cómo la ganadería tradicional es una actividad de autoempleo que no genera riqueza adicional para el ganadero, por lo menos a esta escala de unidad productiva. Además, la tasa interna de retorno del 9.9% es por debajo de la tasa de mercado del 12%. Esto implica que aplicando una tasa de descuento del 12%, el valor presente neto del modelo ganadero tradicional sería negativo.

**Figura 47.** Comparación entre flujo de caja para el modelo silvopastoril de conservación y esquema de ganadería extensiva tradicional (MXN/20ha).



Es interesante también comparar el modelo de silvicultura de conservación con el mismo modelo productivo que abarca por entero las 20 ha de la unidad productiva, sin reservar 2 ha a la conservación de la vegetación natural (**Tabla 9**). En este caso el incremento de área disponible en la unidad productiva, también incrementa la carga animal de 3 a 3.3 UA/ha como promedio en las 20 ha de la unidad. Sin embargo, la rentabilidad económica no presenta diferencias substanciales porque el mayor ingreso de la actividad ganadera es compensado por la pérdida de la actividad apícola, que se llevaba a cabo en el área dedicada a la conservación. Esto indica que designando el 10% de la unidad

productiva a la conservación no representa un costo oportunidad relevante para el modelo silvopastoril propuesto. Esto sin tomar en cuenta el valor de los servicios ecosistémicos asociados a esta porción de la unidad productiva que se podría beneficiar de algún esquema de pago de servicios ambientales o de captura de carbono para compensar la diferencia de rentabilidad entre los dos modelos productivos.

Con base en estos resultados se estimó la distribución del valor presente neto (**Figura 48.a**) para el modelo silvopastoril de conservación en áreas ganaderas existentes con pendiente menor del 40% (matriz de viabilidad ambiental del mapa

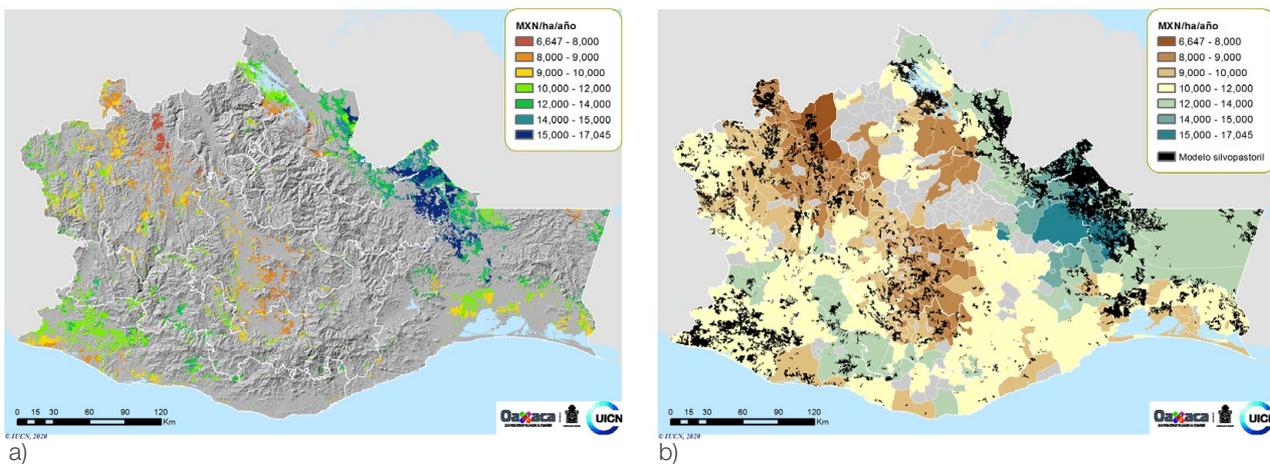
**Tabla 9.** Comparación de parámetros económico-financieros entre el modelo silvopastoril de conservación, silvopastoril sin-conservación y ganadería extensiva tradicional doble propósito.

	Modelo tradicional de ganadería extensiva (carne y leche) 2 UA/ha	Modelo silvopastoril sin área de conservación (carne, leche, leña) 3.3 UA/ha	Modelo silvopastoril con área de conservación (carne, leche, leña, apicultura) 3 UA/ha
Valor presente neto total (MXN/ha)	15,343	333,361	303,489
Valor presente neto promedio (MXN/ha/año)	767	16,668	15,174
Tasa anual equivalente (MXN/ha)	1,129	24,529	22,331
Tasa interna de retorno (%)	9.9%	53.8%	50.5%
Relación beneficios-costos (actualizados)	1.1	3.5	3.0
Promedio jornales (jornales/ha/año)	27	27	30

de zonificación) y aplicando el mapa de potencial de carga animal estimado anteriormente. Las áreas con mayor rentabilidad se concentran en las regiones con más alta productividad forrajera por presentar mejores condiciones agroclimáticas y aptitud de suelo. Teniendo este valor como promedio a nivel municipal (**Figura 48.b**) destacan los municipios de San Juan Mazatlán (región Sierra Norte) y San Juan Guichicovi (Istmo), con condiciones óptimas para la implementación del modelo, seguidos por

San Juan Cotzocón (Sierra Norte) y Santiago Yaveo (Papaloapan) con un valor presente neto ligeramente inferior. Cabe mencionar una vez más, que las áreas identificadas en estos mapas consideran todas las áreas actualmente de uso ganadero (pastizales cultivados e inducidos) y representan tanto un modelo de restauración en áreas degradadas, como una opción de buena práctica productiva en áreas no degradadas.

**Figura 48.** Mapa de valor presente neto para el modelo silvopastoril de conservación a) en áreas de viabilidad ambiental, b) como valor promedio por municipio en áreas de viabilidad ambiental.



Fuente: Elaboración propia. Nota: Elaboradas aplicando una tasa de descuento del 4% y considerando áreas de pastizales cultivados o inducidos con pendiente menor del 40%.

### 3.3. Identificación de oportunidades de restauración funcional del paisaje para el Estado de Oaxaca

El análisis de degradación del paisaje identificó 1.63 millones de hectáreas donde la función del paisaje, definida por el conjunto de sus funciones ecosistémicas, no logra proporcionar un nivel de servicios ecosistémicos adecuado para mantener el mismo nivel de bienestar para la población humana y el entorno ecológico. Un paisaje funcional es prerrogativa indispensable para asegurar la sustentabilidad a largo plazo de las actividades económicas en el territorio y para promover condiciones favorables a la adaptación y resiliencia de los sistemas productivos. Para promover la recuperación y restauración de estas funciones ecosistémicas degradadas se han propuesto y analizado en detalle cuatro grupos de modelos productivos enfocados cada uno en una cadena de valor específica: agave, café, maíz (milpa) y carne/leche. Para estos modelos, que habían sido priorizados desde un principio por el gobierno estatal en el marco de la *Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva del Paisaje* (MIRPP), y otros modelos que se están considerando de forma más general (Restauración de manglar, Restauración ecológica/reforestación, Restauración para manejo de bosque secundario, Agricultura de conservación, Plantaciones forestales comerciales) se aplicó una matriz de zonificación que responde a la necesidad de definir zonas de viabilidad de los modelos según criterios de salvaguardas ambientales, para evitar impactos negativos que los mismos podrían generar si se implementan en áreas que no tienen características compatibles (p.ej. pendiente demasiado elevada para un sistema productivo) y para evitar cambios de uso de suelo no deseados. El cruce entre el mapa de zonificación, que procede de la matriz de salvaguardas, y el potencial de restauración, que procede del mapa de degradación,

identifica las oportunidades de restauración. Sin embargo, para generar el mapa de oportunidades se aplicó un paso adicional, integrando la información de potencial productivo generada para los cuatro grupos de modelos productivos que se han analizado en detalle. Eso implica que el mapa de oportunidades no solamente identifica áreas degradadas que tienen viabilidad ambiental para los modelos de restauración considerados, sino también estas áreas tienen que presentar características agroclimáticas, edafológicas y topográficas que garanticen un cierto nivel de productividad (viabilidad productiva) y de rentabilidad económica. Considerando que en el entorno social del Estado puede haber otros criterios, como por ejemplo la autosuficiencia alimentaria por autoconsumo de producción agrícola, que se consideren más indicativos de la mera rentabilidad económica, se prefirió tomar como referencia el rendimiento productivo, eliminando de las oportunidades de restauración las áreas que en los mapas de potencial productivo generados tienen valores por debajo de un nivel mínimo. Con este objetivo se aplicó un umbral de productividad ( $>30$  t/ha por ciclo para maguey en los modelos agroforestales de *Agave Americana* y *Angustifolia*;  $> 0.8$  t/ha/año para maíz en el modelo de milpa en ladera;  $>1.0$  t/ha/año para café en los modelos agroforestales de arábica y robusta;  $\geq 1$  unidad animal/ha como capacidad de carga animal mínima para el modelo silvopastoril) a los cultivos/productos que caracterizan cada modelo con base en las densidades propuestas o capacidad de carga animal. En el caso en que un cultivo de referencia no resultara directamente relacionado al consumo alimenticio (p.ej. café y agave), se consideró igualmente como proxy para los cultivos asociados y la viabilidad de todo el modelo.

Bajo estos supuestos se identificaron 1,385,037 ha de oportunidades de restauración en el Estado de Oaxaca (**Figura 49**). La diferencia entre esta extensión y la superficie de paisaje degradado anteriormente estimada (1,631,231 ha) se debe a esta restricción de nivel mínimo de productividad requerido. La

agricultura de conservación representa la actividad de restauración con mayores oportunidades en términos de extensión (**Tabla 10**), sin embargo, este modelo no se consideró como prioritario y por lo tanto no se ha generado una propuesta de restauración detallada para ello. Esto también en virtud de que el modelo no tiene un cultivo específico de referencia y se debería considerar una relativamente amplia serie de cultivos que actualmente caracterizan el uso agrícola en las áreas con menor pendiente (<5% según nuestra matriz de zonificación) en el Estado; cosa que implicaría desarrollar un portafolio de diferentes prácticas de agricultura de conservación, una por cada cultivo de referencia, requiriendo de un trabajo adicional y un nivel de detalle de análisis que va más allá del objetivo de diagnóstico presentado en este documento. Cabe destacar también las oportunidades identificadas para restauración ecológica y reforestación (271,958 ha). Recordando que la zonificación de estas acciones de restauración incluye en particular a las áreas de mayor pendiente, este tipo de intervención tendría particular relevancia para los servicios ecosistémicos hidrológicos y de conservación de suelo. Sin embargo, tratándose de un modelo exclusivamente de conservación sin enfoque productivo, el reto principal reside en el financiamiento de estas acciones a una escala de esa magnitud.

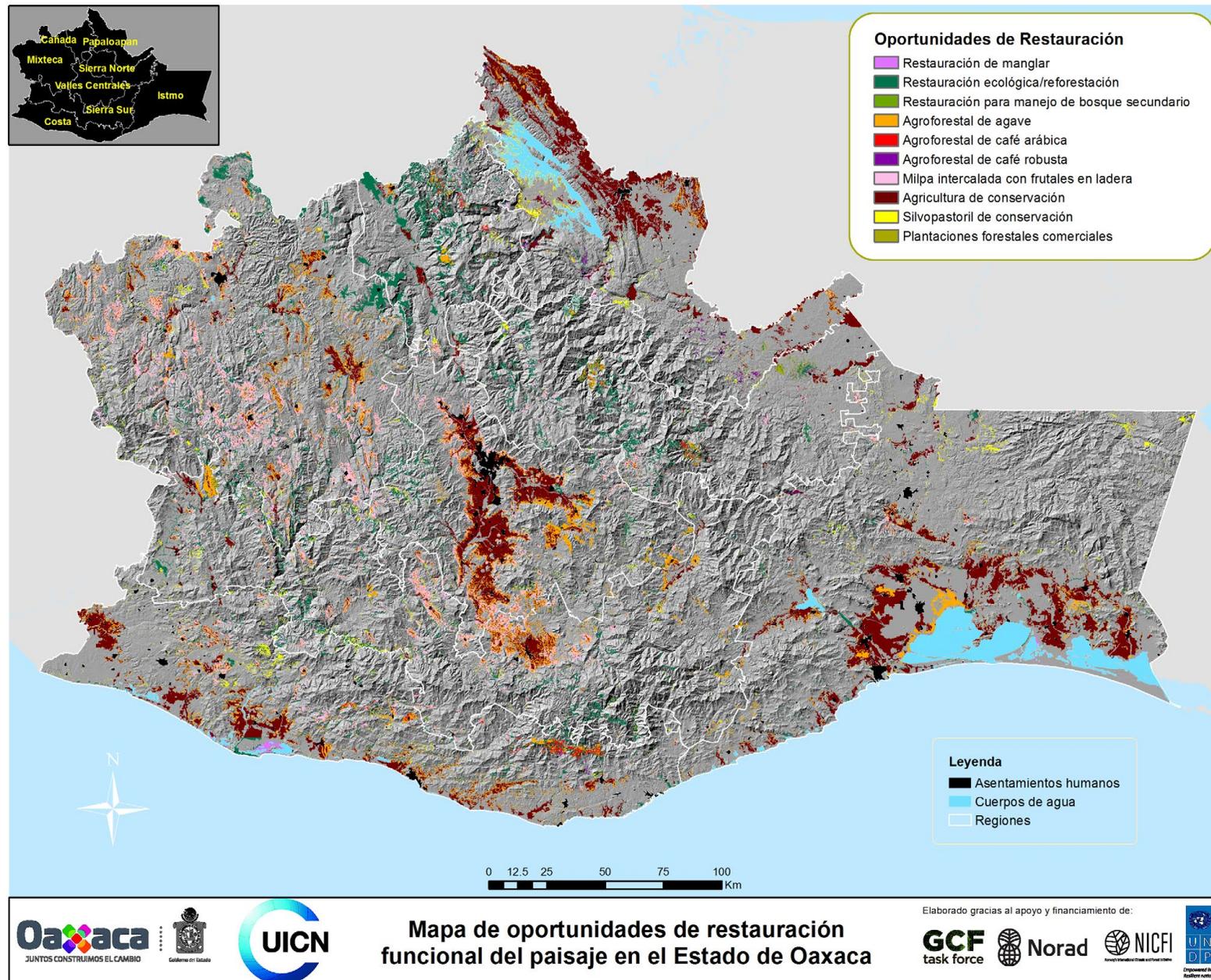
Interpretando los resultados para las prácticas de restauración priorizadas, el modelo de MIAF en ladera y el agroforestal de agave presentan las mayores oportunidades en términos de extensión. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el sector de producción de agave en Oaxaca, sin bien está en constante crecimiento, es relativamente limitado (no supera las 10,000 ha de superficie cultivada) por la extensión de oportunidades de restauración identificadas. Por otro lado, el modelo de MIAF en ladera está dimensionado a la realidad del uso actual del cultivo de temporal de maíz, alrededor de 464,000 ha de superficie cultivada, y representa una oportunidad más real para su implementación. De otra

forma, las oportunidades de restauración basadas en los modelos agroforestales de café y silvopastoril, se encuentran muy reducidas en comparación a la extensión del uso actual de referencia (las áreas bajo cultivo de café en Oaxaca suman actualmente 136,000 ha, mientras los pastizales inducidos y cultivados alrededor de 1.2 millones de hectáreas). Esto se debe a la relativamente baja degradación funcional del paisaje en predios cafetaleros existentes y en áreas ganaderas, también debido a que el análisis no considera el impacto de cambio de uso de suelo entre diferentes periodos, sino que solamente toma en cuenta el escenario de uso actual de suelo, según las consideraciones ya reportadas en el capítulo de degradación del presente documento. Esto implica que las áreas sin o de baja degradación no se registran en el potencial de restauración y consecuentemente reducen las oportunidades para estos modelos. Sin embargo, como se menciona más adelante, estas acciones de restauración son importantes, no solamente como oportunidades sino también como opciones de buenas prácticas para prevenir la degradación en áreas que aún no se encuentran afectadas.

Analizando los datos por región (**Figura 50**), la Mixteca tiene en general la mayor extensión de áreas de oportunidad, así como para los modelos de restauración basados en agroforestal de agave y milpa en ladera. Estos dos modelos se destacan como oportunidad también en las regiones de Valles Centrales y Sierra Sur. El modelo agroforestal de café arábica se concentra en particular en las regiones de la Costa, Sierra Norte y Cañada, mientras el modelo de café robusta en Sierra Norte, Cañada y Papaloapan. Por otro lado, el modelo silvopastoril se encuentra distribuido más uniformemente entre las diferentes regiones.

Hay que notar la importancia de cruzar estos datos con el potencial productivo y de rentabilidad para cada modelo, reportados en el presente documento. Esto permite identificar dentro de cada región, las

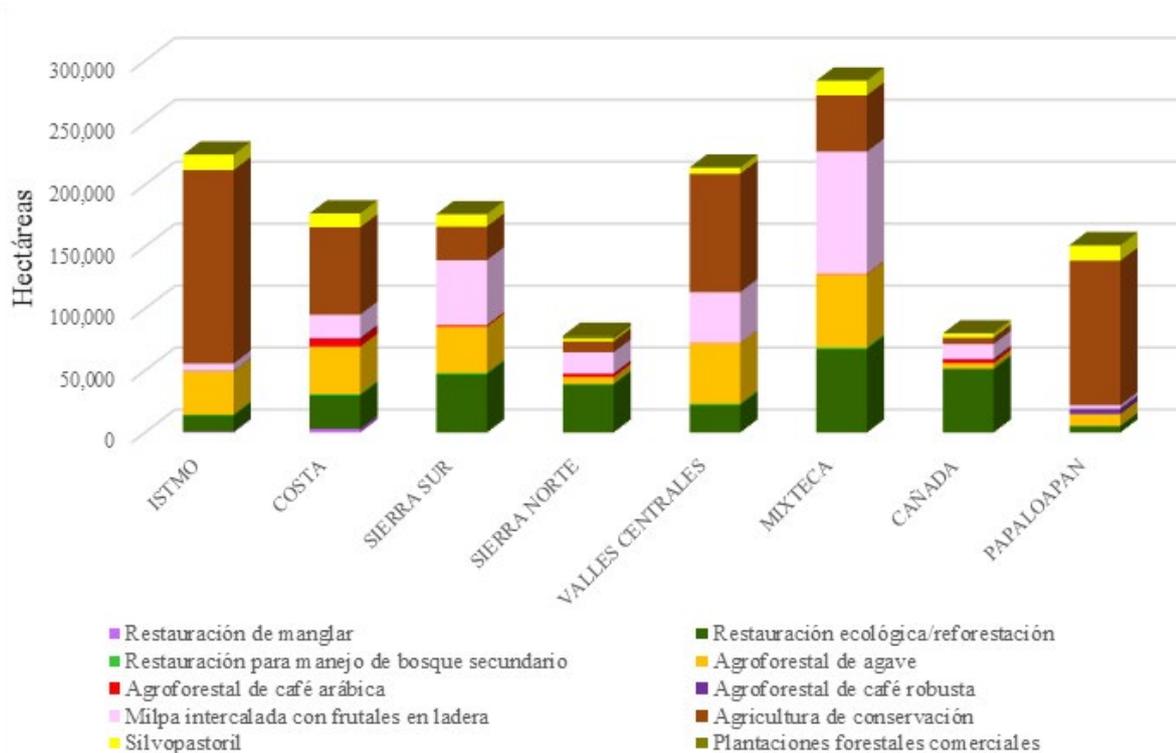
Figura 49. Mapa de oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca.



**Tabla 10.** Oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca (hectáreas).

Oportunidades de restauración	REGIONES								Sub-Total (hectáreas)
	Istmo	Costa	Sierra Sur	Sierra Norte	Valles Centrales	Mixteca	Cañada	Papaloapan	
Restauración de manglar	665	2,788	-	-	-	-	-	-	3,453
Restauración ecológica reforestación	13,097	27,224	46,918	38,761	22,266	67,282	51,317	5,093	271,958
Restauración para manejo de bosque secundario	690	1,130	1,230	538	1,052	1,374	281	308	6,603
Agroforestal de agave	34,844	38,173	37,266	5,518	48,851	58,953	4,488	9,412	237,505
Agroforestal de café arábica	24	6,223	1,297	2,419	111	380	2,544	152	13,150
Agroforestal de café robusta	366	847	2	447	-	-	878	4,298	6,838
Milpa intercalada con frutales en ladera	5,960	18,749	52,395	17,045	41,063	98,763	11,907	2,760	248,642
Agricultura de conservación	156,189	70,576	27,172	8,855	95,497	45,432	5,199	116,610	525,530
Silvopastoril de conservación	12,438	11,166	9,997	2,242	5,082	11,877	3,403	12,412	68,617
Plantaciones forestales comerciales	48	-	-	2,362	-	-	-	331	2,741
	<b>224,321</b>	<b>176,876</b>	<b>176,277</b>	<b>78,187</b>	<b>213,922</b>	<b>284,061</b>	<b>80,017</b>	<b>151,376</b>	<b>1,385,037</b>

Figura 50. Oportunidades de restauración funcional del paisaje en Oaxaca, por región.

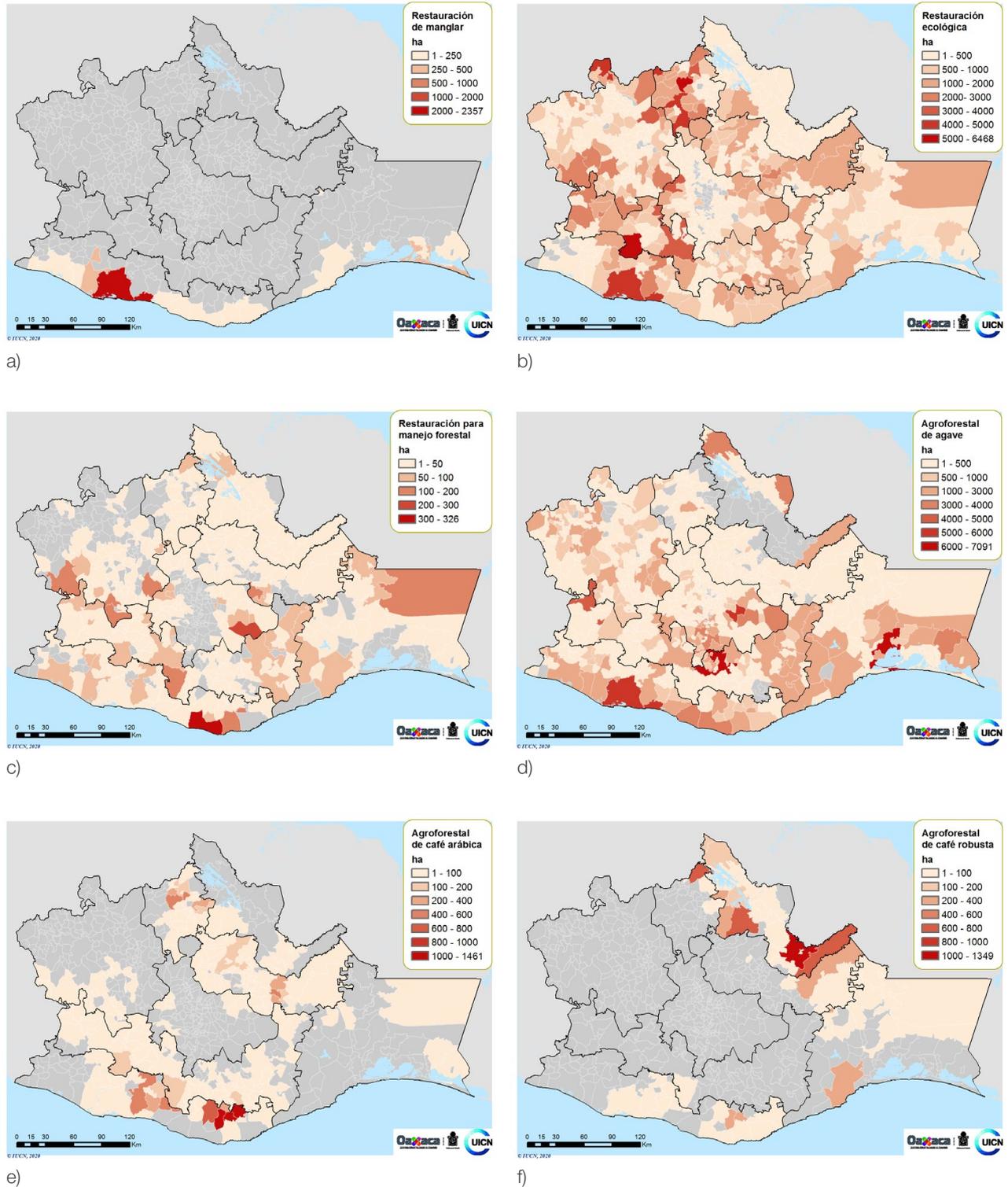


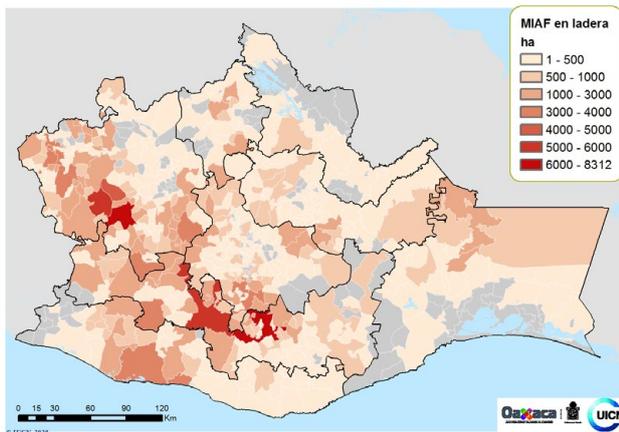
áreas y municipios donde las oportunidades de restauración representan también una pertinencia económica. Bajo este enfoque se calculó la suma de la extensión en hectáreas de las oportunidades de restauración para cada modelo (Figura 51) con el fin de comparar estos mapas con el promedio de valor presente neto por municipio, respectivamente para el modelo de agroforestal de agave (Figura 34.b), milpa en ladera (Figura 38.b), agroforestal de café arábica (Figura 43.c), agroforestal de café robusta (Figura 43.d) y silvopastoril (Figura 48.b). En el Anexo VIII se reportan en detalle las hectáreas para cada oportunidad de restauración por municipio.

Como se ha mencionado, los cuatro modelos productivos prioritarios también se podrían implementar como buenas prácticas en zonas no afectadas por la degradación y que no fueron consideradas anteriormente por el análisis de potencial de restauración. Con este objetivo y después de

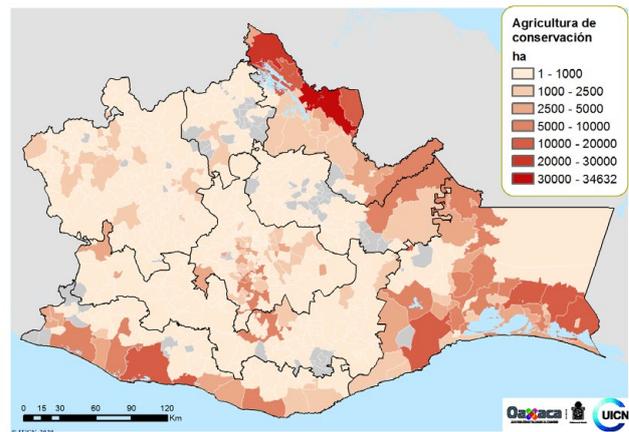
aplicar la zonificación de salvaguardas ambientales, se seleccionaron las áreas que presentan el mayor potencial productivo a partir de los mapas estimados en el capítulo anterior, es decir: > 70 t/ha por ciclo productivo de *Agave Americana* o *Angustifolia* del modelo agroforestal de agave; > 2 t/ha/año de producción potencial de café para el modelo agroforestal de café arábica; > 3 t/ha/año de producción potencial de café para el modelo agroforestal de café robusta; > 3 t/ha/año de producción potencial de maíz para el modelo de milpa en ladera;  $\geq$  3 unidades animales/ha de potencial de carga animal para el modelo silvopastoril. Bajo un enfoque de restauración se han considerado límites de potencial productivos más bajos, complementados por los beneficios adicionales asociados a la recuperación de los servicios ecosistémicos degradados. Bajo un esquema de buena práctica en áreas no degradadas y en ausencia de este valor añadido de la restauración, el modelo necesita asegurar un

Figura 51. Mapas de oportunidades de restauración por municipio.

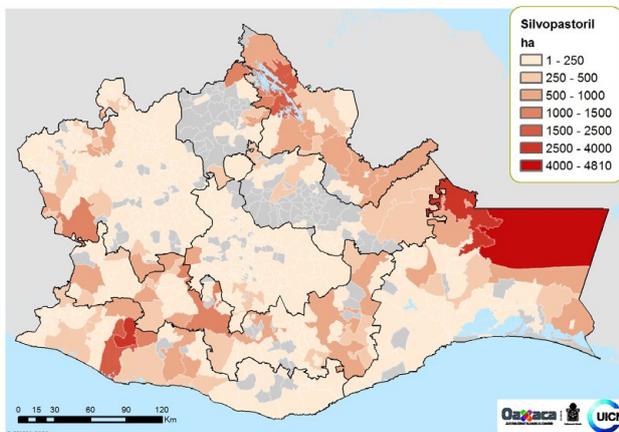




g)

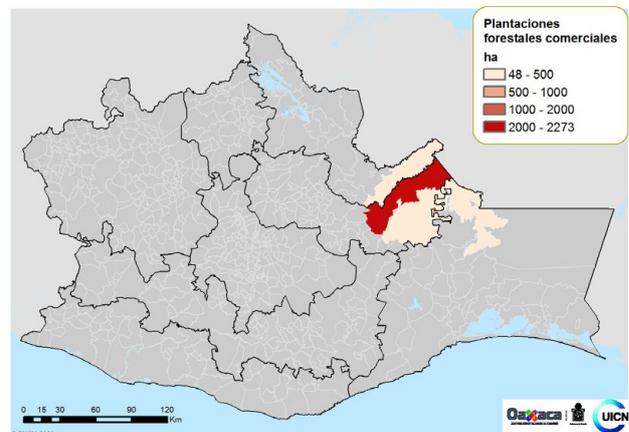


h)



i)

Fuente: Elaboración propia.



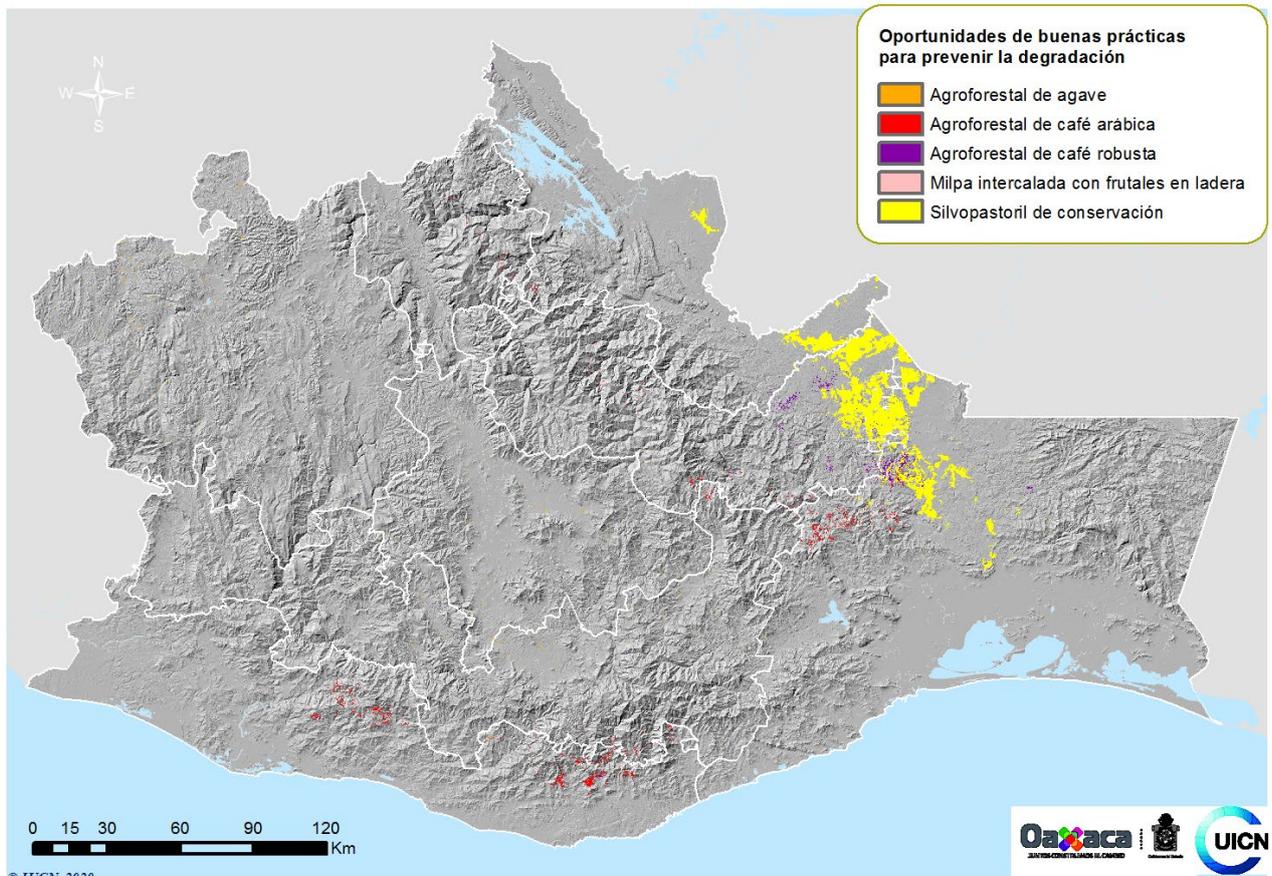
j)

mayor rendimiento por hectárea para competir con la rentabilidad económica del uso actual de suelo. Con este fin se han identificado (**Figura 51**) 116,718 ha para silvopastoril; 13,341 ha para agroforestal de café arábica; 7,596 ha para agroforestal de café robusta; 5,009 ha para agroforestal de agave; y 1,356 ha para el modelo de MIAF en ladera; que se podrían sumar a las oportunidades de restauración con un enfoque de manejo integral del territorio a escala de paisaje.

Como oportunidades de buenas prácticas para el modelo silvopastoril destacan los municipios de San Juan Mazatlán (27,919 ha) y San Juan Cotzocón (23,322 ha) en la región de Sierra Norte; San Juan Guichicovi (22,558 ha) y Matías Romero (20,504 ha)

en la región Istmo; y Santiago Yaveo (10,685 ha) en la región del Papaloapan. Para el modelo agroforestal de café arábica, los municipios de Guevea de Humboldt (1,404 ha) y Santiago Lachiguiri (1,351 ha) en el Istmo; Pluma Hidalgo (1,084 ha), San Mateo Piñas (987 ha) y Candelaria Loxicha (926 ha) en la región Costa. Para el modelo agroforestal de café robusta, los municipios de San Juan Cotzocón (2,012 ha) y San Juan Mazatlán (1,464 ha) en la región de Sierra Norte; y San Juan Guichicovi (2,774 ha) en el Istmo. Para los modelos de agroforestal de agave y MIAF en ladera no hay municipios que destaquen por extensión de área.

Figura 52. Mapa de oportunidades de buenas prácticas para prevenir la deforestación en áreas sin o de baja degradación.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Impacto de la restauración sobre el desarrollo sostenible en Oaxaca

La restauración funcional del paisaje representa una herramienta para lograr objetivos múltiples que promuevan a la vez el desarrollo sostenible y la conservación de los recursos naturales. Este enfoque es bien representado por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos a nivel global y retomados en la Agenda México 2030 (Gobierno de México, 2019). La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible es una hoja de ruta para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todas las personas, sin comprometer los recursos para las futuras generaciones, promoviendo

una visión integral e incluyente del desarrollo con tres dimensiones: social, económica y ambiental. La planificación e implementación de los objetivos de desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca se enmarcan en este contexto global y nacional. Sin embargo, para definir el aporte de las acciones de restauración propuestas respecto a los diferentes objetivos de desarrollo sostenible es necesario analizarlas bajo un enfoque de paisaje y con base en los diferentes contextos territoriales. Cada acción de restauración puede tener diferentes niveles de impacto, por ejemplo, sobre la mitigación del cambio climático a través de un incremento en la captura de carbono y reducción de emisiones por deforestación evitada (aportando al Objetivo 13 de los ODS: Acción por el Clima), además de mejorar la conectividad del paisaje a beneficio de la biodiversidad y de los

ecosistemas (Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres). También puede promover avances hacia las metas de los objetivos económicos y sociales a través de un incremento en la generación de empleos (Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico); mayores beneficios económicos netos por la implementación de modelos de restauración productiva (Objetivo 1: Fin de la Pobreza); mejora en la seguridad alimentaria a través de la diversificación de cultivos en los modelos de restauración (Objetivo 2: Hambre cero); y mayor disponibilidad de recursos hídricos en calidad y cantidad de agua para el consumo humano (Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento). Estos impactos dependen no solamente de las características de cada modelo de restauración, sino del área donde cada acción podría implementarse. El impacto, por ejemplo, de la restauración ecológica y reforestación es mucho mayor en áreas prioritarias para la conservación, así como el impacto de un modelo con una alta rentabilidad marginal es mayor en los municipios con un más alto índice de pobreza. Este enfoque multidimensional en la evaluación de impacto en el territorio determina en, última instancia, cuáles acciones y qué áreas geográficas habría que priorizar, considerando la limitación de fondos para implementar las 1.38 millones de hectáreas que han sido identificadas como oportunidades de restauración funcional del paisaje en el Estado.

Con este enfoque y para cada objetivo de desarrollo sostenible se generaron mapas (**Figura 53**) que definen el escenario actual basados en criterios

ambientales (degradación de la función hidrológica y de captura de carbono, degradación en áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, y riesgo de deforestación), económicos (nivel de pobreza por municipio) y sociales (tasa de desempleo y porcentaje de población en condiciones de inseguridad alimentaria por municipio). Estos mapas se cruzaron con mapas de impacto potencial de la restauración generados a través de la evaluación de índices de impacto potencial para cada modelo (ver **Cuadro 3** y **Tabla 11**) o se definieron por la importancia del territorio en las áreas donde coinciden las oportunidades de restauración (importancia hidrológica y potencial de incidencia sobre riesgo de deforestación). En el caso del potencial de incidencia de la restauración sobre la deforestación, se aplicó un buffer de 1 km alrededor de los polígonos de riesgo de deforestación, bajo el supuesto que las acciones de restauración implementadas en estas áreas inciden sobre la reducción del riesgo en los polígonos de referencia. En otras palabras, se supone que estas acciones contribuyen a la estabilización de la frontera agropecuaria y disminuyen la presión sobre los bosques. Sin embargo, para que esto pase, es necesario que la implementación de la restauración sea acompañada con adecuados instrumentos normativos y esquemas de incentivos a nivel de paisaje para evitar que el aumento de la rentabilidad económica de las actividades productivas asociadas a los modelos de restauración genere un indeseado efecto perverso por incrementar el costo oportunidad de la conservación de las áreas de vegetación natural.

### **Cuadro 3. Índices de impacto de las acciones de restauración.**

Con el fin de medir el impacto de la restauración sobre los diferentes objetivos, se generaron índices relativos que toman en cuenta las características de cada modelo y con base en eso definen el valor del mismo, comparándolo con el modelo que genera el mayor impacto sobre el objetivo. En algunos casos, como captura de carbono, generación de empleos y ganancia económica de la restauración, el valor que define el índice de impacto se mide al neto de las condiciones (carbono, jornales por hectárea, beneficios económicos) del uso actual de suelo que se asume como prevalente en las áreas de oportunidad para cada modelo.

El impacto de la restauración sobre la **conservación de la biodiversidad** se mide a partir de un índice de conectividad que expresa el potencial de cada acción de restauración para mejorar la conectividad entre parches de vegetación al incrementar la cobertura arbórea y considerando: 1) el aumento de estrato arbóreo, 2) el aumento de cobertura arbórea y 3) la composición arbórea, en particular si las especies usadas son exóticas o nativas, si es monocultivo o mixto, si son de crecimiento lento o rápido y son árboles de copa ancha o estrecha (Raes, et al., 2017). Todas las acciones de restauración mejoran las condiciones de conectividad menos la agricultura de conservación, por carecer de componente arbóreo. Las acciones de restauración con el mayor potencial son las que permiten recuperar la integridad ecológica del ecosistema como la restauración de bosque para servicios ambientales y la rehabilitación hidrológica de manglar (**Tabla 11**).

El impacto de la restauración sobre la **mitigación del cambio climático** se mide a partir del incremento neto en el balance de gases de efecto invernadero (GEI). En la estimación de este potencial para cada acción de restauración, se usó la herramienta de balance de carbono ex ante V8 (EX-ACT por su sigla en inglés, descargable en: <http://www.fao.org/tc/exact/ex-act-home/es/>). EX-ACT permite contabilizar las emisiones de GEI y el carbono biológico (suelo, biomasa) de un determinado proyecto de inversión agrícola o forestal al comparar el desempeño del escenario de restauración con el uso actual (Bernoux, et al., 2017). Se privilegia el uso de factores de emisión de referencia específicos a los ecosistemas de México, del Estado de Oaxaca (CONAFOR, 2016; INECC-PNUD, 2017) y de las características de las prácticas de restauración (p.ej. densidad de siembra). Las acciones de restauración ecológica y reforestación, con el fin exclusivo de recuperar y conservar los servicios ecosistémicos, tienen el mayor potencial de mitigación del cambio climático con 306 tCO<sub>2</sub>e/ha, sobre todo por medirse en comparación con un uso agrícola y ganadero como cambio de uso de suelo sugerido en pendientes mayores del 45%. El valor del índice de impacto de mitigación para las otras acciones de restauración se define en comparación al potencial de este modelo. En algunos casos, el bajo valor de potencial de reducción de GEI depende en particular por un relativamente alto potencial de mitigación del uso actual de suelo considerado para la estimación del balance neto de carbono de la restauración.

En el Estado de Oaxaca, la **inseguridad alimentaria** afecta a 18.6% de la población, el segundo Estado con más alta incidencia en México (CONEVAL, 2018b). La restauración funcional del paisaje puede incrementar la cantidad de alimentos al aumentar la productividad agrícola, mejorar la fertilidad del suelo y capacidad de retención de agua (Kumar, et al., 2015). Con el fin de estimar la contribución de cada acción de restauración a la seguridad alimentaria, se ha construido un índice normalizado que expresa: 1) la cantidad y proporción de productos alimenticios de cada modelo con base en la selección de cultivos y productividad esperada y 2) el aumento en la producción en relación al uso actual de suelo. Para comparar la producción de distintos alimentos entre sí, se consideran sus respectivos valores monetarios (precio pagado a la puerta de la finca). El modelo de café robusta, debido a la alta integración de cultivos en el sistema productivo agroforestal, representa la acción de restauración con el aporte más alto en términos de productos alimenticios, seguido por la agricultura de conservación y el modelo de milpa con frutales. Al contrario, la restauración ecológica/reforestación, por sustituir en su mayoría a áreas de cultivos básicos no idóneas por el tipo de pendiente, representa una pérdida neta en producción alimentaria y se expresa con un valor negativo de su índice normalizado.

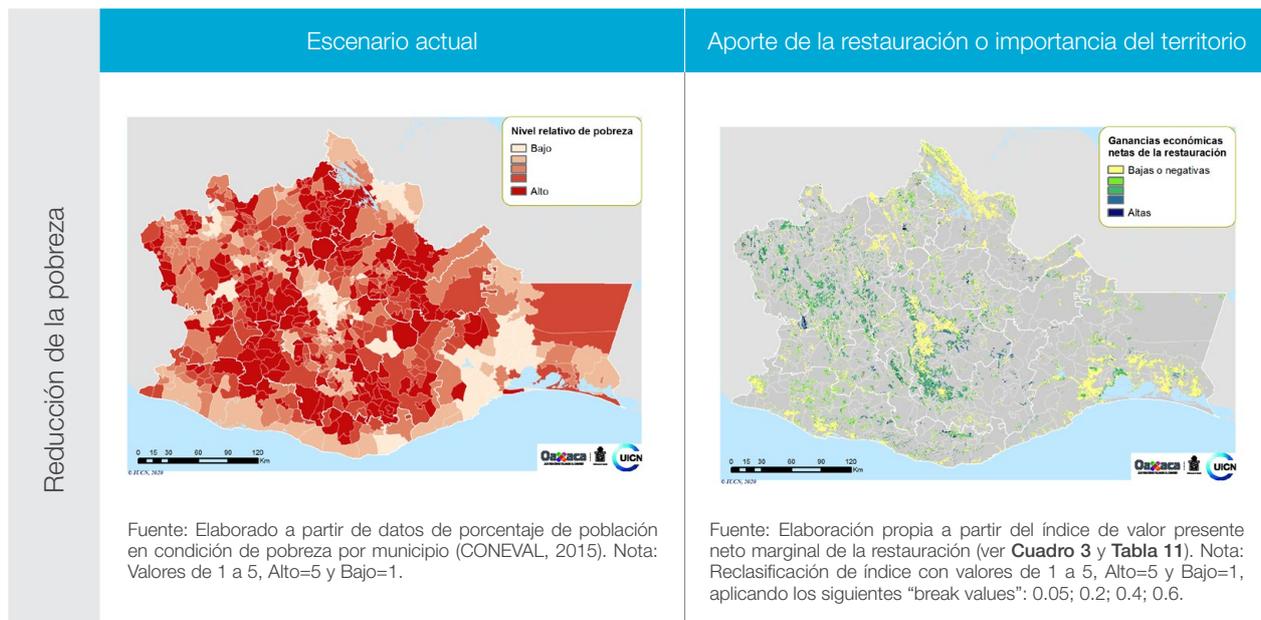
El aporte de la restauración a la **reducción de la pobreza** se mide por el índice de valor presente neto marginal que se define por la diferencia entre el valor presente neto de cada acción de restauración y el valor presente neto del uso actual de suelo. Para los modelos de agroforestal de agave, agroforestal de café, milpa con frutales en ladera y silvopastoril se utilizan los respectivos valores reportados en el capítulo anterior. Para los otros modelos se consideran referencias bibliográficas que reportan ingresos, así como actividades requeridas y prácticas de manejo que representan los respectivos costos. El valor presente neto de restauración de manglar y de la restauración ecológica, a pesar de contabilizar los servicios ecosistémicos aplicando de forma hipotética el valor de pagos por servicios ambientales de los programas de la CONAFOR (CONAFOR, 2020), asume un valor negativo no considerando ningún tipo de aprovechamiento forestal en las áreas restauradas. En ese caso prevalecen las componentes de costo del modelo. La rehabilitación hidrológica del manglar consiste en restablecer el balance hídrico en áreas de manglar degradado por efecto de la acumulación de sedimentos originados por cambios de usos de suelo y/o desvío de cauces (Lewis & Brown, 2014). Por ende, la técnica de restauración incluye el diagnóstico del área a intervenir (p.ej. análisis de salinidad y topografía), reunión de preparación y obras de campo (remoción de sedimentos/apertura de canales, construcción de centros de dispersión). La componente de costo de la restauración ecológica incluye obras de cercado, siembra de especies nativas, regencia forestal y obras de prevención de incendios (Vanegas-López, 2016). En el caso del manejo forestal en bosques secundarios, el modelo consiste en combinar reforestación de árboles nativos combinados con maderables de alto valor además de establecer y mantener obras de protección contra invasión, tala ilegal (cercado) e incendios. Para la evaluación de costos y beneficios financieros del modelo, se consideraron los precios y estimaciones de gastos de gestión forestal de (CEF, 2015). En cuanto al manejo forestal en plantaciones, se consideraron las recomendaciones técnicas de la CONAFOR para plantaciones forestales comerciales. Las especies consideradas para el análisis son la melina y el cedro (INIFAP, 2020) y los respectivos precios de madera en pie (CONAFOR, 2018). Para el modelo de agricultura de conservación en áreas de cultivo temporales degradadas, se adaptaron los lineamientos técnicos identificados en Oaxaca (Sánchez-Bernal, 2018), los cuales contemplan prácticas de conservación de suelo y uso tradicional de la milpa (maíz, frijol y calabaza).

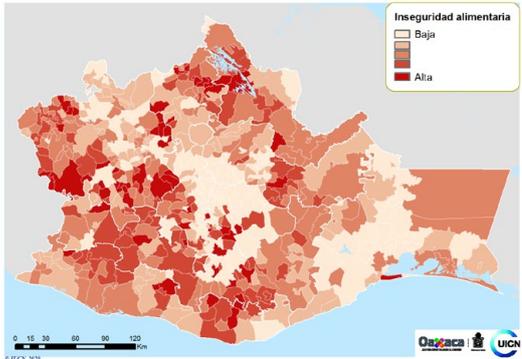
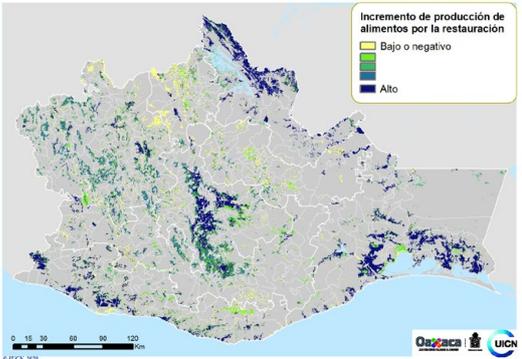
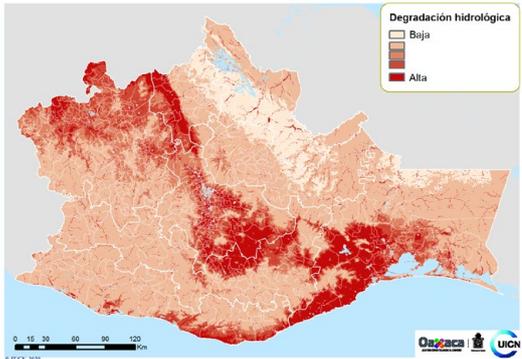
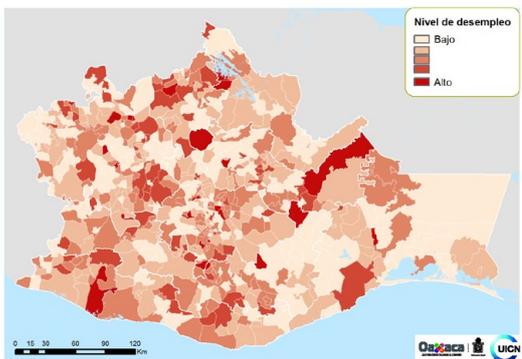


**Tabla 11.** Índices de impacto de los diferentes modelos de restauración.

	Restauración de manglar	Restauración ecológica	Manejo de bosque secundario	Agroforestal de agave americana	Agroforestal de agave angustifolia	Agroforestal de café arábica	Agroforestal de café robusta	MIAF clima templado	MIAF clima cálido	Agricultura de conservación	Silvopastoril de conservación	Plantaciones forestales comerciales
Índice de conectividad	0.93	1.00	0.81	0.42	0.42	0.69	0.19	0.35	0.30	0.00	0.66	0.65
Índice de captura de carbono	0.62	1.00	0.36	0.04	0.04	0.13	0.03	0.03	0.05	0.08	0.16	0.27
Índice de producción de alimentos	0.00	-0.18	0.00	0.07	0.07	0.19	1.00	0.47	0.63	0.96	0.24	0.00
Índice de creación de empleo	0.04	-0.19	0.05	0.10	0.08	0.65	1.00	0.39	0.40	0.55	0.02	0.11
Índice de valor presente neto marginal	-0.13	-0.08	0.02	0.70	0.46	0.34	1.00	0.41	0.19	0.04	0.09	0.38

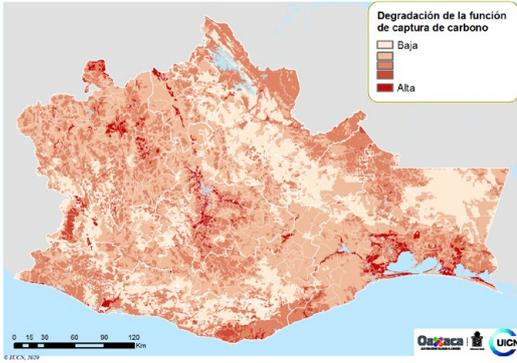
**Figura 53.** Insumos para el análisis de impacto de la restauración sobre los objetivos de desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca.



Seguridad alimentaria	<p style="text-align: center;">Degradación ambiental, económica o social</p>  <p>Fuente: CONABIO (2014a) con base estadística CONEVAL 2011. Nota: Valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1</p>	<p style="text-align: center;">Aporte de la restauración o importancia del territorio</p>  <p>Fuente: Elaboración propia a partir del índice de producción de alimentos de la restauración (ver Cuadro 3 y Tabla 11). Nota: Reclasificación de índice con valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1, aplicando los siguientes "break values": 0.05; 0.2; 0.4; 0.6.</p>
	Seguridad hídrica	<p style="text-align: center;">Degradación hidrológica</p>  <p>Fuente: Elaboración a partir del mapa de degradación de la función de recarga hídrica del presente documento. Nota: Valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1.</p>
Generación de empleos		<p style="text-align: center;">Nivel de desempleo</p>  <p>Fuente: CONABIO (2015) con base estadística INEGI 2010. Nota: Valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1.</p>

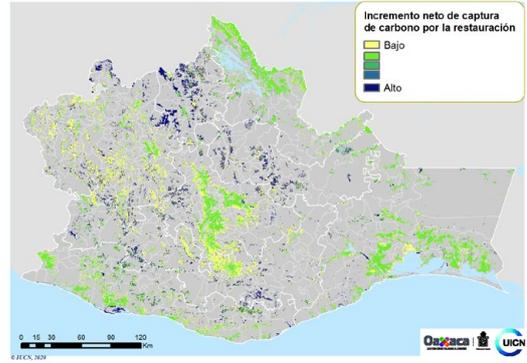
Mitigación del cambio climático

Degradación ambiental, económica o social



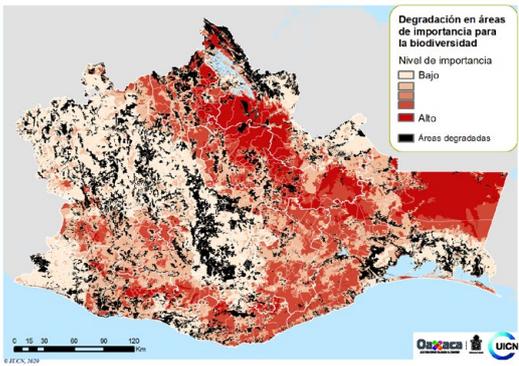
Fuente: Elaboración a partir del mapa de degradación de la función de captura de carbono del presente documento. Nota: Valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1.

Aporte de la restauración o importancia del territorio

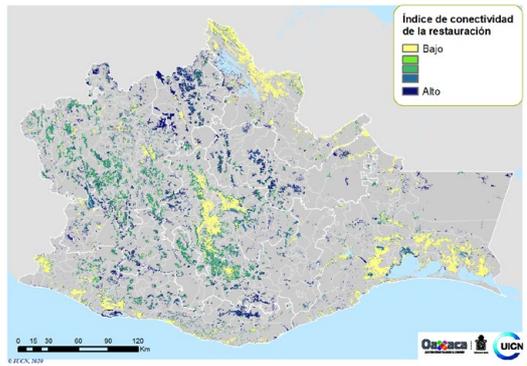


Fuente: Elaboración propia a partir del índice de captura de carbono de la restauración (ver Cuadro 3 y Tabla 11). Nota: Reclasificación de índice con valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1, aplicando los siguientes "break values": 0.05; 0.2; 0.4; 0.6.

Conservación de la biodiversidad

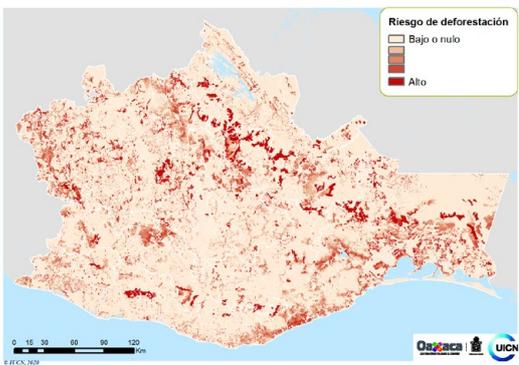


Fuente: Elaborado a partir de CONABIO (2015; 2016) y CONAFOR (2011). Nota: Valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1.

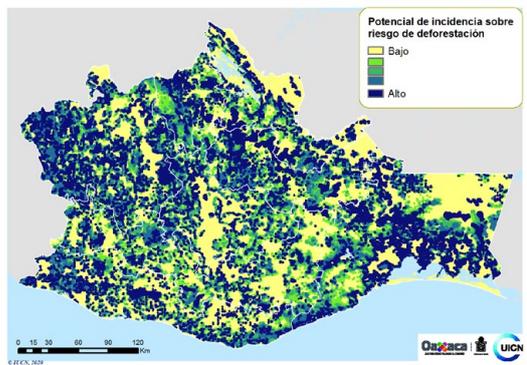


Fuente: Elaboración propia a partir del índice de conectividad de la restauración (ver Cuadro 3 y Tabla 11). Nota: Reclasificación de índice con valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1, aplicando los siguientes "break values": 0.05; 0.2; 0.4; 0.6.

Reducción del riesgo de deforestación



Fuente: INECC (2018). Nota: Valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1.



Fuente: Elaboración propia a partir de INECC (2018). Nota: Valores de 1 a 5, Alto=5 y Bajo=1.

Los mapas de insumo que definen el escenario actual (estado de degradación o línea base) de cada objetivo se reclasificaron con valores de 1 a 5 (donde 5 representa un nivel alto de degradación por el objetivo en cuestión y por eso una prioridad de intervención, mientras el valor de 1 representa un nivel bajo). Por otro lado, los mapas que expresan el aporte de la restauración se definen, en cada pixel de oportunidad de restauración, por los valores promedio de los índices de impacto de cada modelo de restauración. Multiplicando celda por celda los valores de los mapas de línea base del objetivo por el aporte de la restauración o importancia del territorio, y reclasificando los resultados en una escala de 1 a 5, se obtienen los mapas que definen la distribución en el territorio del impacto potencial de la restauración sobre cada objetivo de desarrollo sostenible. Estos mapas se muestran gráficamente como impacto promedio por municipio, considerando los pixeles que definen las oportunidades de restauración (**Figura 54**).

Las regiones de Valles Centrales, Sierra Norte y Mixteca se distinguen por el número de municipios y extensión de hectáreas de oportunidades de restauración que podrían generar un impacto, de alto a moderado, en la **reducción de la pobreza (Figura 54.a)**. Para los municipios de San Pedro Quiatoni en Valles Centrales; San Juan Lajarcia, San Bartolo Yautepec, y Santo Domingo Teojomulco en Sierra Sur; San Miguel Ahuehuetitlán, Fresnillo de Trujano, Ixpantepec Nieves, Santa Inés de Zaragoza, San Bartolomé Yacuañe, y San Pedro Teozacoalco en la región Mixteca, se estima que la restauración tendría un alto impacto por hectárea en la reducción de la pobreza. Por otro lado, no existen municipios donde el impacto sería muy alto.

Con respecto al impacto potencial de la restauración sobre la **seguridad alimentaria** sobresale la región de Papaloapan, donde se concentra la mayor extensión de oportunidades para agricultura de conservación, que presenta el índice de producción de alimentos

más alto junto al modelo agroforestal de café robusta (**Figura 54.b**). También se evidencian la parte central y el noroccidente de la región Mixteca y la parte central de Valles Centrales con un impacto potencial alto. En esta última región hay tres municipios (Santa Ana Zegache, San Pedro Mártir y Magdalena Ocotlán) donde se estima que el impacto potencial sobre seguridad alimentaria podría ser muy alto.

El impacto de la restauración sobre **seguridad hídrica** es principalmente moderado en las regiones que sufren mayor degradación de la función de recarga hídrica (**Figura 54.c**). Destaca el impacto potencial de nivel alto en los municipios de San Pedro Mixtepec y Santa María Colotepec en la región Costa; San Pablo Coatlán en Sierra Sur; El Barrio de la Soledad en el Istmo; Santiago Ixcuintepec en Sierra Norte; Concepción Buenavista en la región Mixteca; y Santo Tomás Jalieza y Santo Domingo Tomaltepec en Valles Centrales.

Analizando el impacto sobre la **generación de empleos** se presenta relativamente bajo en la mayoría de las regiones del Estado (**Figura 54.d**). Se distinguen con un nivel de impacto alto los municipios de San Juan Cotzocón en Sierra Norte; Santo Domingo Tehuantepec y Santo Domingo Chihuitán en el Istmo; Cosolapa en la región del Papaloapan, y una serie de municipios en la parte central de la región de Valles Centrales.

El impacto en la **mitigación del cambio climático** es en general moderado en las vertientes de Sierra Sur-Costa y Sierra Norte-Papaloapan-Istmo (**Figura 54.e**). Sin embargo, en la región de la Cañada se podría tener un impacto alto en los municipios de Santa María Tecomavaca y San Martín Toxpalan y muy alto en San Juan de los Cués y San Antonio Nanahuatípam. En la parte más septentrional de la Mixteca también sobresalen los municipios de Santiago Chazumba y San Pedro y San Pablo Tequixtepec con un nivel alto y Cosoltepec, muy alto.

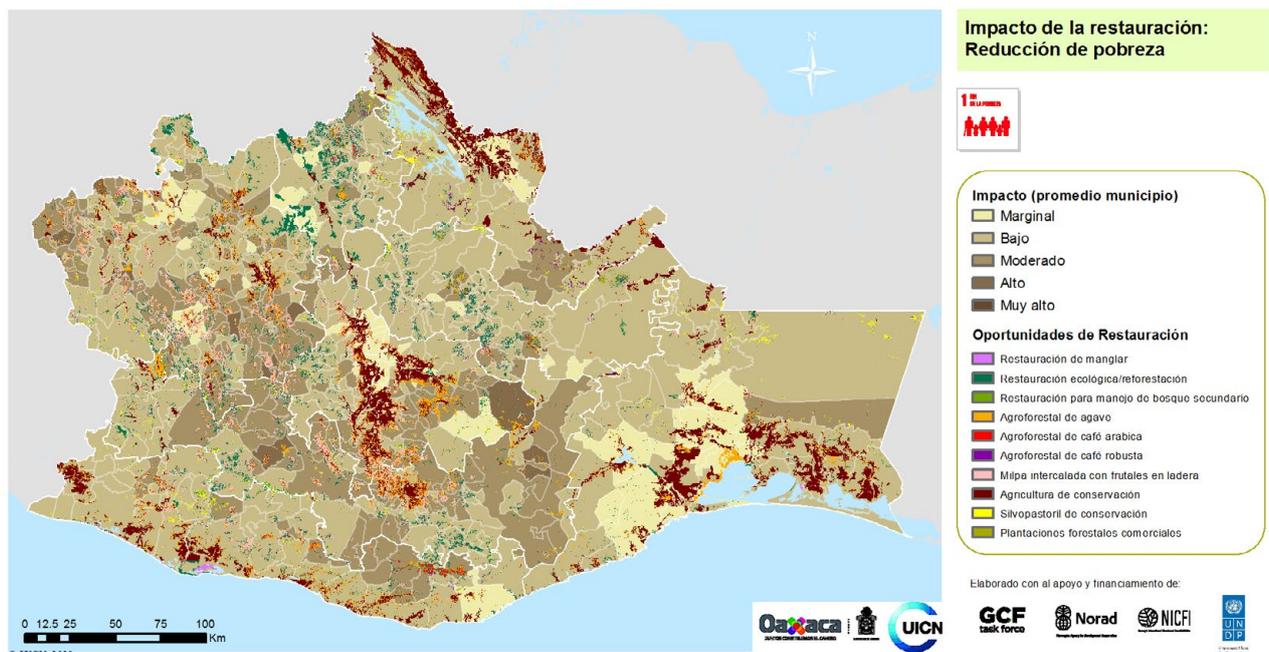
Con respecto a la **conservación de la biodiversidad**,

la restauración mejoraría la conectividad en particular de los corredores ecológicos de la vertiente de la Sierra Norte y Sierra Sur-Costa donde el impacto sería moderado (**Figura 54.f**). Se destacan con un nivel de impacto muy alto los municipios de Asunción Cacalotepec y Santiago Atitlán en la Sierra Norte. Existen otro par de municipios con este mismo potencial de impacto promedio por hectárea, sin embargo, la extensión de oportunidades de restauración en esos municipios es extremadamente baja.

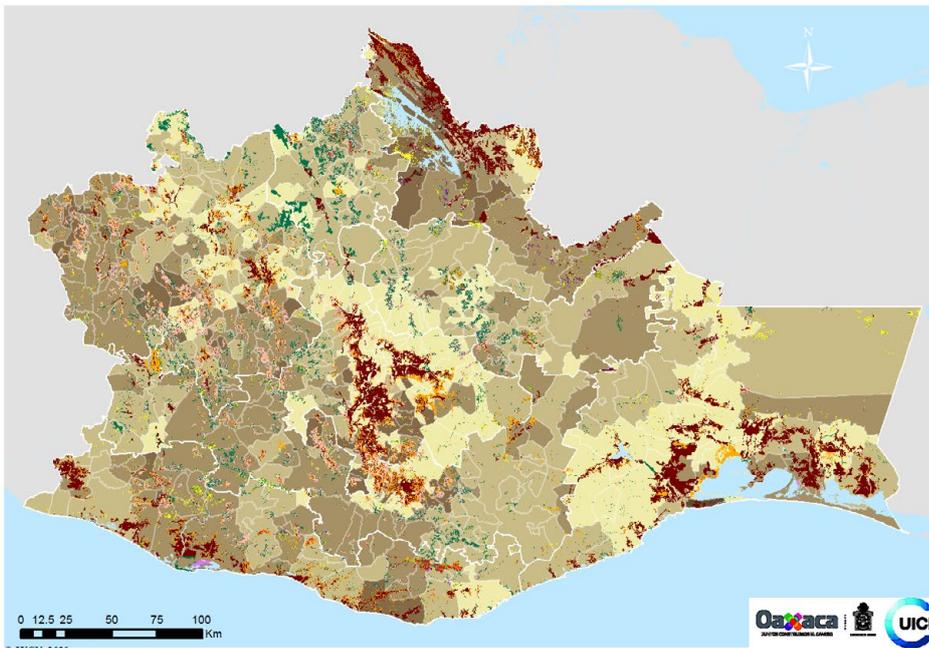
Entre todos los objetivos de desarrollo sostenible

analizados, el nivel de mayor impacto potencial de la restauración se estimó con respecto al objetivo de **reducción del riesgo de deforestación (Figura 54.g)**. En la mayoría de los municipios de la región del Istmo el impacto promedio por hectárea se definió entre alto y muy alto, este último concentrado en la parte meridional de la región donde existe un mosaico de parches de vegetación natural remanente entre grandes extensiones de territorio bajo uso agropecuario. De la misma forma se identifica un extenso grupo de municipios con potencial de muy alto impacto en la parte noroccidental de la región Mixteca y al norte oriente de la Sierra Sur.

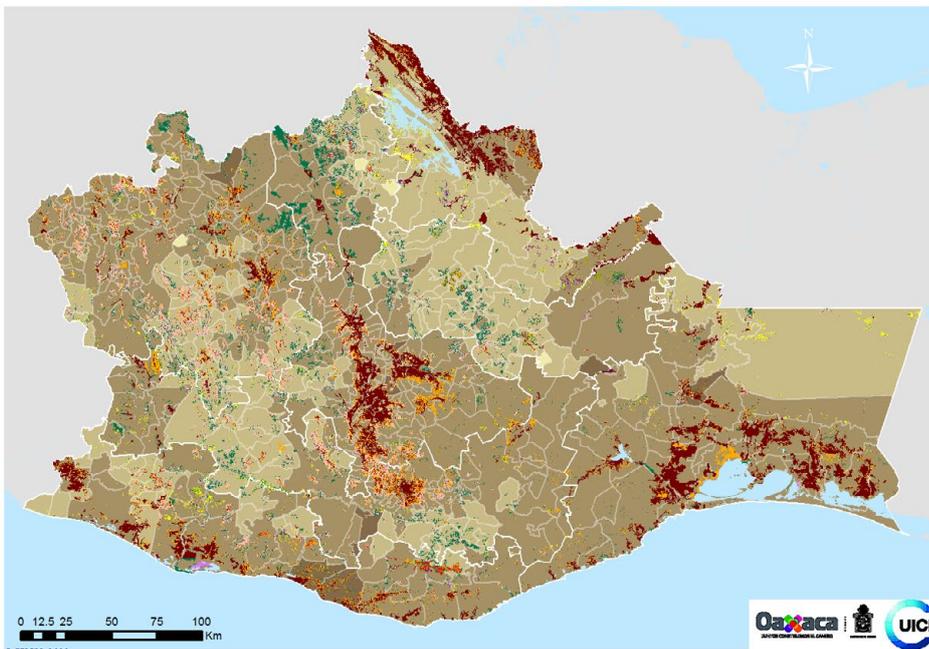
**Figura 54.** Mapas de impacto potencial de las oportunidades de restauración sobre los objetivos de desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca.



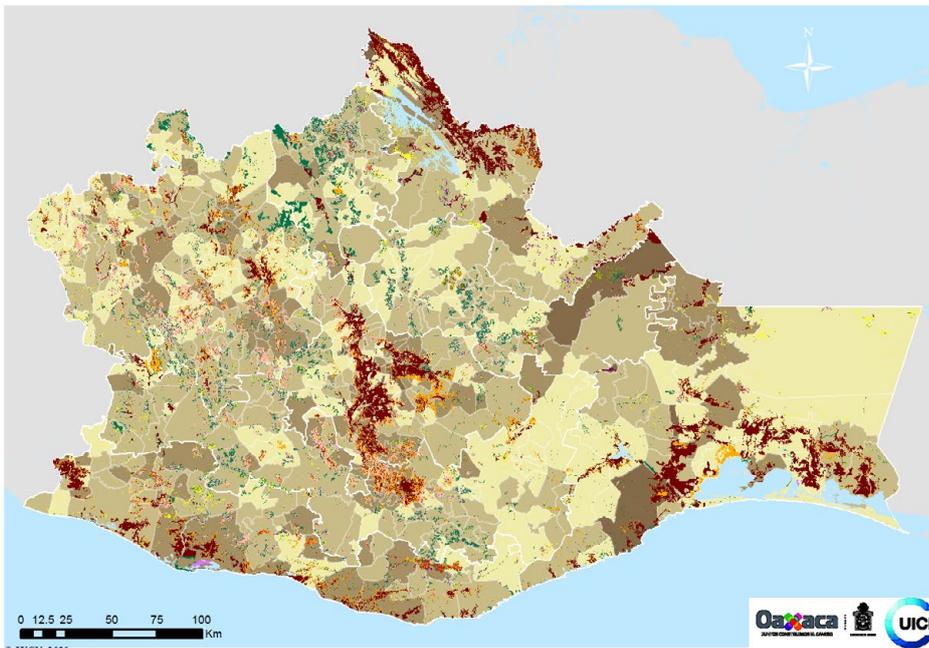
a)



b)



c)



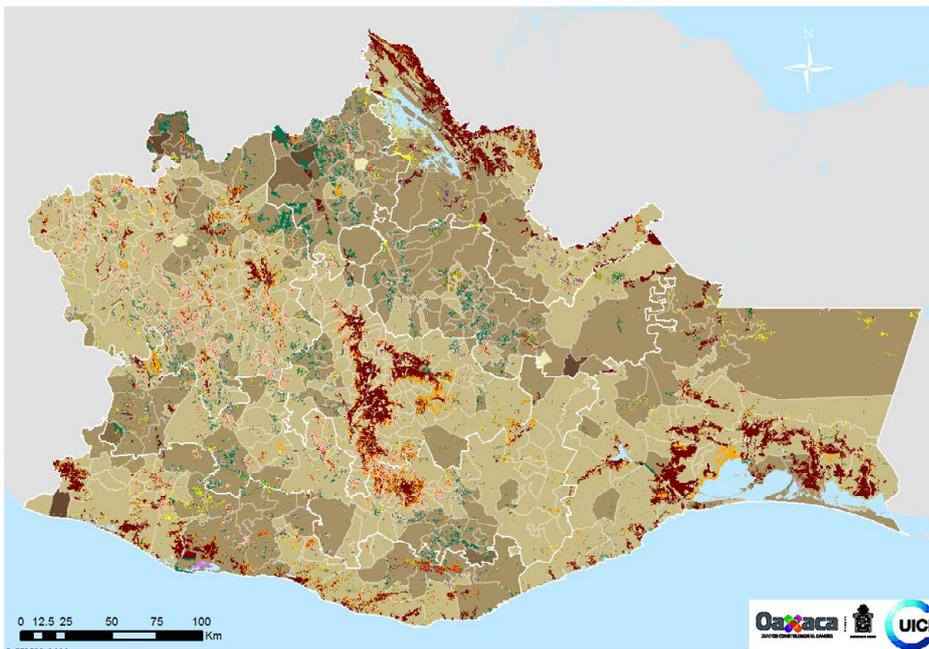
**Impacto de la restauración:  
Generación de empleos**



- Impacto (promedio municipio)**
- Marginal
  - Bajo
  - Moderado
  - Alto
  - Muy alto
- Oportunidades de Restauración**
- Restauración de manglar
  - Restauración ecológica/reforestación
  - Restauración para manejo de bosque secundario
  - Agroforestal de agave
  - Agroforestal de café arábica
  - Agroforestal de café robusta
  - Milpa intercalada con frutales en ladera
  - Agricultura de conservación
  - Silvopastoril de conservación
  - Plantaciones forestales comerciales

Elaborado con el apoyo y financiamiento de:

d)



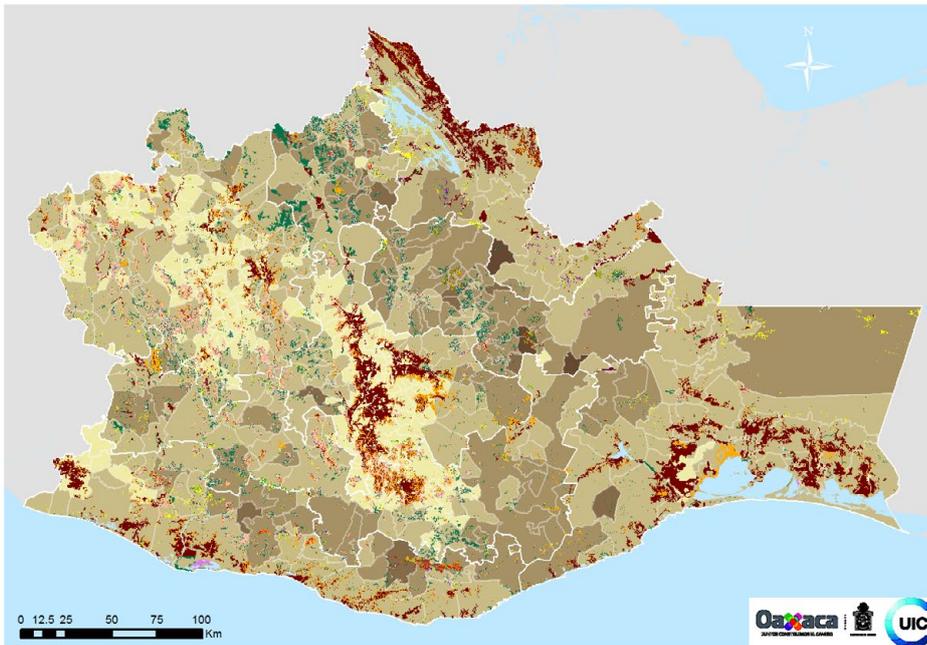
**Impacto de la restauración:  
Mitigación del cambio climático**



- Impacto (promedio municipio)**
- Marginal
  - Bajo
  - Moderado
  - Alto
  - Muy alto
- Oportunidades de Restauración**
- Restauración de manglar
  - Restauración ecológica/reforestación
  - Restauración para manejo de bosque secundario
  - Agroforestal de agave
  - Agroforestal de café arábica
  - Agroforestal de café robusta
  - Milpa intercalada con frutales en ladera
  - Agricultura de conservación
  - Silvopastoril de conservación
  - Plantaciones forestales comerciales

Elaborado con el apoyo y financiamiento de:

e)



**Impacto de la restauración:  
Conservación de biodiversidad**



**Impacto (promedio municipio)**

- Marginal
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy alto

**Oportunidades de Restauración**

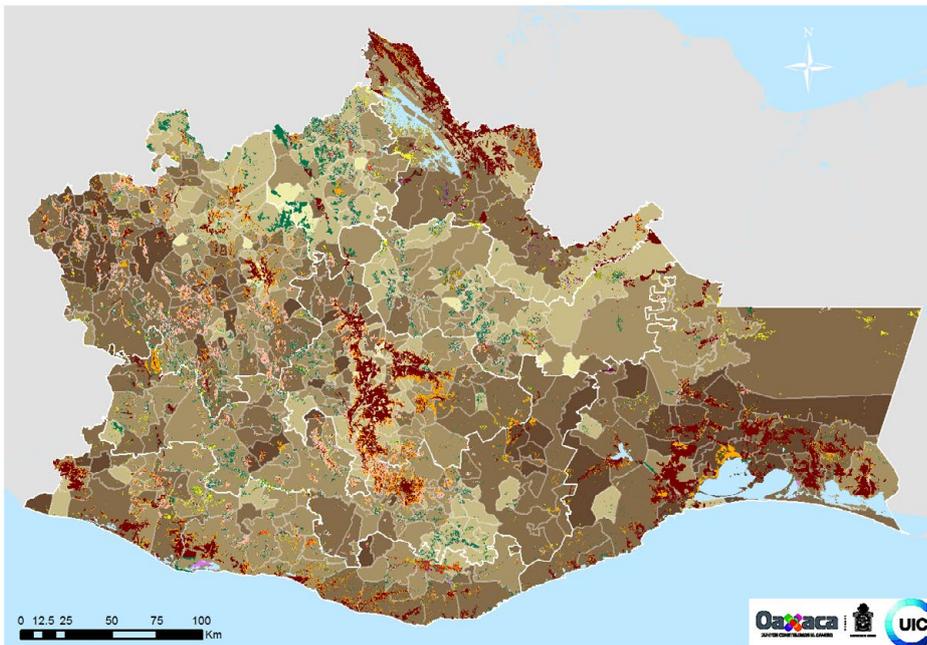
- Restauración de manglar
- Restauración ecológica/reforestación
- Restauración para manejo de bosque secundario
- Agroforestal de agave
- Agroforestal de café arábica
- Agroforestal de café robusta
- Milpa intercalada con frutales en ladera
- Agricultura de conservación
- Silvopastoril de conservación
- Plantaciones forestales comerciales

Elaborado con el apoyo y financiamiento de:



© IUCN, 2020

f)



**Impacto de la restauración:  
Reducción de la deforestación**



**Impacto (promedio municipio)**

- Marginal
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy alto

**Oportunidades de Restauración**

- Restauración de manglar
- Restauración ecológica/reforestación
- Restauración para manejo de bosque secundario
- Agroforestal de agave
- Agroforestal de café arábica
- Agroforestal de café robusta
- Milpa intercalada con frutales en ladera
- Agricultura de conservación
- Silvopastoril de conservación
- Plantaciones forestales comerciales

Elaborado con el apoyo y financiamiento de:



© IUCN, 2020

g)

En la **Tabla 12** se reportan las sumas de las hectáreas de los modelos de restauración con impacto de alto a moderado respecto a cada objetivo de desarrollo. Se puede apreciar las diferencias, en particular entre los modelos con enfoque productivo y los que tienen un enfoque de conservación. Estos últimos generan solamente un impacto sobre los objetivos ambientales de mitigación del cambio climático y conservación de la biodiversidad, así como sobre seguridad hídrica (objetivo socio-ambiental), sin aportar a los otros objetivos sociales y económicos, o a la reducción del riesgo de deforestación. Cabe mencionar que una correcta evaluación de los servicios ecosistémicos debería internalizar el valor económico de los mismos a través de su soporte a las actividades humanas. Sin embargo, por su complejidad y detalle de datos requeridos para disminuir el margen de error e incertidumbre, en nuestro análisis no se ha aplicado una métrica monetaria a los servicios ecosistémicos. El modelo de restauración ecológica y reforestación en particular, por contemplar en su mayoría una reconversión del uso agropecuario del suelo en las áreas con pendiente superior al 40-45%, tampoco aportaría a la reducción del riesgo de deforestación, teniendo en cuenta que estas actividades productivas se podrían desplazar a otras áreas del Estado y hasta podrían incrementar la deforestación.

En los modelos productivos destacan agricultura de conservación, MIAF en ladera y agroforestal de agave. Estos últimos dos modelos tienen el mayor impacto sobre la reducción de pobreza con alrededor de 142,000 y 130,000 ha, respectivamente, con un impacto de moderado a muy alto. Sin embargo, estos datos dependen también del alto número de hectáreas mapeadas como oportunidad de restauración para estas dos intervenciones. Si los leemos en términos de porcentaje, representarían respectivamente el 57% y 55% de las oportunidades de restauración. Por otro lado, el 90% de las oportunidades identificadas para el modelo agroforestal de café robusta y el 61% de café arábica tendrían un impacto sobre la reducción de pobreza. Asimismo, el 84% de las oportunidades de restauración con el modelo

agroforestal de café robusta aportarían al objetivo de seguridad alimentaria, seguido por el 66% de las áreas identificadas para MIAF en ladera y 36% de la agricultura de conservación. El 42% de las áreas de oportunidad para el modelo agroforestal de café arábica tendría un impacto relevante sobre la generación de empleos, seguido por agricultura de conservación (36%), agroforestal de café robusta (34%) y MIAF en ladera (22%). El 56% de las áreas con agroforestal de agave y 54% de agricultura de conservación tendrían un efecto positivo sobre la seguridad hídrica, de particular interés para la región del Estado con menor precipitación y peor balance hídrico.

Con respecto a la reducción del riesgo de deforestación, los modelos productivos tienen un impacto que varía entre el 44% de las áreas de oportunidad para agricultura de conservación al 84% de la restauración para manejo forestal de bosque secundario que, por ubicarse en las áreas de riesgo y no solamente en el buffer de áreas de influencia, tiene mayores probabilidades de aportar al objetivo, generando un ingreso económico por el uso sostenible de los recursos forestales y así disminuyendo el costo de oportunidad de la conservación. Analizando en detalle los modelos de restauración con enfoque de conservación, se nota que el 96% de las oportunidades identificadas para la restauración ecológica y reforestación aportan a la mitigación del cambio climático por ubicarse en las áreas con mayor degradación de la función de captura de carbono (mapeada en el capítulo 2), mientras el 68% de la restauración de manglar mejora la conectividad del paisaje a beneficio de la biodiversidad. En este caso solamente el 13% de la restauración ecológica generaría una mejora sustancial en la conectividad del paisaje. La razón se debe a que la mayoría de las oportunidades identificadas para este tipo de acción de restauración no se ubican en áreas de corredores ecológicos sino en laderas de fuerte pendiente con aporte más específico a la reducción de erosión y captura de carbono.

**Tabla 12.** Estimación del impacto potencial de las oportunidades de restauración sobre los diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible en el Estado de Oaxaca.

Objetivo	Impacto	Oportunidades de restauración (ha)										
		Restauración de manglar	Restauración ecológica	Restauración para manejo forestal de bosque secundario	Agroforestal de agave	Agroforestal de café arábica	Agroforestal de café robusta	MAF en ladera	Agricultura de conservación	Silvopastoril de conservación	Plantaciones forestales comerciales	
Reducción de la pobreza	Muy alto	-	-	-	9,200	-	3,245	-	-	-	-	-
	Alto	-	-	-	77,339	-	518	1,882	-	-	-	-
	Moderado	-	-	-	43,575	8,066	2,396	139,779	-	-	-	89
Seguridad alimentaria	Muy alto	-	-	-	-	-	889	1,004	12,204	-	-	-
	Alto	-	-	-	-	-	502	98,981	43,224	-	-	-
	Moderado	-	-	-	-	-	4,376	63,736	132,500	23,837	-	-
Seguridad hídrica	Muy alto	-	393	23	279	-	163	2	1,544	186	-	-
	Alto	-	1,958	18	4,488	-	-	1,176	11,458	47	-	-
	Moderado	-	63,537	1,790	128,641	23	35	66,813	268,377	5,659	-	-
Generación de empleos	Muy alto	-	-	-	-	39	755	-	-	-	-	-
	Alto	-	-	-	-	2,401	390	5,292	56,348	-	-	-
	Moderado	-	-	-	-	3,033	1,149	50,263	130,498	-	-	-
Mitigación del cambio climático	Muy alto	178	25,420	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alto	8	10,126	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moderado	96	225,042	574	-	-	-	-	-	-	-	-
Conservación de la Biodiversidad	Muy alto	928	5,777	216	-	718	-	-	-	2,210	42	-
	Alto	1,429	24,140	1,027	7,563	1,299	-	-	-	2,684	66	-
	Moderado	5	4,652	204	2,232	179	-	7,880	-	1,158	41	-
Reducción de la deforestación	Muy alto	-	-	3,692	111,148	5,587	2,839	124,712	184,920	31,178	806	-
	Alto	-	-	1,066	27,128	895	957	36,455	32,062	8,935	351	-
	Moderado	-	-	765	15,176	1,613	970	22,711	12,026	7,088	301	-

Figura 55. Mapa de priorización de las oportunidades de restauración por su impacto sobre el desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca.

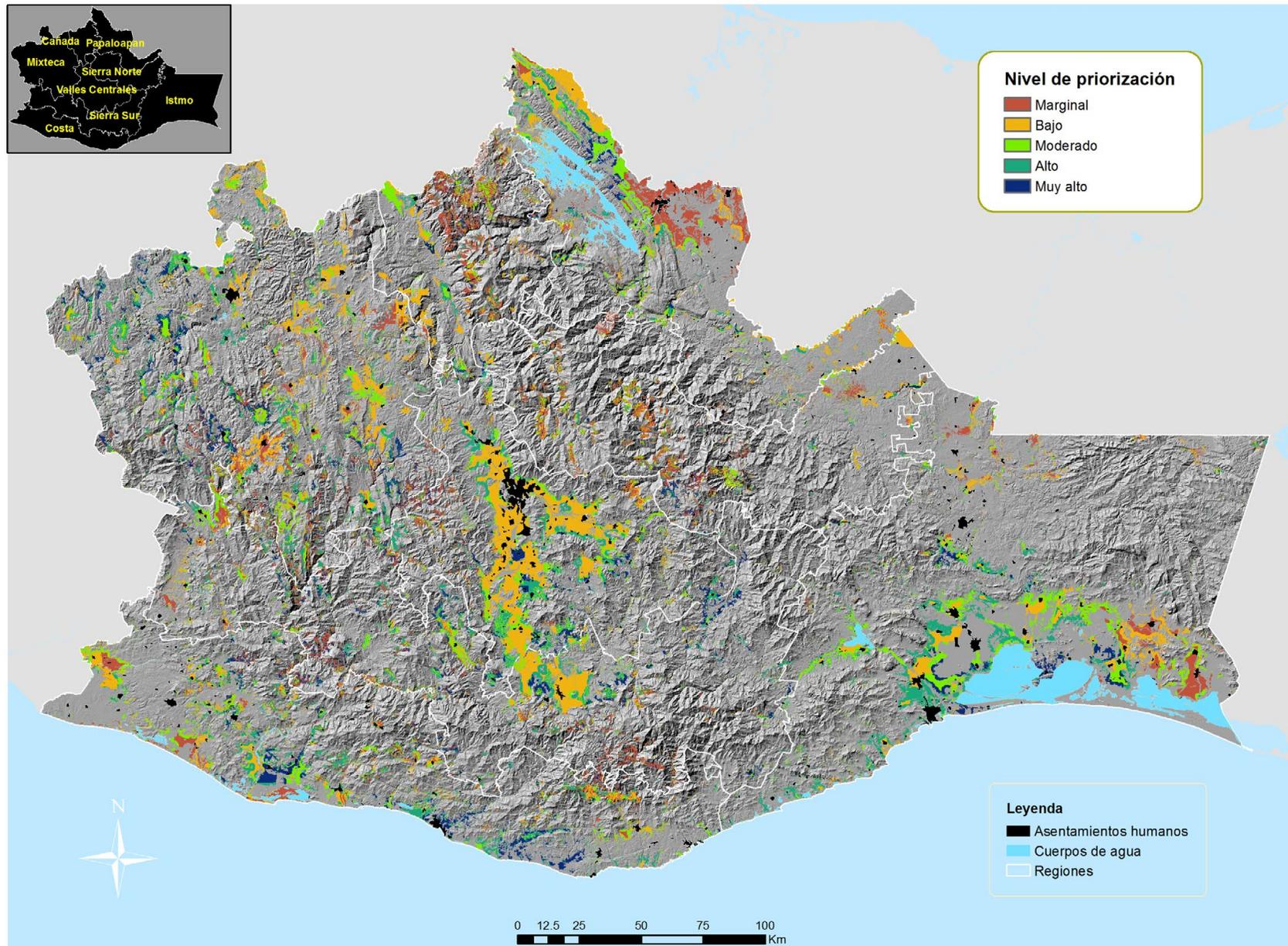
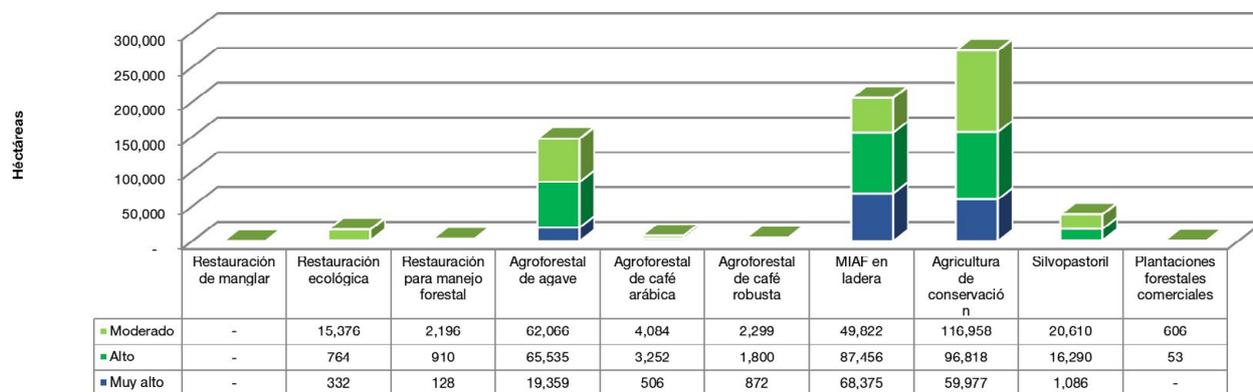


Figura 56. Nivel de priorización de las oportunidades de restauración por su impacto sobre el desarrollo sostenible en el Estado de Oaxaca.



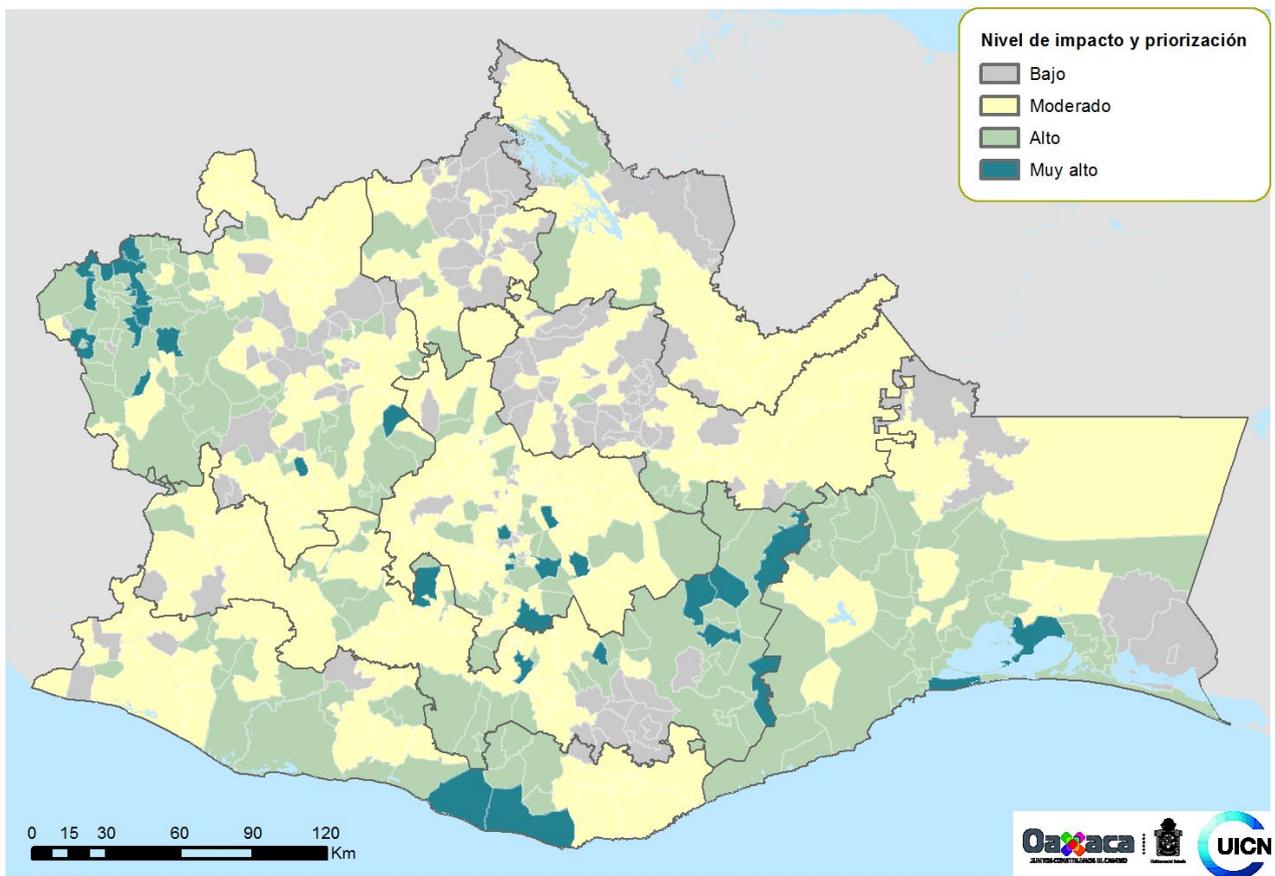
La heterogeneidad del paisaje y las diferentes características de las acciones de restauración propuestas implica diferentes niveles de prioridad territorial con base en el enfoque de desarrollo que se quiere perseguir. Una política de desarrollo integral tiene como meta promover simultáneamente a todos los objetivos con el fin de lograr el mayor impacto posible basado en la inversión disponible. Bajo este enfoque, la planeación puede atribuir el mismo peso a todos los objetivos o bien ponderar el peso priorizando un objetivo sobre los demás. En el marco de la Mesa de interinstitucional de restauración (MIRPP) del Gobierno del Estado, se analizaron los diferentes objetivos y con base en las preferencias expresadas por los integrantes se definieron valores de ponderación para cada meta utilizando la metodología multicriterio de análisis jerárquica (ver Anexo VII). Sumando los mapas de impacto de cada objetivo se aplicaron los siguientes pesos ponderados: Seguridad hídrica=38%; Seguridad alimentaria=23%; Reducción del riesgo de deforestación=14%; Conservación de la biodiversidad=12%; Reducción de la pobreza=5%; Generación de empleos=5%; Mitigación del cambio climático=3%. Este proceso generó un mapa que define de forma integrada el impacto potencial de la restauración sobre los objetivos de desarrollo sostenible en su conjunto y por ende representa un criterio de priorización de las oportunidades de restauración funcional del paisaje (Figura 55). En este sentido el mapa representa un instrumento

de planeación para priorizar la implementación en áreas que pueden generar un mayor impacto sobre el desarrollo sostenible. Con este enfoque se identificaron 150,635 ha de oportunidades de restauración con nivel de **priorización muy alto** para el desarrollo integral del Estado, de los cuales el 45% es representado por oportunidades de restauración con MIAF en ladera, principalmente en la Mixteca, Sierra Norte y alto Istmo; 40% por agricultura de conservación, principalmente en la región Costa, bajo Istmo y Valles Centrales; y el 13% por el modelo agroforestal de agave, principalmente en Sierra Norte y Valles Centrales (Figura 56). Las oportunidades de restauración con nivel de **priorización alto** se estimaron en 272,878 ha, de los cuales el 35% es representado por agricultura de conservación, principalmente en Valles Centrales, bajo Istmo y Costa; 32% por el modelo de MIAF en ladera, principalmente en Mixteca, Valles Centrales y Sierra Norte; 24% por el modelo agroforestal de agave, principalmente en Valles Centrales, Sierra Sur e Istmo; y 6% por sistemas silvopastoriles, principalmente en Sierra Norte, Istmo y Costa. La restauración con nivel de **priorización moderado** suma 274,017 ha, representadas en 43% por la agricultura de conservación, 23% por agroforestal de agave, 18% por MIAF en ladera, 8% silvopastoril, y 7% restauración ecológica. El modelo agroforestal de café no parece tener un peso relevante en comparación a las otras opciones de restauración, sin embargo, hay que recordar que el

potencial para este modelo era bajo desde el principio, por no existir un nivel significativo de degradación en sus actuales áreas de cultivo. Efectivamente, si medimos la prioridad/impacto (de moderado a muy alto) en comparación al total de las hectáreas identificadas como oportunidad de restauración para cada modelo, el 83% de las acciones enfocadas en MIAF en ladera generarían un impacto apreciable en términos de desarrollo sostenible, seguidas por el 73% de agroforestal de robusta, 62% de agroforestal con agave y 60% de agroforestal con arábica. Estas consideraciones abogan por el modelo agroforestal de café que podría tener un potencial mucho más grande como buena práctica productiva en áreas sin degradación que como modelo de restauración en paisajes degradados.

Analizando el impacto promedio por hectárea de la restauración sobre el conjunto de los ODS a nivel municipal (**Figura 57**), se pueden identificar las zonas y regiones del Estado con el más alto retorno en términos de desarrollo sostenible y por eso con el más alto nivel de priorización. En el **Anexo IX** se reporta la tabla completa de municipios con niveles de priorización e impacto sobre cada objetivo de desarrollo sostenible. Este análisis identifica 4 grandes áreas de focalización: Sierra Norte oriental, Costa-Sierra Norte central, Istmo meridional y Mixteca occidental, además de otras áreas menores de focalización más dispersas y de menor tamaño. Esta zonificación representa una importante herramienta para orientar políticas públicas y planificación territorial que promuevan objetivos de desarrollo integral a través de la restauración funcional del paisaje.

**Figura 57.** Impacto potencial (promedio por hectárea) de las oportunidades de restauración sobre el desarrollo sostenible a nivel municipal en el Estado de Oaxaca.



Fuente: Elaboración propia.

## 4. Propuesta para un modelo de implementación de la restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca

El mapeo de oportunidades de restauración del paisaje y la identificación de áreas geográficas prioritarias con base en su impacto potencial sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el Estado de Oaxaca representan la componente de planeación de nuestro análisis. Considerando la escala de intervención estimada, que varía entre 0.7 (áreas con nivel de priorización de moderado a muy alto, ver **Figura 55**) y 1.38 millones de hectáreas (considerando la totalidad de oportunidades de restauración, ver **Figura 49**), el instrumento de planificación territorial tiene que complementarse con un sólido esquema de implementación que incluya la conformación de un portafolio de prospectos de inversión a través de proyectos piloto y una propuesta de mecanismo de financiamiento que permita movilizar recursos públicos y privados.

Ambos componentes están ligados, pues la formulación de iniciativas piloto determina la ubicación y características centrales de los usuarios potenciales del mecanismo de financiamiento, aportando con ello importantes insumos de diseño y fungiendo como un portafolio de inversión muestra. Por ejemplo, a partir de las iniciativas piloto, se puede identificar el rango de financiamiento que cada iniciativa podría gestionar; se realiza una estimación del financiamiento estatal requerido anualmente para lograr un impacto en el territorio a escala amplia; y se determina la capacidad de revolvencia del flujo de financiamiento, entre otras.

### 4.1. Pilotos de inversión en restauración funcional del paisaje

El proceso metodológico para la identificación y formulación de iniciativas piloto necesita considerar los siguientes elementos:

1. Partir de experiencias previas en el territorio, lideradas por gobierno federal, estatal, organismos civiles nacionales e internacionales, para identificar las prácticas de restauración en marcha con potencial de escalamiento;
2. Identificar dentro de las experiencias territoriales, las iniciativas que pertenecen a los sectores estratégicos definidos por la MIRPP (es decir aquellas que incorporen actividades de restauración funcional en la producción de agave, café, ganadería silvopastoril y milpa) en las regiones prioritarias por su impacto potencial en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS);
3. Identificar el interés de las organizaciones y empresas seleccionadas en participar en un proceso de formulación de proyecto piloto para una inversión futura;
4. Evaluar el nivel de madurez de las propuestas de inversión para determinar la factibilidad de integrar un proyecto de inversión.

El análisis del estado actual de la restauración en Oaxaca, conducido en el marco de este estudio (**Capítulo 1.4**), proporciona la información necesaria para abordar a los cuatro elementos mencionados. De este cuadro emerge que la mayoría de las empresas y organizaciones mapeadas no son sujetos de crédito debido a la falta de garantías líquidas y avales o, de madurez en la administración empresarial (falta de

estados financieros auditados). Adicionalmente, su flujo de ingresos es, en muchos casos, insuficiente para tener un endeudamiento de manera prudencial, pues los procesos comerciales requieren un fortalecimiento previo en mejora de producto, activos y capacidades. Entonces, la madurez comercial y empresarial de las iniciativas es baja y las áreas comerciales requieren un trabajo de fortalecimiento y profesionalización. Por otro lado, la capacidad organizativa va de media a alta y son estables en operaciones y mecanismos de participación comunitaria. Todas estas consideraciones son importantes en la fase de evaluación de los prospectos de inversión.

Una vez identificadas las potenciales iniciativas piloto, el proceso de selección tiene que tomar en cuenta las siguientes características:

- Impacto en un territorio amplio (por ejemplo, más de 100 hectáreas);
- Existencia de una figura comercial y flujos de efectivo actuales o estimados;
- Modelo de producción claramente ligado a la restauración de paisajes;
- Liderazgo u organización colectiva.

En **Anexo X** se propone el ejemplo de tres prospectos con potencial de convertirse en proyectos piloto de restauración de paisajes en las cadenas de valor de agave, milpa y ganadería.

## 4.2. Modelo de financiamiento e intervención

El diseño conceptual, legal y operativo del modelo de financiamiento propuesto para promover la restauración funcional del paisaje en el Estado de Oaxaca se enfoca en:

- Movilizar recursos privados y públicos hacia la restauración productiva de paisajes.
- Potenciar el flujo actual de financiamiento ambiental estatal.

- Vincular las diversas iniciativas nacionales e internacionales en el territorio oaxaqueño para coordinar recursos de asistencia técnica y financieros.

- Establecer un marco de gobernanza plural e incluyente.

Este diseño se fundamenta en las características de la demanda potencial identificada por el mapa de oportunidades de restauración, existencia de experiencias y prácticas locales de restauración y formulación de proyectos piloto. En este contexto la inversión privada representa un componente fundamental para la sustentabilidad a largo plazo de la restauración a escala de paisaje. Pese al interés de actores privados en financiar la restauración funcional del paisaje y del aumento de donantes y financiadores en la economía regenerativa y la restauración de paisajes productivos y forestales, atraer con éxito la inversión privada requiere superar obstáculos inherentes a la naturaleza financiera de estas actividades, incluyendo el hecho de que algunas podrían no ser comercialmente viables o que las inversiones iniciales podrían parecer demasiado altas comparadas con el escenario business as usual o las prácticas agropecuarias convencionales. El análisis de oportunidades de restauración del capítulo anterior evidencia cómo los modelos con enfoque productivo tienen el potencial para generar un retorno de la inversión que, en la mayoría de los casos y dependiendo de la ubicación geográfica (potencial productivo), puede competir con el uso de suelo actual: fuente de degradación del paisaje. Sin embargo la rentabilidad de la inversión representa sólo una de las barreras a la inversión privada en restauración del paisaje (**Figura 58**).

El financiamiento a la restauración requiere planificarse en etapas, donde los fondos públicos o recursos concesionales son el motor para la movilización privada, y están explícitamente diseñados para superar algunas de las barreras descritas.

Para acompañar este proceso se plantea el diseño de dos instrumentos que interactúan para la movilización de recursos:

Figura 58. Barreras a la inversión privada en la restauración funcional del paisaje.

Barrera	Descripción
<b>Oportunidades de inversión</b>	La falta de oportunidades rentables, estructuradas adecuadamente y por un volumen suficiente en qué invertir (ganancias, años en punto muerto, la magnitud de una inversión específica)
<b>Conectividad de la cadena de suministro</b>	Cadenas de suministro desconectadas (que podrían ser oportunidades o costos de ineficiencia)
<b>Infraestructura</b>	Infraestructura física (carreteras y otras redes de transporte, energía y sistemas de irrigación) e inmaterial (procedimientos de aduanas o cooperación gubernamental)
<b>Derechos de propiedad de la tierra</b>	Derechos sobre la tierra y el agua indefinidos que son necesarios para incentivar la inversión en las mejoras a la productividad de la tierra
<b>Efectividad de la adopción</b>	Adopción deficiente de prácticas de restauración por causa de un capital humano inadecuado
<b>Riesgo normativo y político</b>	Las normativas estrictas y la burocracia excesiva socavan la inversión al incrementar los costos y retrasos para las inversiones, lo que resulta en niveles de corrupción altos entre funcionarios públicos, como se muestra en los informes “Doing Business” del Banco Mundial
<b>Macroeconomía</b>	La falta de un ambiente macroeconómico propicio donde la inflación se contenga y el tipo de cambio sea estable
<b>Mercados de capital</b>	Mercados de capital poco desarrollados que limitan las opciones de salida de los inversores para realizar inversiones directas

Fuente: Elaboración propia.

- 1) Un fondo que reciba aportaciones públicas y privadas para su dispersión a través de diferentes instrumentos (por ejemplo, donaciones recuperables y no recuperables), conformado por un fideicomiso privado y una asociación civil multiactor como fideicomisaria;
- 2) Una plataforma de fortalecimiento y vinculación para la provisión de asistencia técnica agronómica, empresarial, comercial o financiera a beneficiarios del fondo.

La propuesta conceptual considera estos dos instrumentos como complementarios, pues el flujo de recursos financieros requiere de acompañamiento técnico para una ejecución efectiva. Adicionalmente, se identificó un conjunto de entidades internacionales interesadas en participar en una plataforma para brindar asistencia técnica especializada como parte de programas o proyectos más amplios.

#### 4.2.1. Mecanismo financiero

El mecanismo financiero propuesto asume que los beneficiarios contarán con un flujo de ingresos por ventas de productos y servicios de la restauración del paisaje y se espera que, en el corto o mediano plazo, los beneficiarios utilicen canales de financiamiento existentes en el mercado, como crédito y garantías e inversión. Esto debido al enfoque productivo que se ha definido para el proyecto. En este sentido, es un mecanismo habilitador de inversiones futuras, que se plantea explícitamente movilizar capital privado y de donantes a partir de la colocación de recursos públicos concesionales que soporten procesos de fortalecimiento, tanto en la producción como en la comercialización de productos de la restauración del paisaje.

Los beneficios para el Gobierno del Estado de Oaxaca de la movilización de recursos públicos vía un Fondo revolvente para la restauración funcional del paisaje son:

- Apalancamiento de recursos privados en proporción de 1:3;

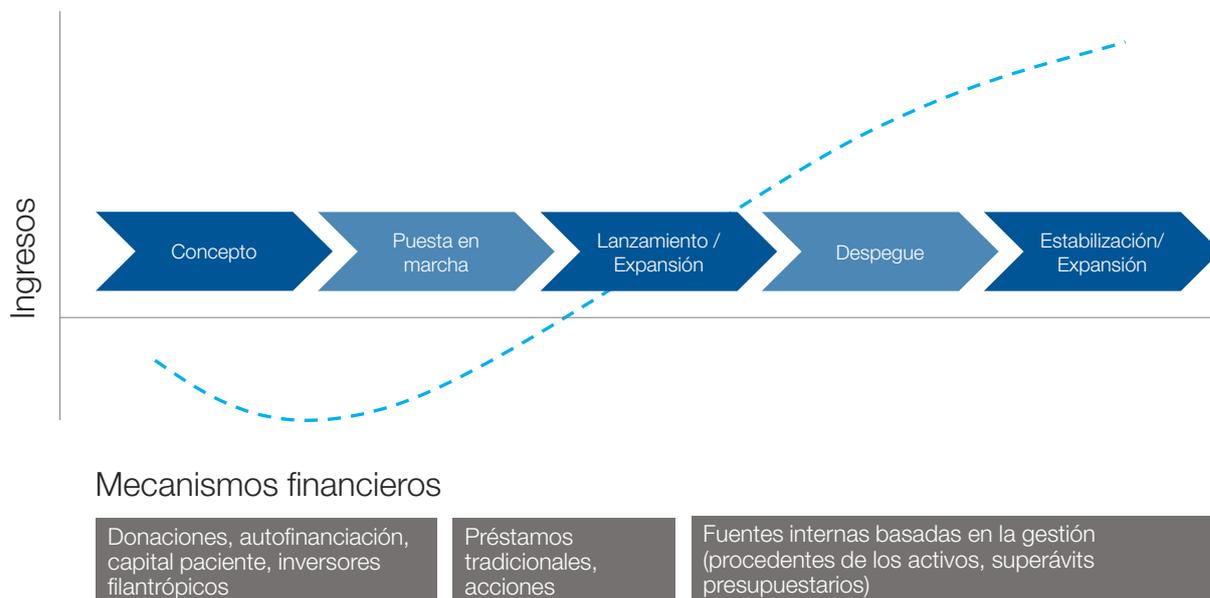
- Incremento de la productividad en cadenas de valor;
- Posibilidad de utilizar este mecanismo como una estrategia de dispersión de recursos públicos para reactivar la economía local de Oaxaca en un contexto de crisis económica post COVID 19, apoyando, particularmente, a grupos altamente vulnerables cuyos medios de vida dependen de continuar produciendo y comercializando sus productos y servicios.

El mecanismo financiero propuesto podrá recibir aportaciones económicas públicas y privadas, y gestionarlas para realizar aportaciones recuperables a favor de beneficiarios elegibles (personas morales) en el Estado de Oaxaca que formen parte de cadenas productivas con potencial de contribuir a la restauración funcional del paisaje a gran escala. Paralelamente, el mecanismo contribuirá al fortalecimiento de capacidades técnicas y gestión de negocio de los beneficiarios a través de la contratación de proveedores de asistencia técnica específica y la coordinación de asistencia concertada con aliados de la plataforma de fortalecimiento.

Las fuentes de financiamiento dependen de las características de los mecanismos que se estructuran para atender necesidades específicas relacionadas con la etapa de madurez en la que se encuentra un determinado proyecto; el tipo de recursos que se puedan movilizar dependerá de estos rasgos. Como se observa en la **Figura 59**, las etapas de conceptualización y puesta en marcha de un negocio, especialmente si es de estructura social y basado en la restauración, requieren de recursos no reembolsables o concesionales. En el caso de los beneficiarios potenciales identificados en Oaxaca, estas etapas no implican la creación de una nueva empresa, sino la transición de proyectos de corte comunitario a negocios financieramente viables con estructuras comerciales más sólidas.

Mientras más beneficio económico-financiero tenga una intervención en restauración, más oportunidades habrá de atraer financiación privada; y mientras más

**Figura 59.** Fuentes de financiamiento por nivel de madurez comercial de un proyecto



Fuente: Elaboración propia.

beneficios sociales genere una intervención, mejores serán las probabilidades de atraer mecanismos de financiación del sector público. Una de las áreas de oportunidad para el financiamiento de la restauración funcional del paisaje es movilizar la inversión privada, pues representa una cartera nueva y creciente de fondos en apoyo a los objetivos de restauración y la mejora de los medios de vida en general.

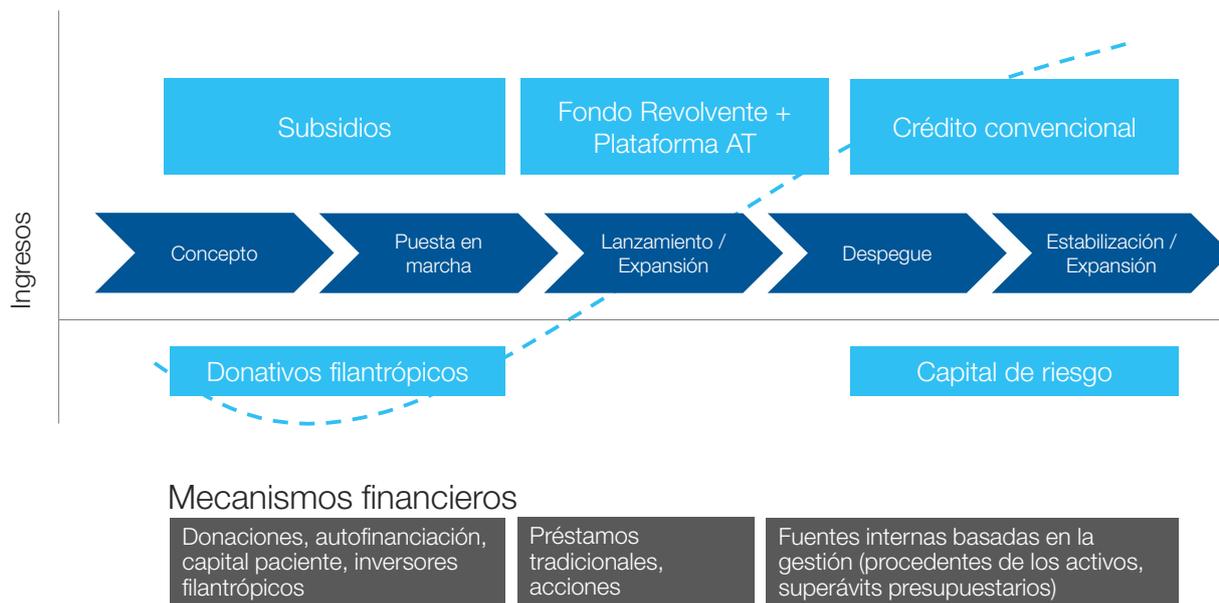
El mecanismo financiero propuesto responde a la necesidad de un esquema innovador cuya oferta de valor contribuya a cerrar la brecha entre las donaciones filantrópicas y los subsidios gubernamentales; y el mercado de financiamiento y capital existente en el país. Este mecanismo (**Figura 60**) atiende a las empresas sociales o grupos de productores que ya cuentan con experiencia en producción y comercialización, pero aún no alcanzan una madurez financiera y comercial para crecer por sí mismos. En este espacio se ubica la oportunidad de financiamiento que ha identificado el análisis ROAM del presente documento.

El mecanismo descrito atiende las siguientes problemáticas y necesidades enfrentadas por las organizaciones productoras que utilizan prácticas con potencial de restauración funcional del paisaje:

1. Desarrollar capacidades para la apropiación de prácticas tradicionales y sustentables, así como innovaciones tecnológicas que contribuyan a incrementar el potencial de restauración productiva.
2. Contar con infraestructura productiva y equipamiento adicional para incrementar su producción y/o productividad, capacidad de procesamiento y agregación de valor.
3. Formular e implementar estrategias de marketing y comercialización dirigidas a segmentos de mercado específicos.
4. Fortalecer capacidades de gestión de negocios.

El diseño del mecanismo financiero propuesto para acompañar la implementación de la restauración funcional del paisaje en Oaxaca se estructuraría utilizando dos figuras provistas por las leyes mexicanas:

Figura 60. Oferta de valor del mecanismo financiero propuesto



Fuente: Elaboración propia.

- 1) Un fideicomiso privado a través del cual se administre un fondo revolvente que disperse recursos a beneficiarios elegibles;
- 2) Una asociación civil - donataria autorizada que funja como Fideicomisaria, reciba donaciones deducibles de impuestos para ser administradas conforme a las provisiones del Contrato del Fideicomiso.

#### 4.2.1.1. Fideicomiso

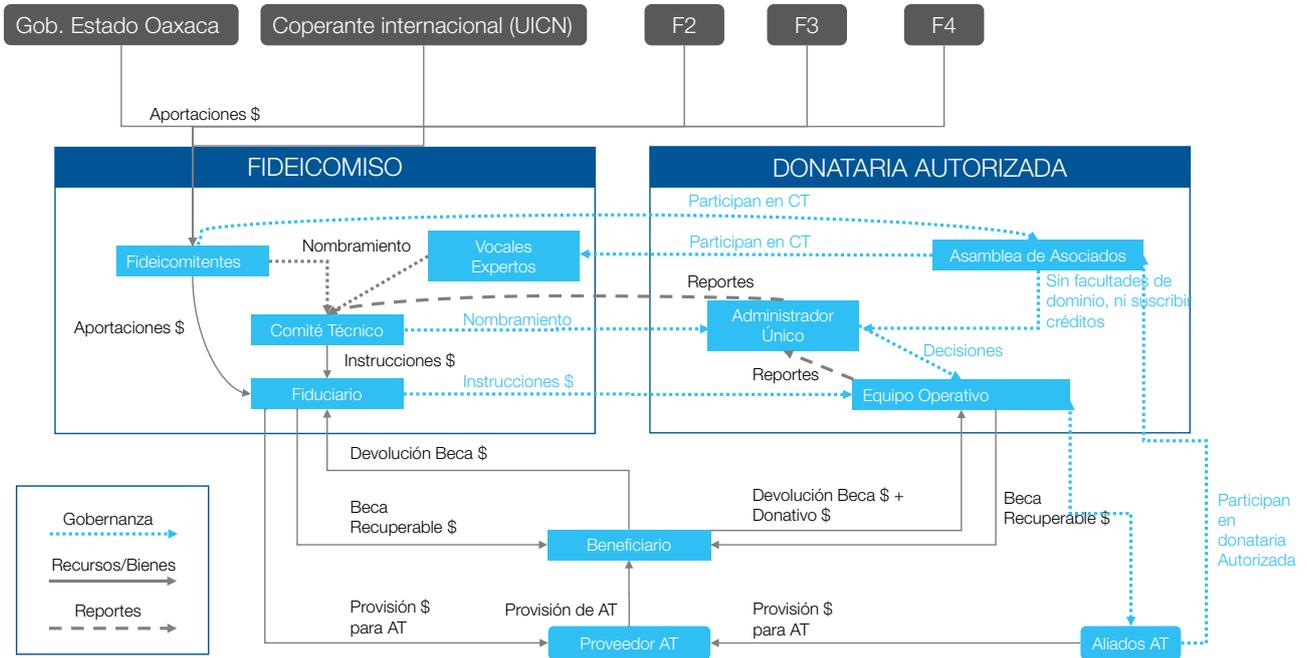
El presente vehículo financiero se plantea con la finalidad de maximizar la transparencia en el otorgamiento de recursos a las empresas que cumplan con las características necesarias para ser nombradas como beneficiarias. Considerando la escasa factibilidad para transferir recursos privados a un fideicomiso público, el fondo operará mediante la creación de un Fideicomiso Privado establecido bajo el marco regulatorio mexicano.

Los fines del fideicomiso se proponen como:

1. Garantizar el cumplimiento de lo establecido en el documento vinculante<sup>19</sup> para impulsar la restauración funcional del paisaje en Oaxaca;
2. Supervisar la evaluación con criterios pre-establecidos, y de acuerdo con ella, entregar, mediante instrucciones del Comité Técnico, los recursos para los beneficiarios que cumplan con los requisitos especificados;
3. Fomentar mediante sus órganos operativos el desarrollo de una estrategia de sostenibilidad financiera de largo plazo;
4. Cumplir en medida de lo posible y sin contravenir a lo establecido por el Secreto Bancario y Fiduciario, con las medidas de transparencia necesarias, a fin de ser un vehículo financiero con transparencia en la entrega de recursos.

<sup>19</sup> Este documento vinculante podrá ser un acta de sesión de los integrantes de la Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva de Paisajes con presencia de los Fideicomitentes.

**Figura 61.** Estructura institucional y operativa del mecanismo de financiamiento propuesto



Fuente: Elaboración propia.

#### Cuadro 4. Partes del Fideicomiso

Las partes del Fideicomiso son representadas por Fideicomitentes, Fideicomisario, Fiduciario y Comité Técnico. Los Fideicomitentes podrán ser el Gobierno del Estado de Oaxaca representado por la Secretaría de Finanzas y/o alguna entidad paraestatal de las contempladas en la Ley de Entidades Paraestatales del Estado de Oaxaca, también todas aquellas instituciones privadas que aporten recursos para los fines acordados.

El **Fideicomiso** permitirá la participación de figuras jurídicas de diversa índole como Fideicomitentes aportantes de recursos privados, incluyendo fundaciones privadas, instituciones bancarias, organizaciones de la sociedad civil, agencias de desarrollo y bancos de desarrollo. Lo anterior siempre y cuando sus estatutos constitutivos les permitan ser fideicomitentes de un fideicomiso privado.

Bajo este modelo, el **Fideicomisario** principal será una Asociación Civil con el carácter de Donataria autorizada. El Fiduciario, podrá ser, de conformidad con lo establecido en el Artículo 395 de la Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito, alguna de las siguientes: Instituciones de crédito; Instituciones de seguros; Instituciones de fianzas; Casas de bolsa; Sociedades financieras de objeto múltiple a que se refiere el artículo 87-B de la Ley General de Organizaciones y Actividades Auxiliares del Crédito; Almacenes generales de depósito, y Uniones de crédito.

El **Comité Técnico**, es el órgano rector del fideicomiso y contará con las siguientes facultades:

- Autorizar los procedimientos de evaluación de propuestas, desembolso, monitoreo y rendición de cuentas de los beneficiarios;

- Autorizar la entrega de recursos con cargo al patrimonio del Fideicomiso, previo análisis y opinión favorable del Director General de la Donataria, con firma del Consultor que se dedicó a verificar el caso específico de cada beneficiario;
- Conocer sobre la Administración de los recursos del Fondo Revolvente, la cartera de beneficiarios, los expedientes de los beneficiarios que integre la Donataria, así como definir su prioridad y prelación, conforme a las disposiciones federales y locales aplicables;
- Dar seguimiento al avance financiero y físico de los estudios, planes, estructura de la donataria, autorizar los cambios de personal de la Donataria, y designación de beneficiarios del Fondo, previa revisión del expediente que exista por solicitante;
- Cubrir durante toda la vida del Fondo, con los honorarios y nómina, cargas sociales de los empleados de dicho Fondo;

El Comité Técnico estará integrado por representantes de los Fideicomitentes incluyendo:

- 1) al titular de la Secretaría de Finanzas estatal, el cual a su vez podrá nombrar un suplente, quien deberá ostentar con un cargo mínimo de Director de Área;
- 2) entidades aportantes que de así definirlo, deseen participar en la operación del instrumento;
- 3) un miembro que represente una organización internacional con presencia en el Estado (como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza u otra organización con suficiencia técnica y legal);
- 4) un presidente del Comité Técnico, el cual deberá tener más de 15 años de experiencia en el sector de Recursos Naturales;
- 5) un representante del sector privado, de una entidad financiera o de inversión en el ramo de la conservación, restauración o aprovechamiento sustentable de recursos naturales.

El Comité Técnico podrá contar con Vocales Expertos en la materia, con voz, pero sin derecho a voto, dentro de los cuales se proponen: 1) personas con calidad técnica y moral en torno a la restauración funcional de paisajes, la conservación y el aprovechamiento sustentable, 2) autoridades comunales o ejidales; 3) representantes de las instituciones aliadas de la Plataforma de Fortalecimiento.

El Comité Técnico deberá renovarse cada cuatro años. En caso de que después de la creación del Fideicomiso se quiera incluir a Fideicomitentes adicionales, se deberá realizar un Convenio Modificatorio al Fideicomiso para incluir a nuevos integrantes al Comité Técnico. El Comité Técnico deberá sesionar de manera ordinaria conforme al calendario que el comité determine o a solicitud de su presidente, y de manera extraordinaria a solicitud de cualquiera de sus miembros. Las sesiones se realizarán en las oficinas que para tal efecto tenga designadas la Donataria o vía los medios electrónicos que el mismo comité haya autorizado.

Para que el Comité Técnico sesione válidamente, se requerirá que estén presentes la mayoría calificada de sus miembros con voto (3 de 4), siempre y cuando entre ellos se encuentre su presidente. Las resoluciones del Comité Técnico se emitirán por mayoría de votos y todos sus miembros tendrán la obligación de pronunciarse en las votaciones, con la finalidad de los casos de empate en las decisiones del Comité Técnico, será necesario que se integre por mínimo 3 integrantes o por 5 integrantes como máximo. Los Acuerdos serán obligatorios para el Fiduciario, siempre y cuando le sean notificados oportunamente y en forma por la Secretaría de Actas, que se designe por cada sesión, acompañado del acta correspondiente y/o la constancia de acuerdo respectiva.

La propuesta de capitalización de este instrumento financiero considera la constitución y consolidación del patrimonio del Fondo Revolvente por las aportaciones de las siguientes fuentes:

1. Aportaciones iniciales y atemporales a partir de 5 millones de pesos mexicanos directamente realizadas al Fideicomiso por Fideicomitentes:
  - a. Los recursos públicos que el Gobierno del Estado de Oaxaca designe para tal efecto.
  - b. Recursos privados, mediante fondeadores Fideicomitentes.
2. Donativos privados deducibles de impuestos por debajo de 5 millones de pesos mexicanos realizados por donantes a la Donataria Autorizada;
3. Devoluciones de las aportaciones que los Beneficiarios realicen a la Donataria Autorizada o al Fideicomiso;
4. Aportaciones adicionales que los Beneficiarios realicen a la Donataria Autorizada para contribuir al desarrollo de nuevos beneficiarios del Fondo Revolvente.

Desde una perspectiva conservadora, el modelo financiero asume que únicamente 2/3 partes de los beneficiarios estarán en capacidad de devolver las aportaciones recibidas al término de 24 meses, y sólo 25% de los beneficiarios tendrán la posibilidad de realizar aportaciones adicionales a la Donataria Autorizada hasta por 10% del monto de la aportación recibida.

El Fideicomiso se capitalizará inicialmente de la aportación de fondeadores y donantes. La meta de fondeo inicial es de 14.5 millones de pesos mexicanos para mantener flujos de caja saludables. En este sentido, se podrán realizar aportaciones adicionales de capital en cualquier momento. Con este nivel de capitalización se espera invertir en 5 beneficiarios anuales los primeros cuatro años, creciendo hasta 15 beneficiarios anuales a partir del año 5.

La capitalización del Fondo Revolvente se propone que tenga una aportación inicial del Gobierno del Estado de Oaxaca al Fideicomiso Privado y de manera anual se alimentaría de dos fuentes (**Figura 62**):

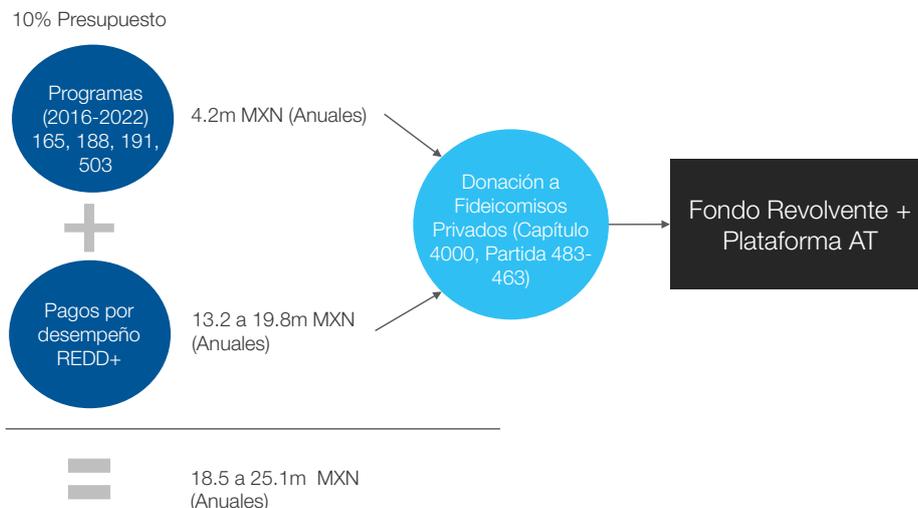
1. Una porción del Presupuesto Público Estatal, incluyendo un porcentaje de los ingresos obtenidos por la recaudación de los impuestos y derechos en materia ambiental, a determinar por la SEMAEDESO y SEFIN.
2. Los ingresos por pago por desempeño jurisdiccional REDD+ y de otras fuentes de financiamiento climático (como el fondo verde del clima o de los mercados de carbono) que el mismo Gobierno del Estado de Oaxaca prepare y gestione con el apoyo del fideicomiso o de manera independiente, previo acuerdo con el Comité Técnico.

Respecto a la potencial aportación de recursos públicos a través del presupuesto, incluidos los derivados de la recaudación de impuestos y derechos en materia ambiental, el marco presupuestario del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 tiene cuatro programas con un presupuesto anual (2020) de 60.5 millones de pesos mexicanos. El modelo financiero de esta propuesta se basa en el supuesto de que se aporta un mínimo de 10% de este presupuesto anual al Fondo Revolvente.

Por otro lado, los ingresos por pago por desempeño jurisdiccional REDD+ se estiman con base en la Iniciativa de Reducción de Emisiones REDD+ la cual establece la generación de entre 80,000 y 120,000 t CO<sub>2</sub>e al año. Dicho desempeño podrá monetizarse a través de acuerdos bilaterales entre el Gobierno del Estado de Oaxaca y otras jurisdicciones interesadas en establecer contratos de compra venta de emisiones evitadas (ERPAs) por la realización de acciones REDD+. Si bien este escenario depende en gran medida del avance y coordinación del Gobierno Federal con organismos financieros internacionales, se mantiene dentro del diseño conceptual, ya que este mecanismo se considera de mediano y largo plazo.

La aportación del Gobierno de Estado de Oaxaca al patrimonio del Fideicomiso se plantea conforme se establece en el Presupuesto de Egresos del Estado, mediante el capítulo 4000 identificado como Subsidios y Transferencias.

**Figura 62.** Fondeo público al mecanismo financiero para la restauración del paisaje.



Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5. Programas Presupuestarios del Gobierno de Oaxaca con relevancia para el instrumento financiero propuesto**

De acuerdo al Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 existen 4 Programas Presupuestarios (PP) relevantes para justificar las aportaciones públicas al Fondo Revolvente.

**Cambio climático (PP 188)**

Objetivo: Desarrollar y promover una política pública que permita mitigar los impactos del cambio climático mediante el control de emisiones de gases de efecto invernadero, así como establecer y aplicar mecanismos de adaptación en los sectores social, ambiental y de desarrollo del Estado

- Este Programa Presupuestario está integrado por subprogramas que atienden únicamente las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático.
- La Unidad Responsable (UR) responsable es la SEMADESO.
- El monto presupuestado para 2020 asciende a 299,070 pesos mexicanos.
- Conclusión: Esta PP sólo da cobertura a unas de las áreas de oportunidad identificadas.

**Conservación de ecosistemas y prevención del deterioro ambiental (PP 165)**

Objetivo: Impulsar el desarrollo sustentable mediante políticas públicas para la protección y conservación de los recursos naturales, la preservación del equilibrio ecológico y la promoción de una cultura ambiental, considerando la participación social y respetando los derechos de los pueblos indígenas.

- Este PP está integrado por subprogramas que atienden asuntos directamente relacionados con la SEMADESO tales como gestión ambiental, áreas naturales protegidas, restauración, educación ambiental, entre otros.
- La UR responsable es la SEMADESO e incluye a las siguientes UR: Comisión Estatal del Agua, los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Oaxaca (operaban un PSA).
- El monto presupuestado para 2020 asciende a 37,743,837 pesos mexicanos.
- Conclusión: Esta PP tiene un espectro de atención amplio para atender temas de las áreas de oportunidad identificadas.

### **Conservación y restauración forestal (PP 191)**

Objetivo: Reducir la deforestación y degradación de los ecosistemas forestales, mediante restauración y protección, contribuyendo a su equilibrio y uso sustentable, así como a la conservación de la biodiversidad.

- Este PP está integrado por subprogramas que atienden asuntos directamente relacionados con la SEMADESO tales como gestión ambiental, áreas naturales protegidas, restauración, educación ambiental, entre otros.
- La UR responsable es la Comisión Estatal Forestal e incluye a las siguientes UR: SEMADESO.
- El monto presupuestado para 2020 asciende a 8,688,320 pesos mexicanos.
- Conclusión: Esta PP sólo da cobertura a unas de las áreas de oportunidad identificadas.

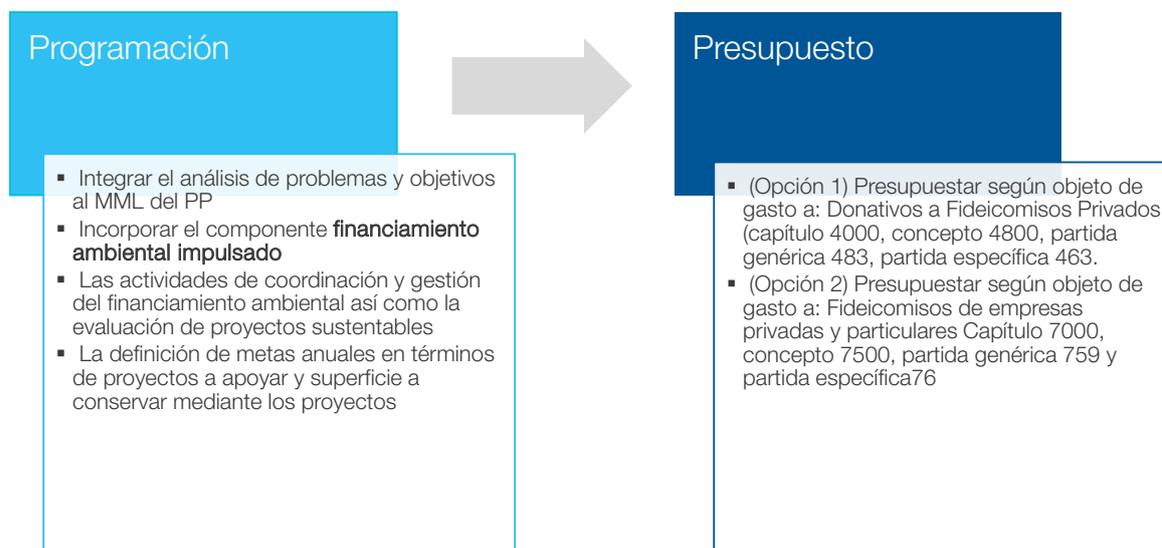
### **Producción y productividad forestal sustentable (PP 513)**

Objetivo: incrementar la producción y productividad del sector forestal del Estado de Oaxaca, elevando los niveles de desarrollo forestal comunitario.

- Este PP está integrado por subprogramas que brindan apoyos económicos para fomentar la producción y productividad forestal.
- La UR responsable es la Comisión Estatal Forestal e incluye además a la SEDAPA como UR relacionada.
- El monto presupuestado para 2020 asciende a 13,624,261 pesos mexicanos.
- Conclusión: Esta PP sólo da cobertura a unas de las áreas de oportunidad identificadas.

El PP 165 Conservación de ecosistemas y prevención del deterioro ambiental podría funcionar como el marco programático-presupuestal pues atiende a las áreas de oportunidad identificadas en el marco de la restauración funcional del paisaje de Oaxaca.

**Figura 63.** Integración de aportaciones al Fondo Revolvente en el presupuesto estatal.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1.2. Fideicomisario

Bajo el modelo de Fideicomiso propuesto y en calidad de Fideicomisario principal para asistir la operación del Fondo Revolvente, se propone la creación de una Asociación Civil (que obtenga autorización de la SHCP para emitir recibos deducibles de impuestos) con el carácter de Donataria Autorizada, la cual tendrá las siguientes funciones:

1. Recibir las donaciones menores de 5 millones de pesos mexicanos;
2. Realizar la evaluación, debida diligencia y verificación de los proyectos para la designación de beneficiarios del Fondo;
3. Asistir en la entrega de recursos, conforme a las instrucciones de Comité Técnico del Fideicomiso Privado;
4. Integrar los expedientes de los solicitantes al beneficio del Fondo;
5. Reportar al Comité Técnico los resultados de las aportaciones otorgadas, así como los montos devueltos y las aportaciones adicionales por parte de los Beneficiarios.

Para realizar las funciones arriba descritas, la Donataria Autorizada deberá tener una estructura operativa mínima que le permita lograr los objetivos del Fondo, así como cumplir con el marco regulatorio aplicable (**Tabla 13**).

Se espera que los costos operativos se concentren en la Donataria Autorizada y sean sufragados principalmente por recursos de la asociación derivados de los donativos recibidos. En caso de no contar con recursos suficientes el Comité Técnico debe instruir al Fiduciario la transferencia de recursos del Fideicomiso a la Donataria Autorizada para cubrir sus gastos operativos anuales, alternativa que debe estar prevista en el objeto original del fideicomiso.

#### 4.2.1.3. Dispersiones y erogaciones

Se proponen cuatro modalidades de dispersión y erogación de recursos que serán necesarias para salvaguardar el patrimonio del Fideicomiso, así como mantener un sano flujo de caja en la Donataria Autorizada para cubrir los gastos operativos y pagar la provisión de asistencia técnica para atender a los Beneficiarios.

**Tabla 13.** Estructura operativa propuesta para la Asociación Civil.

Roles	Funciones	Procesos Clave	Justificación legal de su cargo
Director(a) General	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Controla todas las áreas de la Asociación.</li> <li>· Debe ser el mayor abanderado de los valores y la cultura organizacional.</li> <li>· Es el máximo responsable de cara a terceros, como la prensa, los inversores, los proveedores, clientes, etc.</li> <li>· Supervisión de resultados y responsabilidad sobre los mismos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Elaboración de los objetivos a corto y a largo plazo.</li> <li>· Control de procesos, procedimientos y respeto a la legalidad de los actos de la Asociación entre otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Código Civil del Estado de Oaxaca. Artículo 2557.- El poder supremo de las asociaciones reside en la asamblea general. El director o directores de ellas tendrán las facultades que les concedan los estatutos y la asamblea general, con sujeción a estos documentos.</li> </ul>
Subdirector(a) de Beneficiarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Realiza la verificación documental sobre los Beneficiarios.</li> <li>· Realiza el Proceso de Identificación y conocimiento del cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Todas las actividades relacionadas con los beneficiarios, seguimiento y retención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ley Federal del Trabajo Artículo 134 Frac III.- Desempeñar el servicio bajo la dirección del patrón o de su representante, a cuya autoridad estarán subordinados en todo lo concerniente al trabajo.</li> </ul>
Subdirector(a) de Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Realiza todos los procesos de evaluación sobre los prospectos de beneficiarios.</li> <li>· Coordina la plantilla externa de Verificadores de Campo.</li> <li>· Coordina las visitas a candidatos y beneficiarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Evaluación de las capacidades que tengan los prospectos a beneficiarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ley Federal del Trabajo Artículo 134 Frac III.- Desempeñar el servicio bajo la dirección del patrón o de su representante, a cuya autoridad estarán subordinados en todo lo concerniente al trabajo.</li> </ul>
Subdirector(a) Jurídico (Externo en el corto plazo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Protege los intereses de la Asociación.</li> <li>· Redacta toda la documentación legal, desde convenios con proveedores, hasta el Aviso de Privacidad de la Asociación.</li> <li>· Apoya a la Subdirección de Beneficiarios para verificar la autenticidad y en su caso dictaminar los documentos corporativos de los candidatos a beneficiarios.</li> <li>· Redacta los documentos corporativos de la Asociación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Asesoramiento, protección y resolución de conflictos dentro de la Asociación y ante terceros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Se requiere una persona que pueda ejercer libremente lo establecido en el Código Civil, en el Artículo 2435.- En todos los poderes generales para pleitos y cobranzas, bastará que se diga que se otorga con todas las facultades generales y las especiales que requieran cláusula especial.</li> </ul>

### **1. Beca Recuperable dispersada por el Fideicomiso al Beneficiario**

Las Becas Recuperables serán la única dispersión autorizada de recursos que haga el Fiduciario directamente de la cuenta del Fideicomiso a los Beneficiarios elegibles. El monto máximo de la beca será de hasta 1.2 millones de pesos mexicanos por Beneficiario.

### **2. Beca Recuperable dispersada por la Donataria Autorizada al Beneficiario**

Cuando la Donataria Autorizada tenga recursos económicos en su cuenta que excedan los gastos operativos de 2 años, el Comité Técnico podrá instruir a la misma, la transferencia de recursos al Beneficiario para cubrir la Beca Recuperable en nombre del Fideicomiso. Las operaciones antes mencionadas serán verificadas con el Fiduciario.

### **3. Transferencia de la Donataria Autorizada al Fideicomiso**

En caso de que la Donataria Autorizada cuente con recursos equivalentes a más de 2 años de gastos operativos, el Comité Técnico deberá instruir a la misma la transferencia de recursos excedentes al Fideicomiso para salvaguardar e incrementar su Patrimonio.

Este tipo de transacción podría ser sujeta a un pago de ISR excepto que los Fideicomitentes aceptaran una aportación por parte de la Asociación Civil, misma que se tendría que convertir en un Fideicomitente en ese momento, situación en la que se deberá garantizar que no se pierde el estatus de Donataria Autorizada.

### **4. Erogación del Fideicomiso y/o Donataria Autorizada a Proveedores de Asistencia Técnica**

La erogación de recursos económicos para pagar los servicios de Proveedores de Asistencia Técnica será realizada de preferencia con recursos disponibles en la cuenta de la Donataria Autorizada, previa

autorización del Comité Técnico. Sólo en casos donde no existan recursos disponibles el Comité Técnico podrá instruir al Fiduciario el pago de servicios de asistencia técnica a Beneficiarios. Lo anterior, para no incurrir en gastos fiduciarios innecesarios por un exceso de instrucciones al Fiduciario que erosionen el Patrimonio del Fideicomiso. Se estima que el 15% del valor de la Beca Recuperable sea destinada al pago de servicios de asistencia técnica.

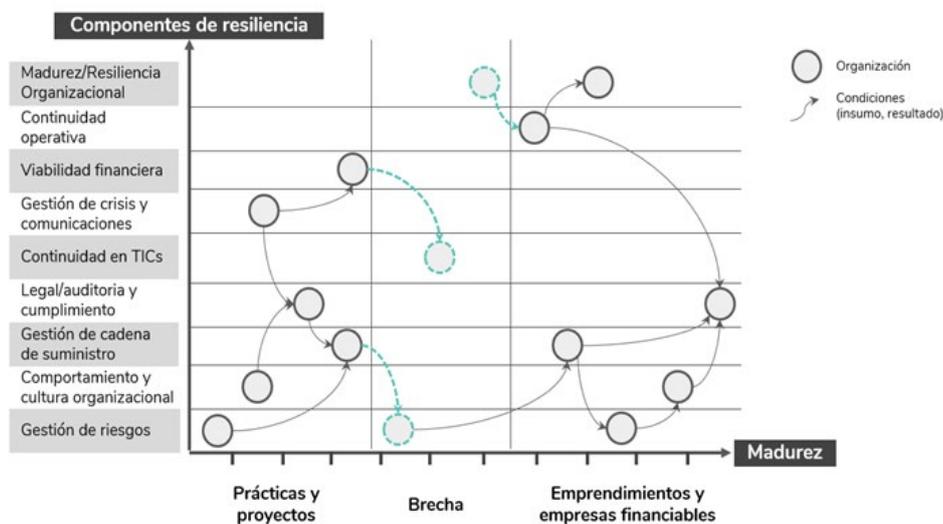
### **4.2.2. Plataforma de fortalecimiento**

La plataforma del fortalecimiento tiene como objetivo contribuir a la construcción de capacidades técnicas y de gestión de negocio de los beneficiarios a través de la contratación de proveedores de asistencia técnica específica y la coordinación de asistencia concertada con aliados de la plataforma que concurren en el territorio. El fortalecimiento de capacidades previo o simultáneo se recomienda sea un requisito de elegibilidad para las empresas que decidan aplicar al programa de becas recuperables.

Para facilitar la resiliencia a nivel de cadena productiva, como a nivel organizacional, los acuerdos de colaboración entre las instituciones deben operar con un marco conceptual mínimamente compartido. En esta propuesta se sugiere hacer referencia a los 7 Principios de construcción de resiliencia en sistemas socio-ecológicos desarrollados por el Stockholm Resilience Centre (Biggs, et al., 2015):

- Principio 1: Mantener diversidad y redundancia
- Principio 2: Gestionar la conectividad
- Principio 3: Gestionar variables lentas y retroalimentaciones
- Principio 4: Fomentar el pensamiento de sistemas adaptativos complejos
- Principio 5: Fomentar el aprendizaje
- Principio 6: Ampliar la participación
- Principio 7: Promover sistemas de gobernanza policéntrica.

Figura 64. Marco conceptual para la asistencia técnica colaborativa.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2.1. Estructura de gobernanza de la Plataforma de Fortalecimiento

Además de fungir como Fideicomisario del Fideicomiso del Fondo Revolvente, la Asociación Civil con registro de Donataria Autorizada tendrá el rol de coordinación de la plataforma, por lo cual debe contar con el objeto social enfocado a brindar asistencia técnica a los beneficiarios.

La Plataforma de Fortalecimiento contará con una instancia de gobernanza. La Donataria Autorizada tendrá un Administrador Único que será seleccionado por el Comité Técnico del Fideicomiso con perfil y criterio predefinidos. Los socios de la Donataria Autorizada serán los que designen los Fideicomitentes, así como representantes de instituciones aliadas de la plataforma que provean asistencia técnica concurrente formalmente acordada mediante un Acuerdo de Colaboración.

Es importante destacar que los Socios de la Donataria Autorizada, salvo los Fideicomitentes, no tienen facultades de dominio, ni la capacidad de suscribir créditos sobre los recursos económicos de

la Donataria Autorizada; con el objeto de salvaguardar el Patrimonio del Fideicomiso existente en las cuentas de la Donataria. Sin embargo, la Asamblea de Asociados funge como órgano de decisión respecto a la definición de prioridades de asistencia técnica para los beneficiarios.

Esta estructura de gobernanza policéntrica, o de estructuras anidadas (las normas y reglas que rigen las interacciones) conecta a las instituciones a través de un conjunto de reglas que permitan la interacción dinámica para que las personas adecuadas en el momento correcto, atiendan rápidamente las necesidades y problemas de los proyectos, emprendimientos y empresas.

Las ventajas de este enfoque de gobernanza son:

- Permite la creación de reglas y compromiso social entre los signatarios del acuerdo para detonar una acción colectiva frente a una situación particular.
- Mejora la resiliencia de la plataforma y los servicios provistos.
- Brinda oportunidades para aprender y experimentar.
- Permite niveles más amplios de participación; mejora la conectividad y crea modularidad.

- Mejora la capacidad de respuesta conjunta y diversa, y construye redundancia en la provisión de asistencia técnica.
- Provee asistencia a sistemas socio-ecológicos para mejorar servicios ecosistémicos, porque el conocimiento tradicional y local tiene muchas más posibilidades de ser considerado.
- Mejora el intercambio de conocimiento y aprendizaje entre culturas y escalas.

#### **4.2.2.2. Acuerdos de colaboración**

La plataforma de fortalecimiento será funcional en la medida en que se establezcan acuerdos de colaboración multi-actor que tengan como objeto robustecer la resiliencia organizacional de las prácticas, proyectos, emprendimientos y empresas que realizan acciones relacionadas a la restauración funcional del paisaje de forma que logren gestionar la disrupción y cambio en su entorno, continúen su desarrollo y puedan acceder a financiamiento para lograr sus objetivos.

Los Acuerdos de Colaboración deben establecerse para cada una de las cadenas productivas relacionadas a la RFP. Porque cada cadena presenta retos y condiciones específicas que requieren asistencia técnica y financiamiento particulares.

Los Acuerdos de Colaboración entre actores y la Donataria Autorizada para proveer asistencia técnica concurrente estarán orientados a:

- 1) Construir capacidades de emprendedurismo.
- 2) Fortalecer capacidades técnicas para adoptar nuevas prácticas de producción y procesamiento.
- 3) Fortalecer los modelos de negocio.
- 4) Robustecer la resiliencia organizacional de las organizaciones productivas sin importar su etapa de madurez.

#### **4.2.2.3. Estructura operativa**

Para realizar las funciones arriba descritas, la Donataria Autorizada debe tener una estructura

operativa mínima que le permita lograr los objetivos de asistencia técnica planteados.

#### **4.2.2.4. Costos de la estructura operativa**

Los gastos de compensación del Coordinador(a) de la Plataforma de Fortalecimiento están incluidos en el modelo financiero. Esto incluye compensaciones al personal dentro de la estructura operativa de la Donataria Autorizada, presupuesto para viajes nacionales e internacionales, gastos de oficina, servicios profesionales (incluidos legales, notariales, contables y fiduciarios) y gastos generales y de marketing.

Por otro lado, los gastos incurridos en la ejecución de Acuerdos de Colaboración específicos firmados con Aliados de AT deberán incluir una descripción de los gastos, así como la fuente de los recursos necesarios para sufragar dichos gastos. Se espera que estos gastos sean cubiertos con recursos provenientes de la Donataria Autorizada (o Fideicomiso) y los Aliados de AT. Los gastos administrativos ligados a los Acuerdos de Colaboración y de participación en la gobernanza de la Donataria Autorizada serán cubiertos por cada institución.

#### **4.2.2.5. Costos de la provisión de asistencia técnica**

Los Acuerdos de Colaboración deben considerar que cada institución suscrita al mismo absorba el costo de participación en la plataforma y provisión de asistencia técnica. En este sentido, se espera que las instituciones comprometan un mínimo de recursos humanos, materiales o económicos para proveer la asistencia técnica específica a un beneficiario elegible. Se espera también, que la Donataria Autorizada pueda disponer de recursos adicionales para complementar los recursos aportados por los miembros de la plataforma de manera que se asegure la calidad durante el proceso de fortalecimiento de los Beneficiarios.

**Tabla 14.** Roles y funciones de la Donataria Autorizada para la asistencia técnica.

Roles	Funciones	Procesos Clave	Justificación legal de su cargo
Coordinador(a) de la Plataforma de Fortalecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mantiene actualizado el catálogo de aliados y los mecanismos de asistencia técnica descritos anteriormente.</li> <li>· Coordina la demanda de diagnósticos a ser realizados por parte del Equipo de Evaluación Rápida.</li> <li>· Estructura términos de referencia (TdRs) para los Proveedores de AT y los Aliados de AT que cubran las necesidades de los Beneficiarios.</li> <li>· Define, junto con los Aliados de la plataforma, las metodologías detalladas para la provisión de asistencia técnica.</li> <li>· Reporta resultados de la asistencia técnica a la Asamblea de Asociados de la A.C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mantener actualizado el catálogo de aliados.</li> <li>· Coordinación y mantenimiento de los Acuerdos de Colaboración con Aliados de la Plataforma de Fortalecimiento.</li> <li>· Coordinación de los Equipos de Evaluación Rápida.</li> <li>· Recepción de reportes de resultados de los Equipos de Evaluación Rápida, Proveedores de AT y Aliados de AT.</li> <li>· Reportes de resultados de AT al Director (a) General por Beneficiario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Acta Constitutiva de la A.C.</li> <li>· Manual Operativo de la A.C.</li> </ul>
Equipo de Evaluación Rápida (Externo, Aliados AT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Encabeza el diagnóstico de necesidades de cadenas de valor y Beneficiarios específicos en el marco de la asistencia técnica provista por la Plataforma de Fortalecimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Identificación de necesidades específicas de cadenas de valor y/o Beneficiarios específicos.</li> <li>· Realización de visitas de campo a Beneficiarios de la Asistencia Técnica y Beneficiarios de la Beca Recuperable.</li> <li>· Reportes de hallazgos de visitas de campo a la Coordinación y Aliados de AT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Manual Operativo de la A.C.</li> </ul>
Proveedores de AT	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Provee asistencia técnica específica conforme al diagnóstico realizado por el Equipo de Evaluación Rápida y conforme a los TdRs generados por la Coordinación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Planeación y ejecución de la Asistencia Técnica a Beneficiarios conforme a los TdRs.</li> <li>· Reportes de resultados e impactos de la Asistencia Técnica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Manual Operativo de la A.C.</li> </ul>
Aliados de AT	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Provee asistencia técnica específica conforme al diagnóstico realizado por el Equipo de Evaluación Rápida y conforme a los TdRs generados junto con la Coordinación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Planeación y ejecución de la Asistencia Técnica a Beneficiarios conforme a los TdRs.</li> <li>· Reportes de resultados e impactos de la Asistencia Técnica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Manual Operativo de la A.C.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2.6. Mecanismos de asistencia técnica

Los mecanismos de asistencia técnica serán variados y dependerán de las capacidades (técnicas, de vinculación, gestión y comunicación), recursos (materiales y económicos), y personal disponible en cada institución firmante en el marco del acuerdo de colaboración.

Por lo anterior se proponen tres mecanismos de asistencia técnica anidados:

1. **Catálogo de aliados:** El catálogo de aliados es una base de datos abierta y pública administrada por el coordinador de la plataforma de fortalecimiento donde las instituciones interesadas en proveer asistencia técnica se registran. Debe establecerse un sistema de información abierto y transparente que sistematice las capacidades, recursos y SKAs<sup>20</sup> del personal disponible de cada uno de los aliados.

2. **Expediciones de evaluación rápida:** Las instituciones aliadas tendrán el compromiso de identificar de forma preliminar cadenas productivas y/o

prácticas, proyectos, emprendimientos o empresas con potencial de RFP.

3. **Asistencia técnica específica:** La institución coordinadora, con apoyo de un Equipo de Evaluación Rápida, facilitará la estructuración de acuerdos específicos con instituciones para cada una de las cadenas productivas seleccionadas para habilitar la RFP a través de un protocolo de acción acordado previamente.

#### 4.2.3. Riesgos identificados y medidas de mitigación

Es necesario que la Entidad que funja como Donataria Autorizada y el mismo Fideicomiso, cuenten con protocolos para la debida diligencia de las empresas, socios o accionistas involucrados con los beneficiarios finales, adicional a una política y protocolo de Prevención del Fraude y Lavado de Dinero (PLD). En la siguiente tabla se resumen los riesgos identificados, así como medidas de mitigación propuestas.

Tabla 15. Riesgos legales identificados.

Tipo de Riesgo	Origen	Consecuencias	Acciones de Mitigación
Riesgo reputacional	Es riesgo sobre la imagen que tiene el público, o los clientes respecto del cuidado que aquella tiene en el cumplimiento de sus obligaciones legales y contractuales. Son las empresas que más evitan incurrir en riesgos legales, las que cuentan con mejor reputación.	-La pérdida de la confianza de los Fideicomitentes, del público en general. - La extinción del fideicomiso, por falta de posibilidad de cumplir con los fines del fideicomiso.	- Realizar anualmente una Auditoría Legal. - Conocer a fondo la legislación que atañe al negocio. - En este sentido también es clave la colaboración con las partes interesadas para conocer sus problemas e intereses.
Contractuales	La firma de un contrato no sólo significa tener un negocio, sino también ciertos deberes y obligaciones que es necesario cumplir de forma oportuna.	- Lleva concatenado un riesgo de litigio. - Se puede dejar de ser operable el fideicomiso si se llega a incumplir en las obligaciones de un contrato. - Posibles pérdidas económicas.	- Seguimiento por parte del área legal. - Recomendable realizar auditorías periódicas.

<sup>20</sup> SKAs: por sus siglas en inglés (Skills, Knowledge and Aptitudes) Habilidades, Conocimiento y Aptitudes.

Tipo de Riesgo	Origen	Consecuencias	Acciones de Mitigación
Litigio	En el caso de que una de las partes del Fideicomiso incumpla, puede ser objeto de demandas, reclamos, investigaciones, procedimientos administrativos, medidas cautelares, etc. Esto, podría tener como resultado: multas, sanciones, cierre o suspensión de productos o servicios y condenas, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en el logro del objetivo del fideicomiso, a partir del no cumplimiento de los fines de la ley respecto al fondo.</li> <li>- Posibles pérdidas económicas.</li> <li>- Gastos para abogados litigantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento por parte del área legal.</li> <li>- Recomendable realizar auditorías periódicas.</li> <li>- Conocimiento a fondo de la legislación que atañe al negocio.</li> </ul>
Regulatorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si bien el motivo puede ser desconocimiento, mala interpretación o cambios en la normativa vigente, constituye un riesgo significativo que puede afectar seriamente el valor de la empresa. Por ello es importante además de una buena asesoría legal, que el Gobierno Corporativo defina cuál es la ética de la compañía y cuáles son los límites dentro de los cuales deben manejarse los trabajadores de todos los niveles.</li> <li>- Desconocimiento de la normativa.</li> <li>- Falla, negligencia o dolo por parte de los actores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en el logro del objetivo del fideicomiso.</li> <li>- Afectación en la imagen institucional. (Reputacional)</li> <li>- Pérdidas económicas (multas, sanciones, etc.) para el fideicomiso, para las partes que lo integran.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento por parte del área legal.</li> <li>- Recomendable realizar auditorías periódicas.</li> <li>- Conocimiento a fondo de la legislación que atañe al negocio.</li> </ul>
Procesos de contratación no acordes con lo estipulado en las instrucciones al Fiduciario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Negligencia o dolo.</li> <li>- Omisión o falla en los procedimientos del Fideicomiso.</li> </ul>	Afectación en el logro del objetivo del fideicomiso, a partir del no cumplimiento de los fines del Fideicomiso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento por parte del área legal.</li> <li>- Recomendable realizar auditorías periódicas</li> <li>- Conocimiento a fondo de la legislación que atañe al negocio.</li> </ul>
Uso no autorizado o indebido de los recursos financieros del Fideicomiso por parte de los Fideicomitentes, el Fideicomisario y el Comité Técnico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta o falla de controles operativos.</li> <li>- Omisión o falla en la ejecución de los procedimientos de seguimiento (destinos de recursos, cumplimiento de obras, etc.).</li> <li>- Abusos de autoridad o excesos de confianza.</li> <li>- Giro de instrucciones contrarias a los parámetros o fines establecidos en el Fideicomiso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en el logro del objetivo del Fideicomiso, a partir del no cumplimiento de los fines de la ley respecto al fondo.</li> <li>- Afectación patrimonial del Fideicomiso.</li> <li>- Afectación en la imagen institucional.</li> <li>- Pérdidas económicas (multas, sanciones, etc.) para el Fideicomiso o Fiduciario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar anualmente una Auditoría (Auditoría de Cuentas, Expedientes, Revisión del Cuestionario KYC)</li> <li>- Conocimiento a fondo de la legislación que atañe al negocio.</li> <li>- En este sentido también es clave la colaboración con las partes interesadas para conocer sus problemas e intereses.</li> </ul>

Tipo de Riesgo	Origen	Consecuencias	Acciones de Mitigación
Extintivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por falta de Recursos.</li> <li>- Por mutuo acuerdo.</li> <li>- Por incumplimiento contractual del Fideicomiso o Fiduciario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en el logro del objetivo del Fideicomiso.</li> <li>- Reclamos o demandas judiciales por parte de proveedores o beneficiarios del Fideicomiso.</li> <li>- Afectación en la imagen institucional.</li> <li>- Pérdidas económicas (multas, sanciones, etc.) para el Fideicomiso o Fiduciario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento por parte del área legal.</li> <li>- Recomendable realizar auditorías periódicas</li> <li>- Dominio del sector en el cual el Fideicomiso opera.</li> <li>- En este sentido también es clave la colaboración con las partes interesadas para conocer sus problemas e intereses.</li> </ul>
Fraude interno	El robo, los sobornos o el incumplimiento de las regulaciones por parte de empleados directos o terceros vinculados contractualmente con su empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en el logro del objetivo del Fideicomiso.</li> <li>- Afectación en la imagen institucional.</li> <li>- Pérdidas económicas (multas, sanciones, etc.) para el Fideicomiso o Fiduciario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento por parte del área legal.</li> <li>- Recomendable realizar auditorías periódicas.</li> <li>- Dominio del sector en el cual el Fideicomiso opera.</li> </ul>
Ejecución y gestión de procesos	Los errores en la gestión de procesos también implican un riesgo para su compañía. En este sentido, la captura de transacciones, el monitoreo, el reporte y la documentación de clientes, así como la gestión de cuentas deben ser evaluados para reconocer posibles riesgos operacionales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en el logro del objetivo del Fideicomiso.</li> <li>- Pérdidas económicas (multas, sanciones, etc.) para el Fideicomiso o Fiduciario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento por parte del área legal.</li> <li>- Recomendable realizar auditorías periódicas.</li> <li>- Dominio del sector en el cual el Fideicomiso opera.</li> <li>- En este sentido también es clave la colaboración con las partes interesadas para conocer sus problemas e intereses.</li> </ul>
Designación de Becario, sin cumplir con revisión adecuada de antecedentes, identificación del modelo de negocio del Becario, ingresos, recursos, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta o falla de controles operativos.</li> <li>- Omisión o falla en la ejecución de los procedimientos de seguimiento (destinos de recursos, cumplimiento de obras, etc.).</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Afectación en el logro del objetivo del Fideicomiso.</li> <li>- Afectación patrimonial del fideicomiso.</li> <li>- Afectación en la imagen institucional.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento por parte del área legal.</li> <li>- Recomendable realizar auditorías periódicas.</li> <li>- Conocimiento a fondo de la legislación que atañe al negocio.</li> <li>- Auditoría anual.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Hoja de ruta para la implementación del mecanismo de financiamiento a la restauración funcional del paisaje en Oaxaca

La perspectiva de corto plazo incluye las principales actividades detonadoras para iniciar la implementación

del mecanismo financiero, así como su consolidación en el mediano plazo. Para ello se presenta la siguiente hoja de ruta considerando que tanto el Gobierno del Estado de Oaxaca, como los potenciales aliados del mecanismo estarán en capacidad de modificar y detallar estas actividades:

#### 1. Negociación entre SEMAEDESO y SEFIN para aprobar aportaciones públicas al Fideicomiso, en el marco de la Mesa Interinstitucional para

### **la Restauración Productiva del Paisaje (MIRPP).**

- a. Revisar y aprobar el diseño conceptual del mecanismo financiero.
- b. Revisar y aprobar el diseño detallado del mecanismo financiero.
- c. Aprobar los montos y plazos de las aportaciones del Gobierno del Estado al mecanismo.
- d. Asignar puntos focales en SEFIN y SEMADESU para facilitar la instrumentación.

### **2. Instrumentación de la implementación del Fideicomiso.**

- a. Refinar el mecanismo y su modelo financiero como parte de la asistencia técnica para la implementación.
- b. Desarrollar los documentos legales del mecanismo, incluidos el contrato de Fideicomiso y el acta constitutiva de la Asociación Civil.
- c. Gestionar fondos iniciales para contar con al menos un director(a) que se encargue del Fondo Revolvente, y cuya tarea inicial es diseñar e implementar un plan de fondeo para atraer contribuciones públicas y privadas a los instrumentos del mecanismo.
- d. Estimar un presupuesto de implementación para el proceso de recaudación de fondos.
- e. Una vez que se cuente con potenciales organizaciones que deseen ser fideicomitentes privados, establecer formalmente el Fideicomiso de garantía, así como la Asociación Civil.
- f. Realizar los trámites necesarios para solicitar el estatus de Donataria Autorizada.

### **3. Integración de aliados y fondeadores privados.**

- a. El rol de cooperantes internacionales será fundamental en el seguimiento de la implementación del mecanismo, en particular respecto a la plataforma de fortalecimiento, misma que requerirá de aliados y socios para su

establecimiento.

- b. Establecer un plan de acción para integrar a estas instituciones en el corto plazo a través de los mecanismos de colaboración propuestos.

- c. Negociar con las instituciones para integrarse formalmente como aliados del mecanismo y considerar el financiamiento del rol de coordinación de la Plataforma de Fortalecimiento dentro de la estructura operativa de la Donataria Autorizada.

### **4. Establecimiento de equipo operativo.**

Una vez establecido y fondeado el Fideicomiso, iniciar un proceso de reclutamiento para establecer al equipo operativo del mecanismo.

### **5. Diagnóstico detallado de necesidades de asistencia técnica y financiamiento del universo de beneficiarios.**

Es fundamental retomar el mapeo de potenciales beneficiarios previamente identificados por la UICN en el marco de este proyecto y determinar qué empresas cumplen con los requerimientos para recibir recursos conforme a las leyes aplicables al Fideicomiso, de forma que pueda establecerse una convocatoria dirigida a dichas empresas que resulte en la recepción de propuestas específicas para recibir tanto asistencia técnica como becas recuperables.

## 5. Reflexiones finales

---

El desarrollo humano implica un proceso en el que una sociedad mejora las condiciones de vida de sus miembros. En este contexto, la calidad de vida del ser humano depende del medio en que se desenvuelve, abarcando un conjunto de condiciones económicas, sociales, políticas, de salud y ambientales. Sin embargo, en algunos casos las políticas públicas han impulsado modelos de desarrollo que se enfocan exclusivamente en la componente económica, con un objetivo de corto plazo que busca mejorar las condiciones de vida a través del incremento de los bienes con los que la población puede cubrir sus necesidades básicas y complementarias. Estas acciones han promovido la sobreexplotación de los recursos naturales y la pérdida del capital natural que, al igual que el capital financiero y el capital humano, es imprescindible para el mantenimiento de los procesos productivos y constituye la base del crecimiento económico de cualquier país. La deforestación, junto con el manejo agropecuario inadecuado, ha conducido a la erosión y degradación de los suelos con relativa pérdida de fertilidad, reducción en la recarga de los acuíferos, calidad del agua y disminución de la capacidad de respuesta de los ecosistemas a eventos extremos. Asimismo, tiene consecuencias sobre problemas globales como la emisión de gases de efecto invernadero y la pérdida de biodiversidad.

Para enfrentar estos retos se necesitan modelos innovadores que protejan y recuperen la base de recursos naturales, e incrementen la capacidad productiva y mejoren las condiciones sociales de la población. Esto implica una visión de desarrollo que aborde objetivos múltiples como desarrollo económico, seguridad alimentaria, seguridad hídrica, salud humana, mitigación y adaptación al cambio climático, a partir de Soluciones Basadas en la

Naturaleza (NbS, por sus siglas en inglés) que colocan a la naturaleza y las personas en el centro de la solución. Estas consisten en acciones para proteger, utilizar, manejar y restaurar de forma sostenible los ecosistemas naturales o modificados, para abordar los desafíos sociales, de manera efectiva y adaptativa, proporcionando bienestar humano y beneficios en términos de biodiversidad (Cohen-Shacham, et al., 2016). Las NbS representan un concepto incluyente de todas las metodologías basadas en ecosistemas y que derivan de prácticas establecidas tales como la restauración de los ecosistemas, infraestructura verde, gestión integrada de los recursos hídricos y marino-costeros, conservación basada en áreas protegidas, adaptación/mitigación, y acciones de reducción del riesgo de desastres. En este contexto la restauración funcional del paisaje integra la mayoría de estas prácticas promoviendo la conservación y recuperación de los servicios ecosistémicos a una escala de paisaje que permita mantener la estructura, función y composición de los ecosistemas.

En el caso de México, la expansión de la frontera agropecuaria y la intensificación productiva han sido los principales mecanismos para aumentar la producción de alimentos y satisfacer las necesidades de ingreso de la población rural; sin embargo, este fenómeno ha sido también el principal motor de la degradación ambiental (CONABIO, 2006). El Estado de Oaxaca, con sus altos niveles de pobreza, rezago social y marginación, no es la excepción. Se necesita un proceso de transformación hacia enfoques “holísticos”, como la agroecología, la agrosilvicultura, la agricultura climáticamente inteligente y agricultura de conservación, que también se fundamenta en conocimiento tradicional (CONABIO, 2009). La restauración funcional del paisaje puede representar el medio para lograr este impacto transformacional.

La metodología ROAM (UICN-WRI, 2014), aplicada en este estudio, proporciona un marco de referencia para la implementación del requerido proceso de planificación e identificación de oportunidades de restauración en áreas con mayor potencial de impacto sobre los objetivos de desarrollo sostenible. En primera instancia, permite abordar de manera efectiva uno o más desafíos para la sociedad Oaxaqueña y el país en general, desarrollando indicadores económicos, sociales y ambientales para medir el impacto de la restauración, y definiendo una priorización de acciones y áreas geográficas basada en un consenso sobre los desafíos sociales más urgentes. En segundo lugar, asegura que las políticas sean diseñadas y las intervenciones planificadas a una escala proporcionada a los sistemas económicos, sociales y ambientales subyacentes, y adecuada para abarcar objetivos inter-sectoriales. Adicionalmente, promueve la viabilidad económica y financiera de la restauración definiendo los costos asociados a la implementación y las posibles fuentes de financiamiento, así como identificando regiones y acciones con el mayor retorno de inversión económica y social, eficientando el uso de los recursos públicos y privados. Y, finalmente, asegura la generación de beneficios netos para la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas, identificando las oportunidades para mejorar la conectividad del paisaje natural y la conservación de los ecosistemas clave. Todos estos aspectos permiten superar las barreras de aceptación social, apoyo político, apoyo financiero y sustentabilidad de largo plazo para la implementación de las NbS a través de la restauración del paisaje.

El primer paso de este proceso ha sido definir con los actores locales el concepto de restauración del paisaje que habría de considerarse como sostén de las políticas de desarrollo rural bajo en emisiones para el Estado de Oaxaca (**Capítulo 1**). La definición de restauración como *“Recuperación de áreas degradadas por actividades antropogénicas y/o perturbaciones naturales, a través de prácticas de manejo y técnicas productivas a largo plazo, que*

*permitan restablecer las funciones del ecosistema o de partes de sus componentes, permitiendo que esta sea económicamente viable, socialmente justa y localmente sostenible”*, evidencia en particular el enfoque productivo para restablecer las funciones del ecosistema a escala de paisaje (**Capítulo 2**). La componente de funcionalidad implica recuperar los servicios ecosistémicos como control de erosión y sedimentación, regulación hídrica, captura de carbono, polinización, y retención de nutrientes, que están en la base del bienestar humano y sustentan a la economía local. Por otro lado, la escala considera un mosaico de usos interdependientes de la tierra en paisajes naturales y productivos. Con base en este concepto se ha definido el potencial de restauración del paisaje, identificando 1.63 millones de hectáreas que presentan degradación de un conjunto de funciones ecosistémicas (**Capítulo 2.2**).

Sucesivamente se ha desarrollado un portafolio de modelos de intervención que refleja el énfasis hacia la componente productiva que caracteriza el concepto de restauración acordado a nivel local (**Capítulo 3**). Esto incluye, tanto modelos de restauración productiva (agroforestal de agave, agroforestal de café, milpa intercalada con árboles frutales, sistema silvopastoril, agricultura de conservación, plantación forestal comercial, restauración/enriquecimiento de bosque secundario para manejo forestal sustentable), como de restauración con enfoque de conservación (restauración de manglares, restauración ecológica y reforestación para la generación de servicios ambientales). La viabilidad de la implementación de cada opción de restauración depende de su compatibilidad con las características del territorio, el uso actual de suelo y los impactos esperados de cada modelo. Esto ha implicado definir una matriz de zonificación de las posibles transiciones que representa al mismo tiempo una matriz de salvaguardas ambientales que se aplica al marco de implementación de la restauración (**Capítulo 3.1**). Los modelos de restauración productiva promueven de forma transversal un impacto socioeconómico y

ambiental que involucra a diferentes cadenas de valor vinculadas al mercado y por esta razón representan el enfoque principal de cualquier estrategia de desarrollo rural bajo en carbono. Para algunos de estos modelos, identificados como prioritarios por los actores institucionales, se han diseñado paquetes tecnológicos que integran criterios de sustentabilidad económica, ambiental y social (**Capítulo 3.2**). Asimismo, se han estimado indicadores económicos (valor presente neto) y financieros (tasa interna de retorno) que determinaron que estos modelos fueran competitivos con el uso actual de suelo y otorguen un retorno de la inversión a una tasa superior del costo de financiamiento en el mercado (tasa de descuento). Para el análisis de la viabilidad económica de la restauración también se ha estimado la variabilidad espacial del potencial productivo para el cultivo principal que caracteriza cada modelo con base en criterios climáticos, edafológicos y topográficos.

Las oportunidades de restauración en el Estado de Oaxaca, estimadas en 1,385,037 hectáreas (**Capítulo 3.3**), se definen por el cruce del potencial de restauración (mapa de degradación) con estos factores de viabilidad ambiental (mapa de zonificación y matriz de salvaguardas) y económica (mapas de potencial productivo y valor presente neto). Para definir el impacto de las acciones de restauración propuestas sobre los diferentes objetivos de desarrollo sostenible es necesario analizarlas bajo un enfoque de paisaje y con base en los diferentes contextos territoriales. Este enfoque multidimensional determina en última instancia cuáles acciones y qué áreas geográficas habría que priorizar (**Capítulo 3.4**). Del análisis se puede apreciar cómo los modelos de restauración que se limitan a un mero enfoque de conservación tienen impacto solamente sobre un número limitado de objetivos, como mitigación del cambio climático, conservación de la biodiversidad y seguridad hídrica, sin aportar a objetivos sociales y económicos, o a la reducción del riesgo de deforestación. Por otro lado, los modelos de restauración productiva resultan más eficaces por generar un impacto transversal que

influye también en reducción de pobreza, seguridad alimentaria y generación de empleos. Estos modelos productivos, por su rentabilidad económica y retorno social, representan una alternativa viable al uso actual de suelo y pueden contribuir a la reducción de la deforestación a través de la estabilización de la frontera agropecuaria. Sin embargo, es necesario que estas acciones sean acompañadas por adecuados instrumentos normativos y modelos de financiamiento que ligen la restauración a incentivos para la conservación de los parches de vegetación natural en los paisajes productivos.

Una política de desarrollo integral tiene que promover simultáneamente objetivos múltiples con un enfoque intersectorial que pueda incrementar el flujo de financiamiento, además de asegurar el apoyo político y favorecer la aceptación social. Con base en un consenso de los actores institucionales sobre los desafíos sociales más urgentes para el Estado (en el siguiente orden: 1. Seguridad hídrica; 2. Seguridad alimentaria; 3. Reducción del riesgo de deforestación; 4. Conservación de la biodiversidad; 5. Reducción de la pobreza; 6. Generación de empleos; 7. Mitigación del cambio climático) y tomando en cuenta la heterogeneidad del paisaje, así como las diferentes características de las acciones de restauración, se generó un mapa que define de forma integrada el impacto potencial de la restauración sobre estos objetivos en su conjunto y por ende representa un criterio de priorización de las oportunidades de restauración funcional del paisaje. El mapa identifica 697,530 hectáreas (21.6% con priorización muy alta; 39.1% con priorización alta y 39.3% con priorización moderada) donde la restauración genera efectivamente un impacto integral. Esto conlleva a que solamente el 50.4% de las oportunidades de restauración, o bien el 42.9% del potencial inicial (mapa de degradación), representan concretamente Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS) para todos estos retos.

Para lograr un verdadero impacto transformacional, la planificación territorial necesita estar soportada por un marco de implementación adecuado que establezca un modelo de gobernanza plural e incluyente, vincular las diversas iniciativas nacionales e internacionales en el territorio, y movilizar recursos públicos y privados. Para acompañar la movilización y colocación del financiamiento se ha planteado el diseño de dos instrumentos (**Capítulo 4**): i) un fondo que reciba aportaciones públicas y privadas para su dispersión a través de diferentes instrumentos, conformado por un Fideicomiso privado y una Asociación Civil multiactor como Fideicomisaria; y ii) una plataforma de vinculación para la provisión de Asistencia Técnica agronómica, empresarial, comercial o financiera a beneficiarios del fondo. El mecanismo financiero propuesto responde a la necesidad de un esquema innovador cuya oferta de valor contribuya a cerrar la brecha entre las donaciones filantrópicas y subsidios gubernamentales; y el mercado financiero existente en el país. Considerando el enfoque productivo de la restauración, el objetivo es que los beneficiarios cuenten con un flujo de ingresos por ventas de productos y servicios, esperando que, en el corto o mediano plazo, utilicen canales de financiamiento existentes en el mercado, como crédito, garantías e inversión, a partir de la colocación de recursos

públicos concesionales que soporten procesos de fortalecimiento, tanto en la producción como en la comercialización de productos de la restauración del paisaje.

El presente documento responde a los estándares globales para Soluciones Basadas en la Naturaleza (IUCN, 2020) y apoya la integración de diferentes instrumentos de política pública que definen el marco de acción climática, ambiental y de desarrollo del Gobierno del Estado, representando la base de un Plan de Inversión para el Desarrollo Rural Bajo en Emisiones. Asimismo, promueve la alineación con iniciativas globales como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, las Metas de Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD); la Reducción de Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal (REDD+) en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC); la Declaración de Nueva York sobre los Bosques; el Desafío de Bonn (*Bonn Challenge*); y la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas. También responde a los compromisos subnacionales asumidos por el gobierno del Estado de Oaxaca en el marco del Grupo de Trabajo de Gobernadores para el Clima y los Bosques (*GCF Task Force*).



# Anexo I. Modelo de exportación de sedimentos

El índice de funcionalidad y el relativo mapa de degradación para la función de retención de sedimentos se generaron a partir de un mapa de flujo de exportación de sedimentos que se produjo aplicando el modelo de Exportación de Sedimentos ("Sediment Delivery") de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018).

La exportación de sedimentos ( $S_x$ ) de la celda  $x$  se define por el producto entre la erosión estimada (t/ha/año) en la misma celda ( $usle_x$ ) y un índice que mide el coeficiente de exportación de sedimentos ( $TES_x$ ):

$$S_x = usle_x * TES_x$$

$$\text{con, } 0 \leq TES_x \leq 0.8$$

La cantidad de erosión anual de suelo en la celda  $x$ , se estima aplicando la versión revisada (RUSLE) de la ecuación universal de pérdida de suelo (Renard, et al., 1997):

$$usle_x = R_x * K_x * LS_x * C_x * P_x$$

En donde:

$R_x$  representa la erosividad de la lluvia ( $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1}$ )

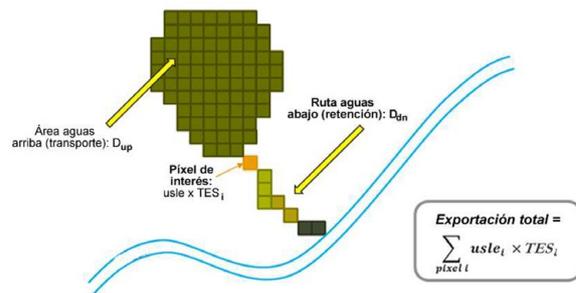
$K_x$  representa la erodabilidad del suelo (unidades:  $ton \cdot ha \cdot hr (MJ \cdot ha \cdot mm)^{-1}$ )

$LS_x$  es un factor de longitud y grado de pendiente (sin unidades)

$C_x$  es el factor de cobertura, con  $0 \leq C_x \leq 1$ ;

$P_x$  es el factor de práctica de conservación de suelo, con  $0 \leq P_x \leq 1$ .

**Figura A.1.1.** Representación gráfica y esquema conceptual para el cálculo de la tasa de exportación de sedimentos.



Fuente: Sharp, et al. (2018).

El coeficiente que expresa la tasa de exportación de sedimentos ( $TES_x$ ) describe el vínculo hidrológico entre las fuentes de sedimento en el paisaje y los sumideros representados por el sistema hidrográfico. El modelo utilizado por la herramienta InVEST para la definición de este coeficiente en la celda  $x$ , se basa en un índice de conectividad ( $IC_x$ ) fuente-sumidero (Borselli, et al., 2008) que depende de la pendiente y vegetación/uso de suelo (aplicando otra vez el factor  $C$  utilizado en la  $usle$ ) tanto en la cuenca cuesta arriba ( $D_{up}$ ) a la celda, como a lo largo de la ruta de flujo ( $D_{dn}$ ) desde la celda hacia la red hidrográfica (ver **Figura A.1.1**) y se puede resumir en la siguiente ecuación (Vigiak, et al., 2012):

$$TES_x = \frac{SDR_{max}}{1 - \exp\left(\frac{IC_0 - IC_x}{k}\right)}$$

$$\text{con, } IC_x = \log_{10} \frac{D_{up}}{D_{dn}}$$

Donde,  $SDR_{max}$  es la  $TES$  máxima establecida en una media teórica máxima de 0.8; y  $IC_0$  y  $k$  son parámetros de calibración. Si el área de la cuenca cuesta arriba es grande, tiene una pendiente más baja y una buena cubierta vegetal (por lo tanto, un factor  $C$  de la *usle* bajo),  $D_{up}$  será bajo, lo que indica una menor probabilidad que el sedimento llegue a la red hidrográfica. De manera similar, si la trayectoria de la pendiente descendiente entre la celda  $x$  y la red hidrográfica es larga, tiene una pendiente más baja y una buena cubierta vegetal,  $D_{dn}$  será bajo.

### Parámetros y corrida del modelo

**Factor de erosividad de la lluvia (R):** Esta variable depende de la intensidad y duración de la lluvia en el área de interés. Mide la energía del potencial erosivo de la precipitación que provocan las gotas de lluvia sobre el suelo. Existen diferentes métodos y ecuaciones para generar este índice utilizando datos pluviométricos. En nuestro análisis el factor R se obtuvo a partir de la estimación del índice de Fournier modificado (Arnoldus, 1978) aplicado en la siguiente ecuación (ICONA, 1988):

$$R_x = 2.6 * IMF_x^{1.065}$$

$$\text{con } IMF_x = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P_m}$$

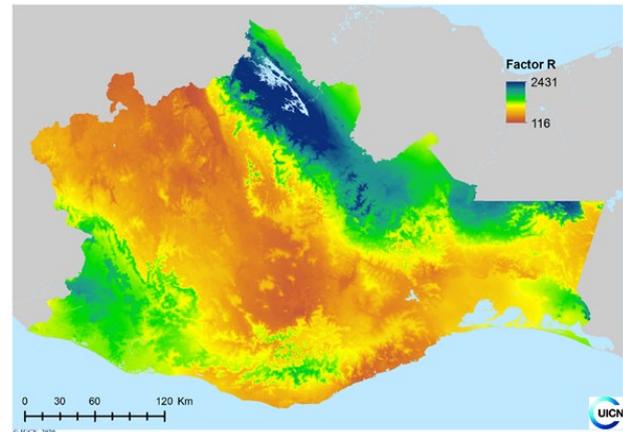
En donde:

$IMF_x$  representa el valor del índice modificado de Fourier en la celda  $x$ ;

$p_i$  representa el promedio de precipitación (mm) del mes  $i$  en la celda  $x$ ;

$P_m$  es la precipitación media anual (mm) en la celda  $x$ .

**Figura A.1.2.** Mapa del factor R de erosividad de la lluvia.



Como insumo para los mapas de precipitación mensual y anual) se utilizó la base de datos de precipitación de UNIATMOS (UNAM-Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2012).

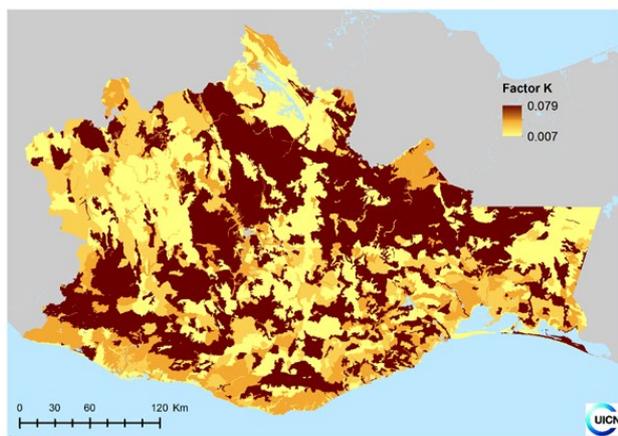
**Factor de erodibilidad del suelo (K):** Se utiliza para medir la susceptibilidad de las partículas del suelo al desprendimiento y transporte por las gotas de lluvia y/o el flujo superficial y la escorrentía. Este mapa se generó a partir de los valores reportados en el mapa nacional de erosión potencial (Montes-León, et al., 2011) asociados a las categorías del perfil de suelos y textura del mapa de edafológico serie II, escala 1:250,000 (INEGI, 2007), según la siguiente tabla.

**Tabla A.1.1.** Matriz de valores para el factor K utilizados en ecuación universal de pérdida de suelo (USLE).

Suelos	Textura		
	Fina	Media	Gruesa
Acrisol	0.013	0.040	0.026
Alisol	0.013	-	-
Arenosol	-	-	0.013
Calcisol	0.026	0.079	0.053
Cambisol	0.013	0.040	0.026
Chernozem	-	0.020	-
Fluvisol	0.013	0.040	0.026
Gleysol	0.013	0.040	0.026
Kastanozem	-	0.040	-
Leptosol	0.007	0.020	0.013
Lixisol	0.007	-	-
Luvisol	0.013	0.040	0.026
Nitisol	0.007	-	-
Phaeozem	0.007	0.020	0.013
Planosol	-	-	0.053
Regosol	0.013	0.040	0.026
Solonchak	0.013	0.040	0.026
Unbrisol	0.013	0.040	0.026
Vertisol	0.026	0.079	-

Nota: Celdas sin valores corresponden a suelos/texturas no presentes en Oaxaca.

**Figura A.1.3.** Mapa del factor K de erodibilidad del suelo.



**Factor de longitud de la pendiente (LS):** El factor  $LS$  responde al efecto combinado de la longitud y el ángulo de inclinación de las laderas y estima las pérdidas de suelo que se producen en un terreno en pendiente comparativamente a las pérdidas por unidad de área que se producirían si una misma lluvia cayera sobre una parcela de 22 m de longitud y 9% de ángulo de inclinación con idénticas condiciones de tipo de suelo, cultivo y manejo. El modelo adoptado por la herramienta InVEST utiliza la ecuación propuesta por Desmet & Govers (1996) para estimar el factor  $LS_x$  en la celda  $x$ :

$$LS_x = S_x \frac{(A_x + D^2)^{m+1} - A_x^{m+1}}{D^{m+2} * E_x^m * (22.13)^m}$$

En donde:

$S_x$  es el factor de pendiente para la celda  $x$  calculado en términos de radianes de pendiente  $\theta$ ;

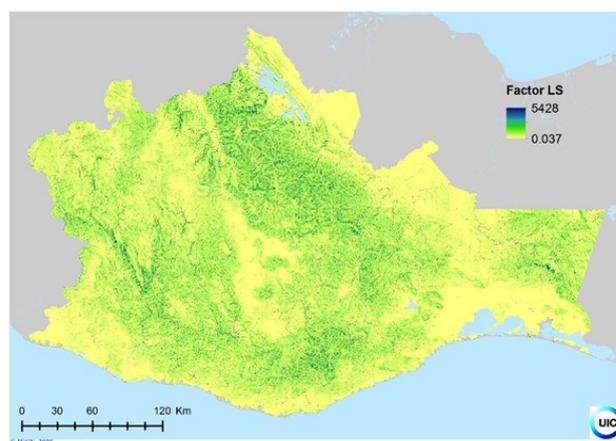
$A_x$  es el área ( $m^2$ ) de la cuenca cuesta arriba a la celda  $x$  y estimada a partir del método de dirección de flujo;

$D$  es la dimensión lineal ( $m$ ) de la celda;

$E_x = |\text{sen}(\alpha_x)| + |\text{cos}(\alpha_x)|$ , donde  $\alpha_x$  es el "valor de dirección" de la celda  $x$ ;

$m$  es el factor de exponente de longitud que varía de acuerdo a la pendiente.

**Figura A.1.4.** Mapa del factor LS de longitud y grado de inclinación de la pendiente.

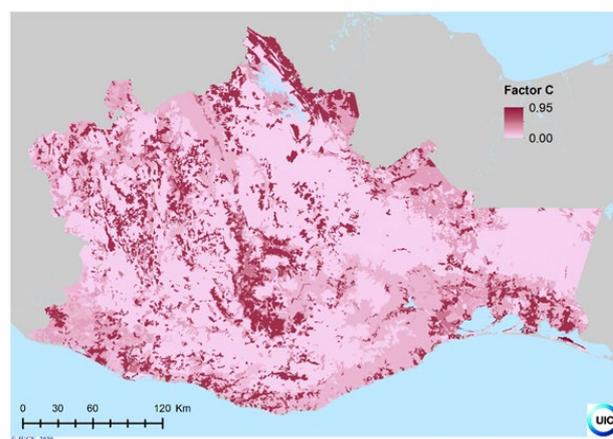


**Tabla A.1.2.** Valores para el factor C utilizados en la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE).

Uso de suelo y vegetación	Factor C
Sin vegetación aparente	0.950
Desprovisto de vegetación	0.950
Agricultura de temporal	0.328
Agricultura de humedad	0.328
Agricultura de riego	0.180
Pastizal cultivado	0.094
Pastizal inducido	0.094
Matorral crasicale	0.065
Matorral desértico rosetófilo	0.065
Chaparral	0.065
Bosque cultivado	0.062
Vegetación de dunas costeras	0.060
Selva baja caducifolia	0.060
Selva baja espinosa caducifolia	0.060
Selva mediana caducifolia	0.060
Palmar inducido	0.060
Selva baja subcaducifolia	0.042
Selva mediana subcaducifolia	0.042
Bosque de mezquite	0.020
Bosque de tascate	0.020
Bosque de encino	0.012
Bosque de encino-pino	0.012
Bosque de pino	0.012
Bosque de pino-encino	0.012
Bosque de oyamel	0.012
Bosque mesófilo de montaña	0.010
Selva mediana perennifolia	0.010
Selva mediana subperennifolia	0.010
Selva alta perennifolia	0.010
Selva de galería	0.010
Vegetación de galería	0.010
Popal	0.010
Tular	0.010
Pastizal halófilo	0.009
Sabanoide	0.008
Manglar	0.003

**Factor de cobertura (C):** Este índice se utiliza para representar el impacto de cobertura por diferentes tipos de vegetación y uso de suelo sobre los procesos de erosión. El mapa que expresa la distribución espacial de este factor se elaboró asociando valores específicos (**Tabla A.1.2**) a cada categoría de uso de suelo y vegetación de la serie VI (INEGI, 2014).

**Figura A.1.5.** Mapa del factor C de cobertura de suelo.



**Factor de práctica de conservación (P):** Mide el impacto de las prácticas de manejo y conservación de suelo sobre la tasa de erosión a través de la modificación del patrón de flujo, grado de pendiente o dirección de escurrimiento. Para este índice no se considera la cero labranza, rotación de cultivos, tratamiento de fertilidad y manejo de cosecha (Montes-León, et al., 2011). El valor de este índice varía de valores cercanos a 0, en el caso de prácticas de conservación de suelo muy efectivas, a 1, en caso que no se aplique ninguna práctica de conservación. Para nuestro análisis no se encontró información georreferenciada sobre prácticas de conservación por lo que se asignó el valor de 1 a todos los píxeles.

## Anexo II. Modelo de recarga hídrica

Los insumos cartográficos que se utilizaron para estimar el índice de funcionalidad en cada celda y generar el relativo mapa de degradación para la función de recarga hídrica, se obtuvieron aplicando el modelo de Producción Estacional de Agua ("Seasonal Water Yield") de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018).

El modelo tiene la finalidad de estimar los flujos estacionales, especialmente durante la temporada seca y considera datos mensuales como insumos para las variables climáticas. Esta estacionalidad requiere de la comprensión de la temporalidad de los procesos hidrológicos en una cuenca, en particular la división entre el flujo rápido de escurrimiento (que ocurre durante o poco después de los eventos de lluvia) y el flujo o caudal base (que ocurre en ausencia de lluvia y en particular durante la temporada seca). El mapa que estima la contribución de cada celda al caudal base, es el producto del modelo que se utilizó como insumo para la generación del mapa de degradación de la función de recarga hídrica. Este se define a partir de la recarga local ( $L_x$ ), que representa la contribución potencial (expresada en mm/año) de una celda al caudal base de la cuenca a la cual pertenece, y se calcula a partir del balance hídrico local a través de la siguiente ecuación:

$$L_x = P_x - QF_x - AET_x$$

con,

$$QF_x = \sum_{m=1}^{12} QF_{mx}$$

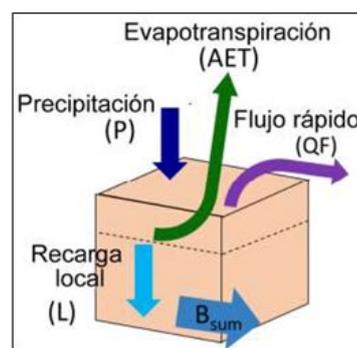
$$AET_x = \sum_{m=1}^{12} AET_{mx}$$

En donde:

$P_x$  es la precipitación media anual (mm) en la celda  $x$ ;  
 $QF_x$  es el flujo rápido anual (mm) en la celda  $x$ , definido por la suma de los flujos mensuales,  $QF_{mx}$ ;

$AET_x$  representa la evapotranspiración actual anual (mm) en la celda  $x$ , como suma de las evapotranspiraciones mensuales,  $AET_{mx}$ .

**Figura A.2.1.** Representación gráfica de balance hídrico para calcular la recarga local a escala de celda.



Fuente: Sharp, et al. (2018).

Para una celda  $x$  que no está adyacente al canal de la corriente (en el caso sea adyacente,  $r_x=0$ ), o sea a la red hidrográfica, la contribución al caudal o flujo base anual ( $r_x$ ) se deriva de la siguiente ecuación:

$$r_x = Bsum_x * \frac{L_x}{Lsum_x}$$

con,

$$Lsum_x = L_x + (Lsum_j * p_{jx})$$

Donde:

$Bsum_x$  representa el flujo base acumulativo de la celda  $x$ , que se define por la diferencia entre el flujo base acumulativo procedente de las celdas cuenca arriba y el flujo base acumulativo que se genera por la suma de las celdas a lo largo del trayecto de flujo entre la celda  $x$  y la red hidrográfica;

$Lsum_x$  representa la recarga local acumulativa de la celda  $x$ ;

$Lsum_{jx}$  representa la recarga local acumulativa cuenca

arriba procedente de la suma de las  $j$  celdas que se encuentran cuenca arriba a la celda  $x$ ;

$p_{jx} \in [0,1]$  es la proporción de flujo entre las celdas cuenca arriba y la celda  $x$ ;

### Parámetros y corrida del modelo

**Precipitación (P), promedio mensual:** Se requieren 12 capas (una por mes), con valores de precipitación promedio mensual en milímetros. Estos archivos en formato raster (100m de resolución), se obtuvieron a partir de la base de datos de UNIATMOS (UNAM-Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2012)

**Evapotranspiración Actual (AET), promedio mensual:** Se denomina Evapotranspiración Real (AET) al conjunto de pérdidas físicas (evaporación) y biológicas (transpiración de las plantas) del suelo en vapor de agua, donde la primera componente se denomina Evapotranspiración de Referencia (PET). La  $AET_{mx}$  promedio mensual para el mes  $m$  en la celda  $x$  se determina con base en la siguiente ecuación:

$$AET_{mx} = \min (Kc_{mx} * PET_{mx}, P_{mx})$$

En donde:

$PET_{mx}$  representa la evapotranspiración de referencia o potencial (mm) del mes  $m$  en la celda  $x$ :

$Kc_{mx} \in [0,1.5]$  es el coeficiente mensual de cultivo que define la evaporación mensual característica de la cobertura vegetal o uso de suelo  $c$  para el mes  $m$  en la celda  $x$ :

$P_{mx}$  representa la precipitación promedio mensual (mm) para el mes  $m$  en la celda  $x$ .

La evapotranspiración de referencia para cada mes en la celda  $x$  se calculó aplicando el método de Hamon (Hamon, 1961)

$$PET_{mx} = 13.97 * d_m * D_m^2 * W_{mx}$$

$$\text{con, } W_{mx} = \frac{4.95^{0.062 * T_{mx}}}{100}$$

En donde:

$d_m$  es el número de días para el mes  $m$ ;

$D_m$  es el promedio mensual de horas de luz<sup>21</sup> (expresadas en unidades de 12 horas) del día para el mes  $m$ ;

$W_{mx}$  representa el factor de densidad de agua saturado para el mes  $m$  en la celda  $x$ ;

$T_{mx}$  es la temperatura media (en C°) del mes  $m$  en la celda  $x$ ;

Los valores mensuales del coeficiente de cultivo ( $Kc_{mx}$ ) en cada celda, se obtuvieron aplicando a cada categoría del mapa de vegetación y uso de suelo de la Serie VI (INEGI, 2014) los valores para los doce meses del año (**Tabla A.2.1**) que se obtuvieron a partir de los coeficientes reportados en la guía de la FAO para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (FAO, 2006), los cuales fueron ajustados para cada mes multiplicando estos valores por el porcentaje de la precipitación mensual sobre la precipitación total anual del Estado de Oaxaca. Los datos de precipitación y temperatura se generaron a partir de la base de datos de UNIATMOS (UNAM-Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2012).

**Flujo rápido mensual (QF<sub>m</sub>):** Este insumo se genera aplicando el método del número de curva (CN) para estimar la escorrentía mensual en cada celda a partir de datos de precipitación, cobertura de vegetación y uso de suelo, y las propiedades hidrológicas del suelo en la celda. Para una mejor estimación se consideraron  $j=27$  diferentes regiones climáticas (**Tabla A.2.3**) para calcular el número de eventos (días con lluvia) en cada mes. El modelo aplica la siguiente ecuación:

$$QF_{mx} = 25.4 * n_{mj} * \left[ (a_{mx} - S_x) * \exp \left( \frac{0.2 * S_x}{a_{mx}} \right) + \frac{S_x^2}{a_{mx}} * \exp \left( \frac{0.8 * S_x}{a_{mx}} \right) * E_1 * \frac{S_x}{a_{mx}} \right]$$

<sup>21</sup> Las horas luz por día, se obtuvieron a partir de obtener el valor promedio de las horas luz por día para cada mes, posteriormente se calcularon los valores promedio por mes y se dividieron 12, utilizando como base los registros históricos del [www.timeanddate.com](http://www.timeanddate.com).

$$\text{con,}$$

$$a_{mx} = \left( \frac{P_{mx}}{n_{mj}} \right) / 25.4$$

$$S_x = \frac{1000}{CN_x} - 10$$

$$E_1(t) = \int_1^{\infty} \frac{e^{-t}}{t} dt$$

En donde:

$n_{mj}$  es el número de eventos de lluvia (días de lluvia) en el mes  $m$  en la celda  $x$ , considerando la región climática  $j$  a la cual pertenece la celda;

$P_{mx}$  es la precipitación media mensual (mm) en la celda  $x$ ;

$0 \leq CN_x \leq 100$ , es el valor de Número de Curva para la celda  $x$ .

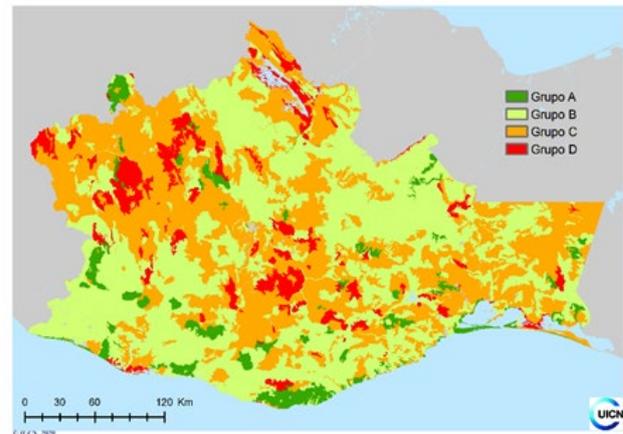
El valor de CN en cada celda se define a partir de las propiedades hidrológicas del suelo considerando cuatro categorías principales:

- Grupo A. Suelos con bajo potencial de escurrimiento por su gran permeabilidad y con elevada capacidad de infiltración, aun cuando estén húmedos. Se trata principalmente de suelos profundos y con texturas gruesas (arenosa o areno-limosa).
- Grupo B. Suelos con moderada capacidad de infiltración cuando están saturados. Principalmente consisten en suelos de mediana a alta profundidad, con buen drenaje. Sus texturas van de moderadamente finas a moderadamente gruesas (franca, franco-arenosa o arenosa).
- Grupo C. Suelos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados. Su textura va de moderadamente fina a fina (franco-arcillosa o arcillosa). También se incluyen aquí suelos que presentan horizontes someros bastante impermeables.
- Grupo D. Suelos muy arcillosos con elevado potencial de escurrimiento y, por lo tanto, con muy baja capacidad de infiltración cuando están saturados. También se incluyen aquí los suelos que presentan una capa de arcilla somera y muy impermeable, así como suelos jóvenes de escaso espesor sobre una

roca impermeable, ciertos suelos salinos y suelos con nivel freático alto.

A partir de la clasificación propuesta por Hernández-Jiménez (2014) se generó un mapa para estos cuatro grupos hidrológicos de suelo (**Figura A.2.2**), tomando como insumo la información sobre perfil de suelos y textura del mapa de suelos Serie II (INEGI, 2007).

**Figura A.2.2.** Clasificación y mapeo de grupos hidrológicos de suelo para la estimación de los valores de Número de Curva (CN) para el Estado de Oaxaca.



Suelo	Textura		
	Fina	Gruesa	Medía
Acrisol	C	B	B
Alisol	C	-	-
Arenosol	-	B	-
Calcisol	C	A	C
Cambisol	C	B	B
Chernozem	-	-	B
Fluvisol	D	B	B
Gleysol	D	B	C
Kastanozem	C	C	C
Leptosol	C	B	C
Lixisol	C	-	-
Luvisol	C	B	B
Nitisol	C	-	-
Phaeozem	C	A	C
Planosol	-	B	-
Regosol	D	B	C
Solonchak	D	B	C
Umbrisol	D	A	B
Vertisol	C	-	B

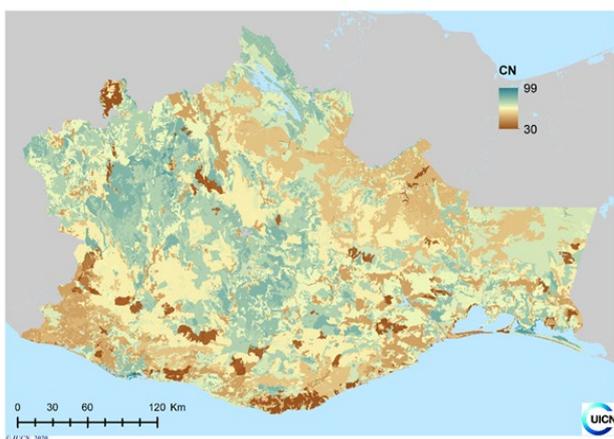
Nota: Celdas sin valores corresponden a suelos/texturas no presentes en Oaxaca.

**Tabla A.2.1.** Valores mensuales de los coeficientes de cultivo para el cálculo de la evapotranspiración real en el estado de Oaxaca.

Uso de suelo y vegetación	Kc <sub>1</sub>	Kc <sub>2</sub>	Kc <sub>3</sub>	Kc <sub>4</sub>	Kc <sub>5</sub>	Kc <sub>6</sub>	Kc <sub>7</sub>	Kc <sub>8</sub>	Kc <sub>9</sub>	Kc <sub>10</sub>	Kc <sub>11</sub>	Kc <sub>12</sub>
Agricultura de humedad	0.010	0.088	0.077	0.121	0.364	1.030	1.042	1.046	1.100	0.521	0.198	0.116
Agricultura de riego	0.011	0.096	0.084	0.132	0.397	1.123	1.137	1.141	1.200	0.569	0.216	0.127
Agricultura de temporal	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Asentamiento humano	0.001	0.008	0.007	0.011	0.033	0.094	0.095	0.095	0.100	0.047	0.018	0.011
Bosque cultivado	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Bosque de encino	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Bosque de encino-pino	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Bosque de mezquite	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Bosque de oyamel	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Bosque de pino	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Bosque de pino-encino	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Bosque de tascate	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Bosque mesófilo montaña	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Chaparral	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Desprovisto de vegetación	0.003	0.024	0.021	0.033	0.099	0.281	0.284	0.285	0.300	0.142	0.054	0.032
Manglar	0.010	0.088	0.077	0.121	0.364	1.030	1.042	1.046	1.100	0.521	0.198	0.116
Matorral crasicaule	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Matorral desért. rosetofoilo	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Palmar inducido	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Pastizal cultivado	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Pastizal halófilo	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Pastizal inducido	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Popal	0.010	0.088	0.077	0.121	0.364	1.030	1.042	1.046	1.100	0.521	0.198	0.116
Sabanoide	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085
Selva alta perennifolia	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Selva baja caducifolia	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Selva baja esp. caducifolia	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Selva baja subcaducifolia	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Selva de galería	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Selva med. perennifolia	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Selva med. subcaducifolia	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Selva med. subperennifolia	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Selva mediana caducifolia	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Sin vegetación aparente	0.004	0.032	0.028	0.044	0.132	0.374	0.379	0.380	0.400	0.190	0.072	0.042
Tular	0.010	0.088	0.077	0.121	0.364	1.030	1.042	1.046	1.100	0.521	0.198	0.116
Vegetación de galería	0.009	0.080	0.070	0.110	0.331	0.936	0.947	0.951	1.000	0.474	0.180	0.106
Vegetación dunas costeras	0.007	0.064	0.056	0.088	0.265	0.749	0.758	0.761	0.800	0.379	0.144	0.085

Siguiendo la clasificación propuesta por Hernández-Jiménez (2014), se asignó un valor de CN (**Tabla A.2.2**) a cada categoría de vegetación y uso de suelo de la Serie VI (INEGI, 2014), asociándolos a los diferentes grupos hidrológicos de suelo (A, B, C, y D). Los valores más altos de CN, que representan una mayor escorrentía de la lluvia, se asocian a la combinación de grupos hidrológicos de suelo más impermeables y usos de suelo con menor cobertura. La asociación entre los valores de la **Tabla A.2.2**, el mapa de vegetación y uso de suelo Serie VI (INEGI, 2014) y el mapa de grupos hidrológicos de suelo (**Figura A.2.2**) permite generar un mapa que define la distribución espacial de los valores de Número de Curva (**Figura A.2.3**) como insumo para la estimación del flujo rápido mensual ( $QF_m$ ).

**Figura A.2.3.** Mapa de valores de Número de Curva (CN) para el Estado de Oaxaca.

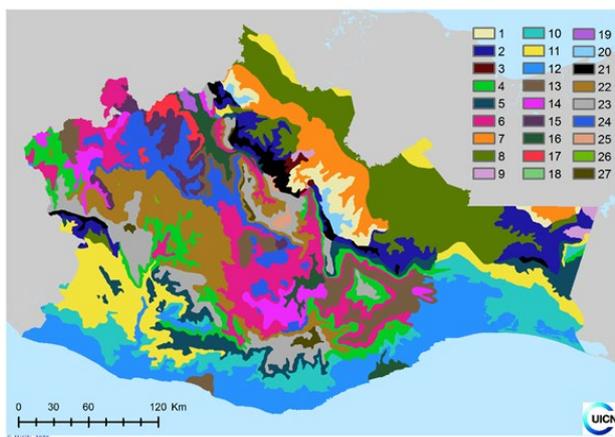


Con la finalidad de alcanzar una mayor precisión en el análisis, se definieron diferentes zonas climáticas en el Estado de Oaxaca para poder tener una adecuada heterogeneidad espacial de la variable  $a_{mx}$ , que mide la profundidad media de los eventos de lluvia en el mes  $m$ , a partir del número de días de lluvia ( $n_{mj}$ ) en cada región  $j$  por cada mes  $m$ . El mapa de zonas climáticas se generó a partir del mapa de climas (García, 1998) utilizando el campo de descripción de precipitación. De esta manera se identificaron 27 zonas con diferentes comportamientos de precipitación (**Figura A.2.4**).

**Tabla A.2.2.** Matriz de valores de Número de Curva (CN) asociados a cobertura/uso de suelo y grupos hidrológicos de suelo para la estimación del flujo rápido de escorrentía de lluvia.

Uso de suelo y vegetación	CN <sub>A</sub>	CN <sub>B</sub>	CN <sub>C</sub>	CN <sub>D</sub>
Pastizal halófilo	49	69	79	84
Sabanoide	49	69	79	84
Sin vegetación aparente	63	77	85	88
Popal	98	98	98	98
Tular	98	98	98	98
Manglar	98	98	98	98
Agricultura de humedad	98	98	98	98
Agricultura de riego	64	74	81	84
Agricultura de temporal	60	72	80	83
Asentamiento humano	52	70	80	84
Desprovisto de vegetación	48	67	77	83
Selva de galería	98	98	98	98
Vegetación de galería	98	98	98	98
Bosque cultivado	45	66	77	83
Bosque de pino	45	66	77	83
Bosque de pino-encino	45	66	77	83
Bosque de encino	45	66	77	83
Bosque de encino-pino	45	66	77	83
Bosque de oyamel	45	66	77	83
Bosque mesófilo de montana	36	60	73	79
Chaparral	63	77	85	88
Bosque de tascate	45	66	77	83
Bosque de mezquite	36	60	73	79
Matorral crasicaule	63	77	85	88
Matorral desertico rosetofo	63	77	85	88
Palmar inducido	30	55	70	77
Vegetación de dunas costeras	55	71	81	89
Pastizal inducido	30	55	70	77
Selva alta perennifolia	36	60	73	79
Selva baja caducifolia	30	55	70	77
Selva baja espinosa caducifolia	30	55	70	77
Selva baja subcaducifolia	30	55	70	77
Selva mediana caducifolia	36	60	73	79
Selva mediana perennifolia	36	60	73	79
Selva mediana subcaducifolia	30	55	70	77
Selva mediana subperennifolia	36	60	73	79

**Figura A.2.4.** Mapa de zonas climático-pluviométricas para el Estado de Oaxaca.



Posteriormente para el cálculo de los días con lluvia por zona climática, se descargaron los datos de promedio de días de lluvia por mes de las estaciones meteorológicas de servicio meteorológico nacional<sup>22</sup> para el Estado de Oaxaca (incluyendo las ubicadas a 20 km de la frontera con Guerrero, Puebla, Veracruz, Tabasco y Chiapas). Estos valores se interpolaron (utilizando el método de kriging ordinario, con el modelo de semivariograma esferical, con 12 puntos de radio de análisis y con un tamaño de pixel de 1000m) para posteriormente extraer el valor promedio de días de lluvia por mes para cada una de las zonas climáticas (**Tabla A.2.3**).

**Tabla A.2.3.** Número de días de lluvia por mes por zonas climáticas en el Estado de Oaxaca.

ID zona	CLIMA	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1	(A)C(fm)	6.2	4.8	3.9	4.5	7.5	15.7	17.9	18.1	18.0	11.8	7.9	6.7
2	(A)C(m)	4.2	3.3	2.6	2.9	6.5	14.5	15.2	15.4	15.7	9.5	5.3	4.5
3	(A)C(m)(f)	6.1	5.0	3.8	4.8	8.2	16.3	18.4	18.4	19.1	12.6	8.0	6.7
4	(A)C(w1)	1.3	1.4	1.4	2.5	6.7	13.7	13.2	13.5	13.6	6.9	2.2	1.3
5	(A)C(w2)	1.6	1.7	1.5	2.4	7.2	14.8	14.3	14.8	15.1	7.9	2.8	1.8
6	(A)C(wo)	1.1	1.3	1.5	3.0	6.8	12.7	11.6	11.8	12.3	6.1	2.1	1.3
7	A(f)	6.9	5.4	4.2	4.3	7.4	15.6	18.0	18.1	17.8	11.9	8.1	7.4
8	Am	6.9	5.2	4.2	3.9	6.6	14.7	17.6	17.8	16.9	11.5	8.0	7.4
9	Am(f)	4.4	3.5	2.5	2.7	6.6	14.4	14.6	15.1	15.7	9.7	5.5	4.9
10	Aw1	1.5	1.5	1.3	2.0	6.6	14.5	13.7	14.3	14.8	7.8	2.6	1.7
11	Aw2	3.2	2.8	2.2	2.8	7.5	16.7	17.3	17.6	17.3	10.1	4.2	3.2
12	Awo	0.9	1.1	1.0	1.7	6.3	14.0	13.2	13.8	14.3	7.1	1.9	1.0
13	BS1(h')w	1.2	1.2	1.3	2.2	5.8	12.2	11.5	11.7	12.2	5.8	2.1	1.3
14	BS1hw	1.0	1.2	1.3	2.6	6.8	12.6	11.9	12.0	12.1	5.8	1.7	1.1
15	BS1kw	1.0	1.2	1.4	2.8	6.3	11.4	9.5	9.5	10.8	5.2	1.8	1.0
16	BS0(h')w	2.1	1.9	1.8	2.6	5.8	12.1	12.1	12.1	12.8	6.7	3.1	2.2
17	BS0hw	1.6	1.5	1.5	2.6	5.6	11.1	9.7	9.8	11.0	5.6	2.4	1.7
18	BS0kw	1.2	1.2	1.2	2.6	5.4	10.5	8.3	8.6	9.9	4.9	1.8	1.3
19	BW(h')w	4.0	3.2	2.7	3.1	5.9	12.7	13.4	13.5	14.0	8.0	4.7	3.9
20	C(f)	6.1	4.8	4.0	4.9	8.1	16.1	18.4	18.4	18.6	12.1	8.0	6.5
21	C(m)	4.3	3.5	3.0	3.8	7.3	15.4	16.7	16.7	17.0	10.4	5.8	4.6
22	C(w1)	1.2	1.5	1.6	3.5	7.9	14.3	13.1	13.1	13.7	7.1	2.3	1.1
23	C(w2)	1.7	1.8	1.7	3.1	7.8	15.3	15.0	15.2	15.4	8.4	3.0	1.7
24	C(wo)	0.9	1.3	1.5	3.2	7.1	12.4	10.8	10.7	11.8	5.7	1.9	1.0
25	Cb'(m)	2.9	2.7	2.5	4.5	8.3	15.4	16.4	16.5	17.5	10.3	5.3	3.4
26	Cb'(w1)	1.2	1.6	1.6	3.4	7.9	14.4	12.5	12.0	12.8	6.8	2.3	1.1
27	Cb'(w2)	1.0	1.4	1.5	2.9	7.5	14.0	13.3	13.5	13.9	7.3	2.3	1.2

<sup>22</sup> Para el Estado de Oaxaca existe un total de 353 estaciones meteorológicas (normales), de las cuales sólo se utilizaron 149 estaciones (incluyendo las de los estados vecinos) ya que tienen los datos de días con lluvia, <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=oax>

## Anexo III. Modelo de retención de nutrientes

El índice de funcionalidad y el relativo mapa de degradación para la función de retención de nutrientes se generaron a partir de un mapa de flujo de descarga de nutriente que se produjo aplicando el modelo de Tasa de Descarga de Nutrientes (“*Nutrient Delivery Ratio*”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018).

El modelo no representa los detalles del ciclo de nutrientes, sino que se limita al flujo de nutrientes en estado estable definido por medio de relaciones empíricas. Cada celda se caracteriza por su fuente de nutrientes (carga) determinada en función del mapa de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2014), y su tasa de descarga, que es una función del área de la pendiente ascendente y de la trayectoria del flujo descendente que define la eficiencia relativa de retención por los diferentes usos de suelo que se encuentran a lo largo de esta trayectoria. Las cargas de las fuentes de nutrientes se pueden dividir en materia de suspensión unida a las partículas de suelo que se transportará junto con los sedimentos a través del flujo superficial, y en sustancias disueltas que se transportarán a través del flujo subsuperficial. En nuestra aplicación del modelo solamente se consideró el flujo superficial.

La contribución de la celda  $x$  al flujo superficial de descarga de nutrientes se calcula como el producto entre la carga de la fuente y la tasa de descarga de nutrientes con base en la siguiente ecuación:

$$f_{ix} = G_{ix} * TD_{ix}$$

En donde:

$f_{ix}$  representa la descarga del nutriente  $i$  de la celda  $x$ , que alcanza la red hidrográfica (t/ha/año);

$G_{ix}$  es el valor de la carga del nutriente  $i$  en la celda  $x$  (t/ha/año);

$TD_{ix}$  representa la tasa de descarga para el nutriente  $i$  de la celda  $x$ , expresando la fracción de carga que alcanza la red hidrográfica, con  $0 \leq TD_{ix} \leq 0.8$ .

### Parámetros y corrida del modelo

Carga de nutrientes ( $G_{ix}$ ): Representa la fuente de cada nutriente  $i$  asociada a la celda  $x$ . Se calcula a partir de la carga potencial, es decir valores empíricos promedio asociados a cada clase de uso de suelo (p. ej. aplicación de fertilizante, excreciones del ganado, etc.), ajustados en base al potencial de escorrentía local que transporta los nutrientes (Endreny & Woods, 2007; Heathwaite, et al., 2005):

$$G_{ix} = g_{ik} * I_{QFx}$$

$$\text{con, } I_{QFx} = \frac{QF_x}{QF_m}$$

En donde,

$g_{ik}$  representa la carga potencial promedio del nutriente  $i$  asociado al uso de suelo  $k$  en la celda  $x$ , expresado en t/ha (valores reportados en **Tabla A.3.1**);

$I_{QFx}$  es un índice de flujo rápido que expresa la escorrentía potencial en la celda  $x$ ;

$QF_x$  es el flujo rápido anual (mm) en la celda  $x$ , definido por la suma de los flujos mensuales,  $QF_{xm}$  (ver **Anexo II: Modelo de recarga hídrica**);

$QF_m$  es el valor promedio de flujo rápido a lo largo del ráster.

**Tabla A.3.1.** Matriz de cargas por uso de suelo y parámetros específicos para los nutrientes considerados en el modelo (nitrógeno y fósforo).

Uso de suelo y vegetación (k)	Carga potencial de nitrógeno (t/ha) $g_{Nk}$	Eficiencia de retención de nitrógeno $E_{Nk}$	Distancia crítica para retención de nitrógeno (m) $d_{Nk}$	Carga potencial de fósforo (t/ha) $g_{Pk}$	Eficiencia de retención de fósforo $E_{Pk}$	Distancia crítica para retención de fósforo (m) $d_{Pk}$
Agricultura de humedad	108.1	ENk	dNk	gPk	0.20	20
Agricultura de riego	149.0	0.20	25	65.3	0.20	20
Agricultura de temporal	67.2	0.25	25	40.4	0.25	20
Palmar inducido	185.0	0.75	200	40.0	0.75	3
Bosque cultivado	185.0	0.50	50	40.0	0.50	10
Pastizal cultivado	89.0	0.40	30	33.0	0.40	17
Pastizal inducido	89.0	0.45	50	33.0	0.45	10
Bosque de tascate primario	2.0	0.80	300	47.8	0.80	2
Bosque de tascate secundario	2.0	0.75	200	47.8	0.75	3
Bosque de mezquite secundario	2.0	0.75	200	4.8	0.75	3
Bosque de pino primario	2.0	0.80	300	10.6	0.80	2
Bosque de pino secundario	2.0	0.80	200	0.1	0.80	3
Bosque de pino-encino primario	2.0	0.80	300	0.1	0.80	2
Bosque de pino-encino secundario	2.0	0.75	200	0.0	0.75	3
Bosque de encino primario	2.0	0.80	300	10.6	0.80	2
Bosque de encino secundario	2.0	0.75	200	10.4	0.75	3
Bosque de encino-pino primario	2.0	0.80	300	5.2	0.80	2
Bosque de encino-pino secundario	2.0	0.75	200	0.6	0.75	3
Bosque de oyamel primario	2.0	0.80	300	47.8	0.80	2
Bosque mesofilo de montaña primario	2.0	0.80	300	0.2	0.80	2
Bosque mesofilo de montaña secundario	2.0	0.75	200	0.1	0.75	3
Vegetación de galería	1.8	0.60	300	5.0	0.60	2
Selva de galería	1.8	0.65	300	5.0	0.65	2
Selva baja caducifolia primaria	1.8	0.80	300	4.8	0.80	2
Selva baja caducifolia secundaria	1.8	0.75	200	10.4	0.75	3
Selva baja espinosa caducifolia primaria	1.8	0.80	300	4.8	0.80	2
Selva baja espinosa caducifolia secundaria	1.8	0.75	200	4.8	0.75	3
Selva baja subcaducifolia	1.8	0.75	200	10.6	0.75	3
Selva baja subcaducifolia secundaria	1.8	0.75	200	10.6	0.75	3
Selva mediana caducifolia primaria	1.8	0.80	300	4.8	0.80	2
Selva mediana caducifolia secundaria	1.8	0.75	200	4.3	0.75	3
Selva mediana subcaducifolia primaria	1.8	0.80	300	4.8	0.80	2
Selva mediana subcaducifolia secundaria	1.8	0.75	200	4.8	0.75	3
Selva mediana subperennifolia primaria	1.8	0.80	300	4.8	0.80	2
Selva mediana subperennifolia secundaria	1.8	0.75	200	4.8	0.75	3
Selva mediana perennifolia secundaria	1.8	0.75	200	4.8	0.75	3
Selva alta perennifolia primaria	1.8	0.80	300	18.1	0.80	2
Selva alta perennifolia secundaria	1.8	0.75	200	18.1	0.75	3
Matorral crasicaule primario	0.6	0.50	150	0.2	0.50	5
Matorral crasicaule secundario	0.6	0.50	150	0.2	0.50	5
Matorral desertico rosetofilo primario	0.6	0.50	150	0.2	0.50	5
Chaparral primario	0.6	0.75	200	4.2	0.75	3
Chaparral secundario	0.6	0.65	100	4.2	0.65	5
Popal	0.4	0.40	10	93.7	0.40	50
Tular	0.4	0.40	10	93.7	0.40	50
Sabanoide	0.4	0.40	40	79.1	0.40	35
Manglar primario	0.4	0.80	10	180.8	0.80	50
Manglar secundario	0.4	0.75	10	180.8	0.75	50
Desprovisto de vegetación	0.4	0.10	25	0.5	0.10	20
Sin vegetacion aparente	0.4	0.20	25	0.5	0.20	20
Pastizal halofilo	0.4	0.40	100	50.0	0.40	5
Vegetación de dunas costeras	0.4	0.35	10	50.0	0.35	50

**Tasa de descarga de nutrientes ( $TD_{ix}$ ):** Se define por el producto de un factor de descarga, que representa la capacidad de “filtro” de las celdas aguas abajo para retener el flujo de nutrientes y un índice topográfico, que representa la posición de la celda con respecto a la red hidrológica en el paisaje:

$$TD_{ix} = (1 - E_{ix}) * \left[ 1 + \exp \left( \frac{I_{Hx} - I_{H0}}{k} \right) \right]^{-1}$$

con,

$$E_{ix} = \begin{cases} E_{max_{ik}} * (1 - s_x) \\ E_{down_{ikx}} * s_x + E_{max_{ik}} * (1 - s_x) \\ E_{down_{ikx}} \end{cases}$$

Respectivamente si:

$E_{down_{ikx}}$  es celda de red hidrográfica

$E_{down_{ikx}} < E_{max_{ik}}$

$E_{down_{ikx}} < E_{max_{ik}}$

En donde:

$E_{ix}$  representa la capacidad de retención del nutriente  $i$  a lo largo del trayecto que separa la celda  $x$  de la red hidrográfica, calculada de forma recursiva aguas arriba a partir de las celdas que fluyen directamente en la red hidrográfica;

$E_{down_{ikx}}$  representa la eficiencia de retención del nutriente  $i$  por el uso de suelo  $k$  en la celda directamente aguas abajo;

$E_{max_{ik}}(d_{ik})$  es la eficiencia de retención máxima del uso de suelo  $k$  para el nutriente  $i$  y es definida por la distancia crítica ( $d_{ik}$ ), expresada en metros, después de la cual se supone que un uso de suelo o tipo de vegetación alcanza su capacidad máxima de retención;

$s_x$  es un factor de paso que se basa en la máxima eficiencia de retención de los diferentes usos de suelos encontrados a lo largo de la trayectoria de flujo entre la celda  $x$  y la red hidrográfica;

$I_{Hx}$  es un índice topográfico que representa la conectividad hidrológica de la celda  $x$ ;

$I_{H0}$  y  $k$  son parámetros de calibración.

El factor de peso  $s_x$  calcula la retención adicional proporcionada por cada celda, teniendo en cuenta la distancia total recorrida a través de cada tipo de uso de suelo. Cada celda adicional del mismo tipo de uso de suelo contribuirá con un valor menor a la retención total, hasta que se alcance la eficiencia de retención máxima para ese uso de suelo.

El índice topográfico  $I_{Hx}$  representa la probabilidad que la carga de nutrientes de la celda  $x$  llegue al flujo de corriente de la red hidrológica. Este índice se define en cada celda  $x$  por el gradiente de pendiente promedio del área contribuyente corriente arriba, la longitud de la trayectoria del flujo a lo largo de las celdas corriente abajo de la celda  $x$  según la dirección de la pendiente, y el gradiente de la pendiente en cada celda corriente abajo de la celda  $x$ .

Los valores que se incorporaron a la tabla biofísica se obtuvieron de artículos científicos (Bautista-Cruz A., et al., 2012; Etchevers-Barra & Vergara-Sánchez, 2006; Ruíz-Vega, 1998; Ramírez-Fuentes & Trujillo-Tapia, 2015), estudios (Hernández-Álvarez, 1995), y proyectos (SAGARPA-INIFAP-SENASICA, 2015); para la validación de los valores de los pastizales cultivados (ganadería) se utilizó el índice de agostadero (SAGARPA, 2014) y los factores de emisiones calculados para México (INECC-SEMARNAT, 2015).

## Anexo IV. Modelo de carbono

La cartografía utilizada para estimar el índice de funcionalidad de captura de carbono se generó aplicando el modelo de Almacenamiento y Captura de Carbono (“Carbon Storage and Sequestration”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018).

El modelo estima el almacenamiento de carbono considerando su contenido en la biomasa aérea, biomasa subterránea, suelo y materia orgánica muerta, y agregando la cantidad de carbono almacenado en estas reservas de acuerdo a los respectivos parámetros de carbono asignados a

cada categoría de vegetación y uso actual de suelo. La biomasa aérea comprende todo el material vegetal vivo sobre el suelo (por ejemplo, corteza, troncos, ramas, hojas). La biomasa subterránea abarca los sistemas de raíces vivas de la biomasa aérea. La materia orgánica del suelo es el componente orgánico del suelo y representa la mayor reserva de carbono terrestre. La materia orgánica muerta incluye basura, así como madera muerta tendida y en pie. En nuestro análisis no se consideró la componente de materia orgánica muerta. En la **Tabla A.4.1** se reportan los valores de carbono utilizados en el análisis.

**Tabla A.4.1.** Valores de carbono almacenado por uso de suelo y vegetación.

Uso de suelo y vegetación	Carbono en biomasa aérea (t C/ha)	Carbono en biomasa subterránea (t C/ha)	Carbono en el suelo (t C/ha)
Agricultura de humedad	0.0	0.0	50.9
Agricultura de riego	0.0	0.0	43.4
Agricultura de temporal	0.0	0.0	55.5
Bosque cultivado	50.9	9.9	26.4
Bosque de encino-pino primario	35.6	7.2	48.5
Bosque de encino-pino secundario	37.0	7.5	47.8
Bosque de encino primario	24.0	5.1	50.3
Bosque de encino secundario	24.7	5.2	50.7
Bosque de mezquite secundario	1.5	0.4	47.9
Bosque de oyamel primario	103.7	18.7	139.2
Bosque de pino-encino primario	39.1	7.9	62.3
Bosque de pino-encino secundario	40.3	8.0	53.9
Bosque de pino primario	32.0	6.5	61.3
Bosque de pino secundario	29.7	6.0	80.3
Bosque de tascate primario	15.7	3.4	45.5
Bosque de tascate secundario	11.9	2.7	68.8
Bosque mesófilo de montaña primario	67.6	12.6	78.8
Bosque mesófilo de montaña secundario	40.4	7.9	123.7
Chaparral primario	1.0	0.3	43.2
Chaparral secundario	19.6	4.3	44.5
Desprovisto de vegetación	0.0	0.0	19.4
Manglar primario	20.2	4.4	46.2
Manglar secundario	21.2	4.6	42.4
Matorral crasicaule primario	0.5	0.2	36.0

Uso de suelo y vegetación	Carbono en biomasa aérea (t C/ha)	Carbono en biomasa subterránea (t C/ha)	Carbono en el suelo (t C/ha)
Matorral crasicaule secundario	1.4	0.4	48.7
Matorral desértico rosetófilo primario	1.1	0.3	43.4
Palmar inducido	1.6	0.5	58.6
Pastizal cultivado	0.7	2.8	56.4
Pastizal halófilo	0.6	0.2	25.8
Pastizal inducido	5.5	1.3	48.1
Popal	8.3	1.9	60.8
Sabanoide	5.5	1.3	38.6
Selva alta perennifolia primaria	57.3	10.8	83.3
Selva alta perennifolia secundaria	30.6	6.1	59.0
Selva baja caducifolia primaria	21.5	4.6	46.5
Selva baja caducifolia secundaria	15.5	3.4	48.4
Selva baja espinosa caducifolia primaria	6.1	1.5	54.5
Selva baja espinosa caducifolia secundaria	5.6	1.4	33.3
Selva baja subcaducifolia secundaria	29.2	6.2	20.4
Selva de galería	14.8	3.2	27.9
Selva mediana caducifolia primaria	28.4	6.1	24.1
Selva mediana caducifolia secundaria	16.2	3.6	27.3
Selva mediana perennifolia secundaria	52.5	10.2	47.3
Selva mediana subcaducifolia primaria	44.6	8.9	57.9
Selva mediana subcaducifolia secundaria	32.5	6.8	76.0
Selva mediana subperennifolia primaria	49.7	9.9	99.1
Selva mediana subperennifolia secundaria	47.7	9.5	115.9
Sin vegetación aparente	0.0	0.0	16.6
Tular	7.3	1.7	65.2
Vegetación de dunas costeras	0.3	0.1	15.1
Vegetación de galería	2.7	0.6	27.9
Selva baja subcaducifolia primaria	22.2	4.8	53.7

# Anexo V. Modelo de provisión de polinizadores

El índice de funcionalidad y el relativo mapa de degradación para la función de polinización se generó a partir del mapa de provisión de polinizadores que se produjo aplicando el modelo de Polinización de Cultivos (“Crop Pollination”) de la herramienta de análisis espacial InVEST (Sharp, et al., 2018).

Considerando un número ( $n$ ) de  $j$  especies polinizadoras, la provisión de polinizadores ( $p_x$ ) en cada celda  $x$  se define por un índice agregado en función de los sitios de anidación disponibles en esa celda, los recursos florales (es decir, alimentos) en las celdas circundantes y la abundancia relativa de las especies polinizadoras consideradas:

$$p_x = \frac{\sum_j^n P_{jx}}{n}$$

$$\text{con, } P_{jx} = H_{jx} * K_{jx} * s_j$$

En donde:

$P_{jx}$  es el índice de provisión del polinizador  $j$  de la celda  $x$ ;

$H_{jx}$  representa un índice de disponibilidad de recursos florales desde la celda  $x$  (considerando las celdas circundantes) para la alimentación de la especie  $j$ ;

$K_{jx}$  representa un índice de aptitud para la nidificación de la especie  $j$  en la celda  $x$ ;

$s_j$  es el índice de abundancia relativa de la especie  $j$  en el paisaje, con  $\sum_j^n s_j = 1$

## Parámetros y corrida del modelo

Índice de disponibilidad de recursos florales alrededor de la celda ( $H_{jx}$ ): Representa la disponibilidad de recursos florales para una determinada especie de polinizador  $j$  en las celdas alrededor de la celda

$x$  y dentro de una distancia máxima que puede cubrir el polinizador con base en sus características específicas. En otras palabras, la disponibilidad de fuentes de alimentación para el polinizador que nidifica en la celda  $x$  depende del uso de suelo y vegetación en su entorno. Mayor es el número de celdas con más alta abundancia relativa de recursos florales y más cercanas estén estas celdas a la celda  $x$ , mayor es el índice de disponibilidad de recursos florales para

$$H_{jx} = \frac{\sum_{x \in X} \exp[-D(x, \hat{x})/d_j] * \sum_q A_q(\hat{x}) * f_{jq}}{\sum_{x \in X} \exp[-D(x, \hat{x})/d_j]}$$

la celda  $x$ , definido por la siguiente ecuación:

En donde:

$D(x, \hat{x})$  representa la distancia entre celda  $x$  y celda  $\hat{x}$  apartemente al grupo de celdas  $X$  que se encuentran en un rango de distancia representado por la distancia máxima de pecoreo del polinizador  $j$ ;

$d_j$  es la distancia máxima de pecoreo que puede cubrir el polinizador  $j$ ;

$A_q(\hat{x})$  representa un índice de abundancia relativa de los recursos florales en la celda  $\hat{x}$  durante la estación  $q$  y depende del uso actual de suelo y vegetación en la celda, con  $0 \leq A_q \leq 1$ ;

$f_{jq}$  define la intensidad relativa de la actividad de pecoreo de la especie polinizadora  $j$  en la estación  $q$ , con  $0 \leq f_{jq} \leq 1$

## Índice de aptitud para nidificación en la celda

**( $K_{jx}$ ):** Considerando dos posibles substratos de nidificación (suelo y cavidades) se calcula como el producto entre un índice que define la presencia del substrato en la celda y un índice de preferencia del

substrato de nidificación para la especie  $j$ . El valor máximo entre los dos substratos define el índice de idoneidad para nidificación de la especie  $j$  en la celda  $x$ :

$$K_{jx} = \max_{n \in N} [I_{nx} * b_{jn}]$$

En donde:

$I_{nx}$  es un índice que define la presencia del substrato  $n$  en la celda  $x$  y depende del tipo de uso de suelo o cobertura de vegetación;

$b_{jn}$  representa un índice de aptitud de la especie  $j$  para nidificación en el substrato  $n$ .

**Tabla A.5.1.** Tabla de parámetros de aptitud de uso de suelo y vegetación para polinizadores.

Uso de suelo y vegetación	Índice de oportunidades de nidificación en cavidades $I_{n=1}$	Índice de oportunidades de nidificación en el suelo $I_{n=2}$	Índice de abundancia relativa de recursos florales en temporada de primavera $A_{q=1}$	Índice de abundancia relativa de recursos florales en temporada de verano $A_{q=2}$
Agricultura de humedad	0.0	0.0	1.0	1.0
Agricultura de riego	0.4	0.1	1.0	1.0
Agricultura de temporal	0.1	0.2	0.5	0.5
Pastizal cultivado	0.0	1.0	0.7	0.4
Pastizal inducido	0.2	0.3	0.3	0.2
Sin vegetación aparente	0.0	0.0	0.0	0.0
Desprovisto de vegetación	0.0	0.0	0.0	0.0
Manglar primario	0.2	0.0	0.7	0.7
Manglar secundario	0.2	0.0	0.7	0.7
Pastizal halófilo	0.0	0.0	0.0	0.0
Popal	0.0	0.0	0.0	0.0
Sabanoide	0.0	0.0	0.0	0.0
Tular	0.0	0.0	0.0	0.0
Palmar inducido	0.2	0.3	0.3	0.2
Bosque cultivado	0.1	0.0	0.1	0.2
Bosque de encino-pino primario	0.7	0.3	0.2	0.4
Bosque de encino-pino secundario	0.2	0.7	0.2	0.4
Bosque de encino primario	0.2	0.3	0.3	0.6
Bosque de encino secundario	0.8	1.0	0.3	0.6
Bosque de mezquite secundario	0.2	0.3	0.3	0.4
Bosque de oyamel primario	0.2	0.0	0.3	0.6
Bosque de pino-encino primario	1.0	0.7	0.2	0.4
Bosque de pino-encino secundario	1.0	1.0	0.2	0.4
Bosque de pino primario	0.2	0.3	0.1	0.2
Bosque de pino secundario	0.7	1.0	0.1	0.2
Bosque de tascate primario	0.2	0.3	0.3	0.4
Bosque de tascate secundario	0.2	0.3	0.3	0.4
Bosque mesófilo de montaña primario	0.7	0.7	0.5	0.6
Bosque mesófilo de montaña secundario	1.0	1.0	0.5	0.6
Chaparral primario	0.2	0.3	0.3	0.4
Chaparral secundario	0.2	0.3	0.3	0.4
Matorral crasicale primario	0.3	0.3	0.3	0.4
Matorral crasicale secundario	0.2	0.3	0.3	0.4
Matorral desértico rosetófilo primario	0.2	0.3	0.3	0.4

Uso de suelo y vegetación (k)	Carga potencial de nitrógeno (t/ha) $g_{Nk}$	Eficiencia de retención de nitrógeno $E_{Nk}$	Distancia crítica para retención de nitrógeno (m) $d_{Nk}$	Carga potencial de fósforo (t/ha) $g_{Pk}$
Vegetación de dunas costeras	0.0	0.0	0.3	0.3
Selva alta perennifolia primaria	0.7	0.3	0.3	0.4
Selva alta perennifolia secundaria	0.5	0.3	0.3	0.4
Selva mediana perennifolia secundaria	0.2	0.3	0.3	0.4
Selva mediana subperennifolia primaria	0.3	0.7	0.3	0.4
Selva mediana subperennifolia secundaria	0.7	1.0	0.3	0.4
Selva mediana subcaducifolia primaria	0.2	0.3	0.3	0.4
Selva mediana subcaducifolia secundaria	0.2	0.7	0.3	0.4
Selva mediana caducifolia primaria	0.5	1.0	0.3	0.4
Selva mediana caducifolia secundaria	0.5	1.0	0.3	0.4
Selva baja subcaducifolia secundaria	0.2	0.3	0.3	0.2
Selva baja caducifolia primaria	0.3	1.0	0.3	0.2
Selva baja caducifolia secundaria	0.5	1.0	0.3	0.2
Selva baja espinosa caducifolia primaria	0.2	0.3	0.3	0.2
Selva baja espinosa caducifolia secundaria	0.2	0.3	0.3	0.2
Selva de galería	0.2	0.3	0.3	0.4
Vegetación de galería	0.2	0.3	0.5	0.6

**Tabla A.5.2.** Tabla de parámetros de especies polinizadoras.

Uso de suelo y vegetación (k)	Índice de aptitud para nidificación en cavidades $b_{p=1}$	Índice de aptitud para nidificación en el suelo $b_{p=2}$	Índice de intensidad relativa de la actividad de pecoreo en temporada de primavera $f_{q=1}$	Índice de intensidad relativa de la actividad de pecoreo en temporada de verano $f_{q=2}$	Distancia máxima de pecoreo (m) $d_j$	Índice de abundancia relativa $s_j$
<i>Apis mellifera</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	2500	0.44
<i>Melipona beecheii</i>	1.0	0.0	1.0	1.0	1000	0.06
<i>Melipona fasciata</i>	1.0	0.0	1.0	1.0	1000	0.05
<i>Geotrigona acapulconis</i>	0.0	1.0	1.0	1.0	800	0.12
<i>Nannotrigona perilampoides</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	700	0.12
<i>Plebeia frontalis</i>	1.0	0.0	1.0	1.0	500	0.09
<i>Plebeia fulvopilosa</i>	1.0	0.0	1.0	1.0	500	0.07
<i>Leptonycteris nivalis</i>	0.0	1.0	0.0	1.0	15000	0.02
<i>Leptonycteris curasoe</i>	0.0	1.0	1.0	1.0	10000	0.03

## Anexo VI. Parámetros agroclimáticos de los principales cultivos de los modelos de restauración

**Tabla A.6.1.** Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de agave americana.

Potencial productivo				
	Óptimo	Medio	Bajo	No apto/ marginal
Productividad* (t/ha) y % de potencial óptimo	75 (100%)**	(71%)***	(42%)****	7%
Variable				
Precipitación media anual (mm)	800<x≤1500	1,500<x≤2,000	2,000<x≤2,400	>2,400
		600<x≤800	400<x≤600	≤400
Temperatura media anual (°C)	18<x≤22	22<x≤24	24<x≤26	>26
		16<x≤18	12<x≤16	≤12
Edafología perfil	Regosol, Leptosol Phaeozem	Luvisol, Calcisol, Cambisol y Vertisol	Regosol, Leptosol Phaeozem, Luvisol, Calcisol, Cambisol y Vertisol	Otros
	textura	Media, Fina	Media, Fina	Gruesa Fina, Media, Gruesa
Pendiente (%)	≤30	30<x≤35	35<x≤45	>45
Altitud (msnm)	800<x≤1800	1800<x≤2000	2000<x≤2,200	>2,200
		600<x≤800	400<x≤600	<400

**Notas:** \*Con base en la densidad y manejo de cultivo del modelo; \*\* considerando una edad de madurez de cosecha de 5 años con potencial óptimo, 1500 plantas/ha y peso de 50 kg por piña; \*\*\* considerando 7 años de madurez con potencial medio y un peso de la piña al año 5 del 71% del peso óptimo; \*\*\*\* considerando 12 años de madurez con potencial bajo y un peso de la piña al año 5 del 42% del peso óptimo. Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{0.5997} * temp^{0.1870} * edaf^{0.0634} * pend^{0.0271} * alt^{0.1227}$

**Tabla A.6.2.** Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de agave angustifolia.

Potencial productivo				
	Óptimo	Medio	Bajo	No apto/ marginal
Productividad* (t/ha) y % de potencial óptimo	75 (100%)**	(78%)***	(58 %)***	7%
Variable				
Precipitación media anual (mm)	500<x≤1300	1300<x≤1700	1700<x≤2000	>2000
		400<x≤500	250<x≤400	≤250
Temperatura media anual (°C)	18<x≤24	24<x≤26	26<x≤28	>28
		16<x≤18	12<x≤16	≤12
Edafología	perfil	Regosol, Leptosol Phaeozem	Luvisol, Calcisol, Cambisol y Vertisol	Fluvisol Fluvisol y Otros
	textura	Fina, Media	Fina, Media	Fina, media Gruesa
Pendiente (%)	≤30	30<x≤35	35<x≤45	>45
Altitud (msnm)	600<x≤1800	1800<x≤2000	2000<x≤2200	>2000
		400<x≤600	300<x≤400	<300

**Notas:** \*Con base en la densidad y manejo de cultivo del modelo; \*\* considerando una edad de madurez de cosecha de 7 años con potencial óptimo, 1500 plantas/ha y peso de 50 kg por piña; \*\*\* considerando 9 años de madurez con potencial medio y un peso de la piña al año 7 del 78% del peso óptimo; \*\*\*\* considerando 12 años de madurez con potencial bajo y un peso de la piña al año 7 del 58% del peso óptimo. Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{0.5997} * temp^{0.1870} * edaf^{0.0634} * pend^{0.0271} * alt^{0.1227}$

**Tabla A.6.3.** Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de maíz mushito.

Potencial productivo						
	Óptimo	Medio	Bajo	No apto/ marginal		
Productividad* (t/ha/año)	4	3	2	0.1		
Variable						
Precipitación media anual (mm)	1200<x≤1500	1500<x≤2000	2000<x≤2400	>2400		
		1000<x≤1200	800<x≤1000	≤800		
Meses con suelos húmedos (prec>evapotransp.)	≥8	7	6	≤5		
Temperatura media anual (°C)	18<x≤22	22<x≤25	25<x≤28	>28		
		17<x≤18	16<x≤17	≤16		
Temperatura máxima (promedio anual en °C)	≤24	24<x≤28	28<x≤40	>40		
Temperatura mínima (promedio anual en °C)	≥15	12≤x<15	6≤x<12	<6		
Edafología	perfil	Chernozem, Kastanozems, Luvisol, Nitisol, Phaeozem	Cambisol, Lixisol, Umbrisol	Acrisol, Alisol, Arenosol, Calcisol, Leptosol, Regosol	Cambisol, Chernozem, Kastanozems, Luvisol, Nitisol, Phaeozem Umbrisol	Fluvisol, Gleysol, Plantasol, Solonchak, Vertisol y otros
	textura	Fina y Media	Fina y Media	Fina, Media Gruesa	Gruesa	Fina, Media Gruesa
Pendiente (%)	≤12	12<x≤20	20<x≤30	>30		
Altitud (msnm)	1500<x≤2000	2000<x≤2250	2250<x≤2500	>2500		
		1250<x≤1500	1000<x≤1250	<1000		

**Notas:** \*\* Con base en la densidad y manejo de cultivo del modelo. Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{0.2833} * meshum^{0.1505} * temp^{0.1077} * tempmax^{0.0759} * tempmin^{0.0600} * edaf^{0.0369} * pend^{0.0262} * alt^{0.2595}$

**Tabla A.6.4.** Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de maíz tuxpeño.

Potencial productivo						
	Óptimo	Medio	Bajo	No apto/ marginal		
Productividad* (t/ha/año)	3.5	2.75	2	0.1		
Variable						
Precipitación media anual (mm)	2500<x≤3000	3000<x≤3500	3500<x≤4000	>4000		
		2000<x≤2500	1500<x≤2000	≤1500		
Meses con suelos húmedos (prec>evapotransp.)	≥9	7-8	6	≤5		
Temperatura media anual (°C)	23<x≤25	25<x≤26	26<x≤27	>27		
		21<x≤23	18<x≤21	≤18		
Temperatura máxima (promedio anual en °C)	≤26	26<x≤30	30<x≤40	>40		
Temperatura mínima (promedio anual en °C)	≥21	15≤x<21	9≤x<15	<9		
Edafología	perfil	Chernozem, Kastanozems, Luvisol, Nitisol, Phaeozem	Cambisol, Lixisol, Umbrisol	Acrisol, Alisol, Arenosol, Calcisol, Leptosol, Regosol	Cambisol, Chernozem, Kastanozems, Luvisol, Nitisol, Phaeozem, Umbrisol	Fluvisol, Gleysol, Plantasol, Solonchak, Vertisol y otros
	textura	Fina y Media	Fina y Media	Fina, Media Gruesa	Gruesa	Fina, Media Gruesa
Pendiente (%)	≤12	12<x≤15	15<x≤20	>30		
Altitud (msnm)	250<x≤700	700<x≤800	800<x≤1000	>1000		

**Notas:** \* Con base a la densidad y manejo de cultivo del modelo; \*\*considera el total de producción de 2 cosechas al año. Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{0.2883} * meshum^{0.1424} * temp^{0.1047} * tempmax^{0.0574} * tempmin^{0.0495} * edaf^{0.0367} * pend^{0.0457} * alt^{0.2752}$

**Tabla A.6.5.** Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de café arábica.

Potencial productivo						
	Óptimo	Medio	Bajo		No apto/ marginal	
Productividad* (t/ha/año)	2.6	1.75	0.9		0.5	
Variable						
Precipitación media anual (mm)	1500<x≤2000	2000<x≤2500	2500<x≤2900		>2900	
		1300<x≤1500	1200<x≤1300		≤1200	
Meses con suelos húmedos (prec>evapotransp.)	9-10	11	12		-	
		8	7		≤6	
Temperatura media anual (°C)	19<x≤22	22<x≤24	24<x≤25		>25	
		18<x≤19	17<x≤18		≤17	
Edafología	perfil	Chernozem, Kastanozems, Luvisol, Nitisol, Phaeozem	Cambisol, Lixisol, Umbrisol	Acrisol, Alisol, Arenosol, Calcisol, Leptosol, Regosol	Cambisol, Chernozem, Kastanozems, Luvisol, Nitisol, Phaeozem, Umbrisol	Fluvisol, Gleysol, Plantasol, Solonchak, Vertisol y otros
	textura	Fina y Media	Fina y Media	Fina, Media Gruesa	Gruesa	Fina, Media Gruesa
Pendiente (%)	≤30	30<x≤35	35<x≤45		>45	
Altitud (msnm)	1200<x≤1700	1700<x≤2000	2000<x≤2500		>2500	
		900<x≤1200	600<x≤900		<600	

**Notas:** \* Con base a la densidad y manejo de cultivo del modelo; \*\* a la categoría de no-pto para esta variable se le aplicó un valor de "cero" como exclusión total. Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{0.3362} * meshum^{0.4169} * temp^{0.0809} * eda^{0.1120} * pend^{0.0300} * alt^{0.0239}$

**Tabla A.6.6.** Caracterización del potencial productivo según las variables de aptitud agroclimática para el cultivo de café robusta.

Potencial productivo						
	Óptimo	Medio	Bajo	No apto/ marginal		
Productividad* (t/ha/año)	3.6	2.4	1.2	0.5		
Variable						
Precipitación media anual (mm)	1900<x≤2500	2500<x≤2650	2650<x≤2800	>2800		
		1500<x≤1900	1000<x≤1500	≤1000		
Meses con suelos húmedos (prec>evapotransp.)	9-10	11	12	-		
		8	7	≤6		
Temperatura media anual (°C)	22<x≤24	24<x≤25	25<x≤26	>26		
		20<x≤22	18<x≤20	≤18		
Edafología	perfil	Chernozem, Kastanozems, Luvisol, Nitisol, Phaeozem	Cambisol, Lixisol, Umbrisol	Acrisol, Alisol, Arenosol, Calcisol, Leptosol, Regosol	Cambisol, Chernozem, Kastanozems, Luvisol, Nitisol, Phaeozem, Umbrisol	Fluvisol, Gleysol, Plantasol, Solonchak, Vertisol
	textura	Fina y Media	Fina y Media	Fina, Media Gruesa	Gruesa	Fina, Media Gruesa
Pendiente (%)	≤30	30<x≤35	35<x≤45	>45		
Altitud (msnm)	800<x≤1000	1000<x≤1100	1100<x≤1200	>1200		
		200<x≤800	50<x≤200	<50		

**Notas:** \* Con base a la densidad y manejo de cultivo del modelo; \*\* a la categoría de no-pto para esta variable se le aplicó un valor de “cero” como exclusión total. Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{0.3362} * meshum^{0.4169} * temp^{0.0809} * edaf^{0.1120} * pend^{0.0300} * alt^{0.0239}$

**Tabla A.6.7.** Caracterización del potencial productivo de materia verde para forraje según las variables de aptitud agroclimática para pasto en el modelo silvopastoril.

Potencial productivo				
	Óptimo	Medio	Bajo	No apto/ marginal
Productividad* (t/ha/año)	80	55	40	8
Variable				
Precipitación media anual (mm)	800<x≤2500	2500<x≤3000	3000<x≤3500	>3500
		600<x≤800	350<x≤600	≤350
Meses con suelos húmedos (prec>evapotransp.)	≥10	9	8	≤7
Temperatura media anual (°C)	24<x≤27	27<x≤28	28<x≤29	>29
		22<x≤24	20<x≤22	≤20
Temperatura máxima (promedio anual en °C)	≤30	30<x≤31	31<x≤32	>32
Temperatura mínima (promedio anual en °C)	≥24	20≤x<24	18≤x<20	<18
Edafología perfil	Fluvisol, Luvisol, Rendzina	Vertisoles, Gleysol	Regosoles, Litosol, Leptosoles	Fluvisol, Luvisol, Rendzina, Vertisoles, Gleysol, y otros
	textura	Fina y Media	Fina y Media	Fina, Media y Gruesa
Pendiente (%)	≤20	20<x≤30	30<x≤40	>40
Altitud (msnm)	50<x≤1100	1100<x≤1800	1800<x≤2000	>2000
				≤50

**Notas:** Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{0.4006} * meshum^{0.0311} * temp^{0.1528} * tempmax^{0.1834} * tempmin^{0.0274} * edaf^{0.0738} * pend^{0.0338} * alt^{0.0971}$

**Tabla A.6.8.** Caracterización del potencial productivo de materia verde para forraje según las variables de aptitud agroclimática para leucaena en el modelo silvipastoril.

Potencial productivo				
	Óptimo	Medio	Bajo	No apto/ marginal
Productividad* (t/ha/año)	14	10	7	1
Variable				
Precipitación media anual (mm)	600<x≤2200	2200<x≤2300	2300<x≤2600	>2600
		500<x≤600	350<x≤500	≤350
Meses con suelos húmedos (prec>evapotransp.)	≥10	7≤x<10	6	<6
Temperatura media anual (°C)	22<x≤24	24<x≤26	26<x≤28	>28
		21<x≤22	20<x≤21	≤20
Temperatura máxima (promedio anual en °C)	≤28	28<x≤30	30<x≤32	>32
Temperatura mínima (promedio anual en °C)	≥20	18≤x<20	16≤x<18	<16
Edafología perfil	Fluvisol, Luvisol, Rendzina	Vertisoles, Gleysol	Regosoles, Litosol, Leptosoles	Fluvisol, Luvisol, Rendzina, Vertisoles, Gleysol, y otros
	textura	Fina y Media	Fina y Media	Fina, Media y Gruesa
Pendiente (%)	≤20	20<x≤30	30<x≤40	>40
Altitud (msnm)	50<x≤800	800<x≤900	900<x≤1000	>1000

**Notas:** Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{0.4268} * meshum^{0.0283} * temp^{0.1643} * tempmax^{0.1475} * tempmin^{0.0366} * edaf^{0.0711} * pend^{0.0489} * alt^{0.0766}$

**Tabla A.6.9.** Caracterización del potencial productivo de materia verde para forraje según las variables de aptitud agroclimática para ramón (como proxy de arbustos para ramoneo en área de regeneración natural) en el modelo silvopastoril.

Potencial productivo				
	Óptimo	Medio	Bajo	No apto/ marginal
Productividad* (t/ha/año)	50	30	15	5
Variable				
Precipitación media anual (mm)	800<x≤2500	2500<x≤3500	3500<x≤4000	>4000
		700<x≤800	800<x≤700	≤600
Meses con suelos húmedos (prec>evapotransp.)	≥9	7-8	6	<6
Temperatura media anual (°C)	23<x≤26	26<x≤27	27<x≤28	>28
		22<x≤23	21<x≤22	≤21
Temperatura máxima (promedio anual en °C)	≤27	27<x≤28	28<x≤31	>31
Temperatura mínima (promedio anual en °C)	≥21	20≤x<21	18≤x<20	<18
Edafología	perfil	Ultisol, Leptosol, Oxisol, Redzina	Vertisoles, Gleysol	Regosoles
	textura	Fina y Media	Fina y Media	Fina, Media y Gruesa
Pendiente (%)	≤20	20<x≤30	30<x≤40	>40
Altitud (msnm)	50<x≤800	800<x≤1000	1000<x≤1500	>1500
				≤50

**Notas:** Estimación de potencial productivo aplicando la siguiente ecuación con pesos ponderados estimados a través de la metodología multicriterio de análisis jerárquico:  $Potencial = prec^{-0.4183} * meshum^{-0.0196} * temp^{0.1270} * tempmax^{0.1996} * tempmin^{-0.0281} * edaf^{0.0794} * pend^{0.0535} * alt^{0.0755}$

# Anexo VII. Metodología multicriterio con proceso de análisis jerárquico

La metodología de análisis multicriterio y multi-objetivo con proceso de análisis jerárquico (Saaty, 2008) es utilizada cuando se carece de datos técnicos que permitan definir valores cuantitativos y únicamente se cuenta con información cualitativa. Generalmente dicha información cualitativa proviene del conocimiento de especialistas y se somete a este procedimiento para asignar un valor numérico a las variables o subvariables a través de un “proceso de análisis jerárquico” (PAJ). Este proceso se divide en tres etapas:

**1. Modelización:** En esta fase el primer paso es analizar el problema, identificando las variables o indicadores que se utilizarán para la modelación; por lo que es importante considerar que para cada variable se deberá contar con información cartográfica adecuada.

**2. Valoración:** El primer paso de esta etapa consiste en jerarquizar las variables de acuerdo a la importancia de cada una con respecto a las demás, obteniendo como resultado una matriz en donde la primera variable es la más importante y la última la menos importante. (ver **Tabla A.7.1**). El segundo paso de la valoración consiste en determinar el nivel de preferencia de cada variable con respecto a todas las otras (**Tabla A.7.1**), asignando los valores con base en la escala de comparación de Saaty (ver **Tabla A.7.2**). El objetivo es obtener una matriz cuadrada  $A$  que contiene  $n \times n$  comparaciones pareadas entre  $n$  variables/criterios y donde  $a_{ij}$  es la medida de la preferencia de la variable en el reglón  $i$  cuando se compara con la variable de la columna  $j$ . Cuando  $i = j$ , el valor de  $a_{ij}$  será igual a 1 (de acuerdo a la escala de comparación de Saaty), pues se está comparando la variable consigo misma.

**Tabla A.7.1.** Matriz de comparaciones pareadas (primer paso)

Ranking por importancia de las variables		1º	2º	3º	4º	5º
		Variable $a_1$	Variable $a_2$	Variable $a_3$	Variable $a_4$	Variable $a_5$
1º	Variable $a_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$
2º	Variable $a_2$		$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$	$a_{25}$
3º	Variable $a_3$			$a_{33}$	$a_{34}$	$a_{35}$
4º	Variable $a_4$				$a_{44}$	$a_{45}$
5º	Variable $a_5$					$a_{55}$

**Tabla A.7.2.** Escala de preferencias

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Fuente: Osorio-Gómez & Orejuela-Cabrera (2008).

Una vez asignado el valor la preferencia entre las variables se completa la matriz de comparaciones pareadas asignando a las celdas remanentes el valor de su recíproco o inverso (ver **Tabla A.7.3**), siendo  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ .

**3. Priorización y síntesis:** Sucesivamente se lleva a cabo el proceso de síntesis que permite calcular el nivel de prioridad de cada una de las variables/criterios que se comparan. Existen diferentes métodos de priorización: elemental, modo distributivo, método de las potencias. En nuestro análisis utilizamos el “método de las potencias” que consiste en elevar la matriz de comparaciones pareadas a una potencia

suficientemente grande, sumando por filas y normalizando estos valores mediante la división de la suma de cada fila por la suma total de la matriz. En práctica se eleva la matriz al cuadrado (utilizando la función “MMULT” en la hoja de cálculo de Excel) y se repite la operación con la nueva matriz hasta que la diferencia (resta) de los valores normalizados de la última matriz con la penúltima se aproxime a cero (ver **Tabla A.7.4**). La columna de valores normalizados de esta última matriz representa el vector de priorización de las variables/criterios y define en términos de porcentaje el valor de prioridad o peso de cada variable.

**Tabla A.7.3.** Matriz completa de comparaciones pareadas

	Variable a <sub>1</sub>	Variable a <sub>2</sub>	Variable a <sub>3</sub>	Variable a <sub>4</sub>	Variable a <sub>5</sub>
Variable a <sub>1</sub>	1	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	a <sub>14</sub>	a <sub>15</sub>
Variable a <sub>2</sub>	1/a <sub>12</sub>	1	a <sub>23</sub>	a <sub>24</sub>	a <sub>25</sub>
Variable a <sub>3</sub>	1/a <sub>13</sub>	1/a <sub>23</sub>	1	a <sub>34</sub>	a <sub>35</sub>
Variable a <sub>4</sub>	1/a <sub>14</sub>	1/a <sub>24</sub>	1/a <sub>34</sub>	1	a <sub>45</sub>
Variable a <sub>5</sub>	1/a <sub>15</sub>	1/a <sub>25</sub>	1/a <sub>35</sub>	1/a <sub>45</sub>	1

**Tabla A.7.4.** Estimación del valor de prioridad (“ponderación”) de las variables

i \ j	Variable a <sub>j=1</sub>	Variable a <sub>2</sub>	Variable a <sub>3</sub>	Variable a <sub>4</sub>	Variable a <sub>5</sub>	Valor Normalizado
Variable a <sub>i=1</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	a <sub>14</sub>	a <sub>15</sub>	$\frac{\sum_{j=1}^n a_{1j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}$
Variable a <sub>2</sub>	1/a <sub>12</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	a <sub>24</sub>	a <sub>25</sub>	$\frac{\sum_{j=1}^n a_{2j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}$
Variable a <sub>3</sub>	1/a <sub>13</sub>	1/a <sub>23</sub>	a <sub>33</sub>	a <sub>34</sub>	a <sub>35</sub>	$\frac{\sum_{j=1}^n a_{3j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}$
Variable a <sub>4</sub>	1/a <sub>14</sub>	1/a <sub>24</sub>	1/a <sub>34</sub>	a <sub>44</sub>	a <sub>45</sub>	$\frac{\sum_{j=1}^n a_{4j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}$
Variable a <sub>5</sub>	1/a <sub>15</sub>	1/a <sub>25</sub>	1/a <sub>35</sub>	1/a <sub>45</sub>	a <sub>55</sub>	$\frac{\sum_{j=1}^n a_{5j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}$
						$\sum = 1$

# Anexo VIII. Datos de extensión (hectáreas) de oportunidades de restauración por municipio

Nombre municipio	Restauración de manglar	Restauración ecológica/ reforestación	Restauración para manejo forestal	Agroforestal de agave	Agroforestal de café arábica	Agroforestal de café robusta	Sistema silvopastoril de conservación	Milpa intercalada con frutales en ladera	Agricultura de conservación	Plantaciones forestales comerciales	TOTAL OPORTUNIDADES	% SOBRE ÁREA TOTAL DEL MUNICIPIO
1 Abejones	0	672	2	23	2	0	204	76	1	0	980	7.8%
2 Acatlán de Pérez Figueroa	0	384	18	3896	0	165	871	122	29207	0	34,663	46.1%
3 Asunción Cacalotepec	0	412	0	342	264	0	0	1	2	0	1,021	13.4%
4 Asunción Cuyotepeji	0	78	0	0	0	0	150	0	140	0	368	4.4%
5 Asunción Ixtaltepec	0	74	13	2759	0	4	261	221	8996	0	12,328	18.7%
6 Asunción Nochixtlán	0	823	12	2183	0	0	44	1040	1575	0	5,677	16.5%
7 Asunción Ocotlán	0	0	0	0	0	0	0	0	340	0	340	75.0%
8 Asunción Tlacolulita	0	204	14	426	0	0	5	0	366	0	1,015	5.3%
9 Ayotzintepec	0	199	3	0	0	0	473	388	1598	0	2,661	16.9%
10 El Barrio de la Soledad	0	344	22	1291	0	0	37	1273	2776	0	5,743	22.7%
11 Calihualá	0	80	0	99	0	0	202	168	9	0	558	8.2%
12 Candelaria Loxicha	0	1205	45	936	1461	275	0	89	63	0	4,074	22.4%
13 Ciénega de Zimatlán	0	0	0	0	0	0	0	0	625	0	625	60.7%
14 Ciudad Ixtepec	0	44	3	840	0	0	7	10	5121	0	6,025	20.4%
15 Coatecas Altas	0	91	0	1642	0	0	96	1569	876	0	4,274	35.7%
16 Coicoyán de las Flores	0	567	0	31	10	0	352	443	9	0	1,412	11.2%
17 La Compañía	0	85	0	1353	0	0	85	1079	1117	0	3,719	35.6%
18 Concepción Buenavista	0	702	1	407	0	0	27	52	472	0	1,661	7.4%
19 Concepción Pápalo	0	1588	4	1780	12	0	63	345	12	0	3,804	21.9%
20 Constanza del Rosario	0	18	25	7	9	0	61	75	763	0	958	16.7%
21 Cosolapa	0	32	8	487	0	136	0	0	4093	0	4,756	42.6%
22 Cosoltepec	0	978	0	68	0	0	5	192	10	0	1,253	11.2%
23 Cuilápam de Guerrero	0	9	0	897	0	0	18	513	2175	0	3,612	72.4%
24 Cuyamecalco Villa de Zaragoza	0	1913	8	12	11	0	0	628	1	0	2,573	32.6%
25 Chahuites	0	0	0	32	0	0	1	0	1572	0	1,605	70.5%
26 Chalcatongo de Hidalgo	0	789	113	950	6	0	259	1124	922	0	4,163	31.2%
27 Chiquihuitlán de Benito Juárez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.0%
28 Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo	0	341	0	3810	0	0	381	3135	9025	0	16,692	52.4%
29 Eloxochitlán de Flores Magón	0	364	3	53	106	0	0	35	3	0	564	15.8%
30 El Espinal	0	0	0	13	0	0	3	0	12	0	28	0.5%
31 Tamazulápam del Espíritu Santo	0	1180	53	40	46	0	1	501	2	0	1,823	16.3%

32	Fresnillo de Trujano	0	33	0	730	0	0	0	0	286	0	1,049	17.1%
33	Guadalupe Etla	0	0	0	36	0	0	0	0	380	0	416	97.0%
34	Guadalupe de Ramírez	0	121	0	119	0	0	39	169	37	0	485	15.7%
35	Guelatao de Juárez	0	40	0	10	0	0	0	93	2	0	145	32.1%
36	Guevea de Humboldt	0	59	0	2	4	0	170	8	0	0	243	0.9%
37	Mesones Hidalgo	0	444	35	96	1	0	0	299	383	0	1,258	7.2%
38	Villa Hidalgo	0	1007	0	10	25	0	0	409	0	0	1,451	24.6%
39	Heroica Ciudad de Huajuapán de León	0	596	0	2126	0	0	811	2407	1543	0	7,483	23.0%
40	Huautepec	0	659	0	77	431	0	0	627	36	0	1,830	39.0%
41	Huautla de Jiménez	0	3336	40	445	150	0	0	2203	79	0	6,253	42.4%
42	Ixtlán de Juárez	0	1212	13	334	139	0	487	518	11	0	2,714	4.8%
43	Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza	0	610	0	7091	0	0	202	0	5286	0	13,189	14.4%
44	Loma Bonita	0	14	0	3364	0	0	93	0	10702	0	14,173	29.2%
45	Magdalena Apasco	0	0	10	135	0	0	6	156	828	0	1,135	42.0%
46	Magdalena Jaltepec	0	844	0	2017	0	0	106	2086	783	0	5,836	24.8%
47	Santa Magdalena Jicotlán	0	67	0	354	0	0	6	100	141	0	668	25.0%
48	Magdalena Mixtepec	0	105	1	1	0	0	0	89	0	0	196	4.8%
49	Magdalena Ocotlán	0	0	0	11	0	0	9	0	622	0	642	61.9%
50	Magdalena Peñasco	0	777	2	258	0	0	27	1324	69	0	2,457	28.9%
51	Magdalena Teitipac	0	5	0	391	0	0	23	0	724	0	1,143	29.0%
52	Magdalena Tequisistlán	0	371	70	1480	0	0	93	0	2753	0	4,767	5.6%
53	Magdalena Tlacotepec	0	64	0	186	0	0	31	0	1084	0	1,365	10.9%
54	Magdalena Zahuatlán	0	0	0	527	0	0	10	76	412	0	1,025	41.3%
55	Mariscal de Juárez	0	212	0	686	0	0	138	133	590	0	1,759	12.2%
56	Mártires de Tacubaya	0	0	0	75	0	0	18	4	79	0	176	3.0%
57	Matías Romero Avendaño	0	321	53	98	0	6	2678	1177	5908	48	10,289	7.6%
58	Mazatlán Villa de Flores	0	6468	19	39	466	0	0	1263	7	0	8,262	45.4%
59	Miahuatlán de Porfirio Díaz	0	905	5	7079	22	0	582	6007	7852	0	22,452	47.8%
60	Mixistlán de la Reforma	0	1150	0	6	21	0	0	366	1	0	1,544	22.8%
61	Monjas	0	0	0	714	0	0	0	83	947	0	1,744	77.4%
62	Natividad	0	114	3	0	0	0	0	40	0	0	157	70.9%
63	Nazareno Etla	0	0	0	19	0	0	0	16	222	0	257	59.9%
64	Nejapa de Madero	0	205	75	1423	0	0	13	0	1633	0	3,349	6.6%
65	Ixpantepec Nieves	0	375	0	1110	0	0	87	1149	126	0	2,847	39.3%
66	Santiago Niltepec	0	167	1	1218	0	0	110	4	13372	0	14,872	27.1%
67	Oaxaca de Juárez	0	38	0	146	0	0	6	665	147	0	1,002	11.2%
68	Ocotlán de Morelos	0	54	0	1513	0	0	86	906	5299	0	7,858	65.6%
69	La Pe	0	0	0	581	0	0	10	178	1231	0	2,000	74.1%
70	Pinotepa de Don Luis	0	188	1	384	0	0	297	797	191	0	1,858	27.5%
71	Pluma Hidalgo	0	989	2	770	1123	216	0	77	6	0	3,183	30.6%
72	San José del Progreso	0	77	0	1136	0	0	219	1006	1872	0	4,310	39.6%
73	Putla Villa de Guerrero	0	2126	91	4727	43	0	117	1366	3227	0	11,697	28.7%
74	Santa Catarina Quioquitani	0	336	2	22	0	0	6	247	2	0	615	15.9%
75	Reforma de Pineda	0	4	0	297	0	0	0	0	1786	0	2,087	62.3%
76	La Reforma	0	342	27	37	0	0	57	125	793	0	1,381	7.4%
77	Reyes Etla	0	0	0	5	0	0	3	0	896	0	904	75.4%
78	Rojas de Cuauhtémoc	0	0	0	0	0	0	4	0	132	0	136	10.9%
79	Salina Cruz	0	24	26	308	0	0	19	0	1965	0	2,342	17.7%
80	San Agustín Amatengo	0	19	1	608	0	0	29	436	842	0	1,935	34.7%
81	San Agustín Atenango	0	291	0	495	0	0	198	574	503	0	2,061	21.4%
82	San Agustín Chayuco	0	322	80	549	0	0	206	801	472	0	2,430	16.0%
83	San Agustín de las Juntas	0	0	0	17	0	0	3	8	37	0	65	2.5%

84	San Agustín Etla	0	70	1	23	0	0	8	280	413	0	795	14.4%
85	San Agustín Loxicha	0	1511	10	1026	631	3	53	704	65	0	4,003	11.9%
86	San Agustín Tlacoatepec	0	209	10	202	0	0	50	562	43	0	1,076	20.9%
87	San Agustín Yatareni	0	0	0	73	0	0	0	8	268	0	349	54.5%
88	San Andrés Cabecera Nueva	0	1035	46	64	21	0	42	778	40	0	2,026	7.8%
89	San Andrés Dinicuiti	0	360	0	221	0	0	87	576	63	0	1,307	13.2%
90	San Andrés Huaxpaltepec	0	1	0	702	0	0	39	111	1125	0	1,978	22.5%
91	San Andrés Huayápam	0	4	0	227	0	0	17	246	82	0	576	20.9%
92	San Andrés Ixtlahuaca	0	123	0	186	0	0	3	153	436	0	901	31.2%
93	San Andrés Lagunas	0	110	0	435	0	0	0	0	564	0	1,109	22.2%
94	San Andrés Nuxiño	0	525	23	29	0	0	191	98	10	0	876	13.7%
95	San Andrés Paxtlán	0	1127	11	34	43	0	0	679	3	0	1,897	33.1%
96	San Andrés Sinaxtla	0	14	0	350	0	0	3	0	1182	0	1,549	68.5%
97	San Andrés Solaga	0	1147	1	9	14	0	0	370	0	0	1,541	31.7%
98	San Andrés Teotlálpam	0	300	5	0	139	68	985	0	0	0	1,497	10.3%
99	San Andrés Tepetlapa	0	26	0	76	0	0	70	189	39	0	400	27.8%
100	San Andrés Yáa	0	236	0	3	32	0	0	167	0	0	438	10.7%
101	San Andrés Zabache	0	41	0	36	0	0	30	141	76	0	324	45.7%
102	San Andrés Zautla	0	1	0	623	0	0	13	634	942	0	2,213	31.9%
103	San Antonino Castillo Velasco	0	0	0	0	0	0	0	0	904	0	904	79.5%
104	San Antonino el Alto	0	454	7	16	3	0	46	143	5	0	674	6.4%
105	San Antonino Monte Verde	0	77	0	15	0	0	62	1	17	0	172	1.6%
106	San Antonio Acutla	0	27	0	477	0	0	1	1	240	0	746	45.3%
107	San Antonio de la Cal	0	0	0	0	0	0	1	0	48	0	49	4.4%
108	San Antonio Huitepec	0	1198	36	405	0	0	543	2033	110	0	4,325	22.5%
109	San Antonio Nanahuatípam	0	4194	3	15	0	0	0	0	262	0	4,474	58.1%
110	San Antonio Sinicahua	0	73	0	29	0	0	36	347	5	0	490	16.7%
111	San Antonio Tepetlapa	0	74	2	6	0	0	146	0	0	0	228	3.3%
112	San Baltazar Chichicápam	0	17	4	1409	0	0	2	256	1168	0	2,856	30.9%
113	San Baltazar Loxicha	0	46	7	71	75	0	6	102	13	0	320	2.6%
114	San Baltazar Yatzachi el Bajo	0	235	0	6	7	0	0	115	0	0	363	12.0%
115	San Bartolo Coyotepec	0	0	0	109	0	0	7	7	976	0	1,099	35.0%
116	San Bartolomé Ayautla	0	96	0	2	88	0	0	13	0	0	199	3.5%
117	San Bartolomé Loxicha	0	116	1	96	9	0	0	23	24	0	269	1.7%
118	San Bartolomé Quialana	0	1	0	899	0	0	0	0	537	0	1,437	60.0%
119	San Bartolomé Yucuañe	0	17	0	162	0	0	30	151	59	0	419	4.9%
120	San Bartolomé Zoogocho	0	261	0	2	1	0	0	103	0	0	367	41.9%
121	San Bartolo Soyaltepec	0	133	12	335	0	0	9	217	257	0	963	12.9%
122	San Bartolo Yautepec	0	12	0	245	0	0	0	0	6	0	263	2.8%
123	San Bernardo Mixtepec	0	324	12	10	0	0	9	353	364	0	1,072	9.8%
124	San Blas Atempa	0	7	10	115	0	0	77	0	9488	0	9,697	46.3%
125	San Carlos Yautepec	0	1835	58	1439	9	0	636	772	373	0	5,122	2.2%
126	San Cristóbal Amatlán	0	685	7	545	1	0	72	2395	110	0	3,815	27.8%
127	San Cristóbal Amoltepec	0	217	0	272	0	0	2	502	71	0	1,064	33.4%
128	San Cristóbal Lachirioag	0	181	4	0	14	0	0	49	0	0	248	14.7%
129	San Cristóbal Suchixtlahuaca	0	30	0	627	0	0	21	14	408	0	1,100	20.7%
130	San Dionisio del Mar	0	304	0	471	0	0	57	0	3063	0	3,895	10.9%
131	San Dionisio Ocotepec	0	538	62	3022	0	0	34	323	881	0	4,860	15.6%
132	San Dionisio Ocotlán	0	0	0	60	0	0	7	6	706	0	779	77.1%
133	San Esteban Atlatlahuca	0	813	84	79	0	0	0	392	19	0	1,387	12.7%
134	San Felipe Jalapa de Díaz	0	398	0	0	0	319	1386	336	458	0	2,897	21.6%
135	San Felipe Tejalápam	0	39	0	576	0	0	26	842	720	0	2,203	22.1%

136	San Felipe Usila	0	536	48	0	85	342	87	241	1781	0	3,120	7.0%
137	San Francisco Cahuacuá	0	1463	2	188	21	0	662	1222	39	0	3,597	12.8%
138	San Francisco Cajonos	0	152	0	5	3	0	0	124	4	0	288	6.4%
139	San Francisco Chapulapa	0	150	0	2	1	0	0	36	0	0	189	3.0%
140	San Francisco Chindúa	0	131	0	234	0	0	3	0	446	0	814	36.0%
141	San Francisco del Mar	387	263	0	410	0	0	0	0	3930	0	4,990	7.3%
142	San Francisco Huehuetlán	0	401	0	6	5	0	0	190	1	0	603	42.4%
143	San Francisco Ixhuatán	160	153	0	218	0	0	19	0	9259	0	9,809	45.9%
144	San Francisco Jaltepetongo	0	113	1	581	0	0	23	799	288	0	1,805	38.0%
145	San Francisco Lachigoló	0	9	0	201	0	0	1	128	766	0	1,105	96.3%
146	San Francisco Logueche	0	106	0	364	0	0	7	673	57	0	1,207	29.4%
147	San Francisco Nuxaño	0	84	14	329	0	0	0	7	241	0	675	29.8%
148	San Francisco Ozolotepec	0	335	1	0	31	0	79	0	0	0	446	9.0%
149	San Francisco Sola	0	311	26	344	0	0	132	907	172	0	1,892	17.6%
150	San Francisco Telixtlahuaca	0	121	5	181	0	0	47	730	166	0	1,250	6.5%
151	San Francisco Teopan	0	121	3	315	0	0	3	0	105	0	547	6.3%
152	San Francisco Tlapancingo	0	198	0	85	0	0	235	307	21	0	846	8.5%
153	San Gabriel Mixtepec	0	379	11	881	464	23	57	165	61	0	2,041	11.4%
154	San Idefonso Amatlán	0	152	10	355	0	0	70	798	93	0	1,478	24.1%
155	San Idefonso Sola	0	247	0	205	1	0	205	867	96	0	1,621	41.7%
156	San Idefonso Villa Alta	0	314	7	0	14	0	0	78	0	0	413	4.4%
157	San Jacinto Amilpas	0	0	0	0	0	0	0	0	82	0	82	19.7%
158	San Jacinto Tlacotepec	0	100	0	246	40	0	16	528	136	0	1,066	16.7%
159	San Jerónimo Coatlán	0	1077	113	133	139	2	297	1521	86	0	3,368	5.7%
160	San Jerónimo Silacayoapilla	0	93	0	245	0	0	276	583	80	0	1,277	21.8%
161	San Jerónimo Sosola	0	462	48	143	0	0	43	747	39	0	1,482	6.7%
162	San Jerónimo Taviche	0	85	0	198	0	0	117	518	119	0	1,037	14.2%
163	San Jerónimo Tecóatl	0	391	4	323	45	0	0	126	2	0	891	50.1%
164	San Jorge Nuchita	0	339	0	329	0	0	63	452	448	0	1,631	29.3%
165	San José Ayuquila	0	2	0	446	0	0	61	418	372	0	1,299	59.6%
166	San José Chiltepec	0	275	17	0	0	20	182	0	3464	0	3,958	20.5%
167	San José del Peñasco	0	94	6	365	4	0	12	826	164	0	1,471	51.4%
168	San José Estancia Grande	0	0	11	316	0	0	9	0	878	0	1,214	18.3%
169	San José Independencia	0	13	0	0	0	13	413	0	0	0	439	8.2%
170	San José Lachiguiri	0	509	0	837	0	0	18	515	145	0	2,024	26.0%
171	San José Tenango	0	611	50	0	0	3	1	417	24	0	1,106	4.3%
172	San Juan Achiutla	0	36	0	83	2	0	18	50	60	0	249	7.0%
173	San Juan Atepec	0	889	3	18	3	0	0	586	84	0	1,583	11.8%
174	Ánimas Trujano	0	0	0	0	0	0	1	0	148	0	149	49.2%
175	San Juan Bautista Atlatlhuaca	0	1244	4	100	0	0	75	1	593	0	2,017	4.8%
176	San Juan Bautista Coixtlahuaca	0	3871	8	844	0	0	109	70	390	0	5,292	18.5%
177	San Juan Bautista Cuicatlán	0	4977	14	11	1	0	0	234	1891	0	7,128	14.4%
178	San Juan Bautista Guelache	0	61	16	21	0	0	1	201	782	0	1,082	20.7%
179	San Juan Bautista Jayacatlán	0	763	11	58	0	0	0	679	504	0	2,015	17.6%
180	San Juan Bautista Lo de Soto	0	16	0	728	0	0	46	0	4066	0	4,856	67.1%
181	San Juan Bautista Suchitepec	0	202	0	78	0	0	3	260	20	0	563	6.0%
182	San Juan Bautista Tlacoatzintepec	0	28	1	0	10	0	70	0	0	0	109	2.2%
183	San Juan Bautista Tlachichilco	0	37	0	228	0	0	57	346	237	0	905	10.2%
184	San Juan Bautista Tuxtepec	0	164	36	187	0	2	299	0	34632	0	35,320	40.3%
185	San Juan Cacahuatpec	0	12	2	7	0	0	258	0	0	0	279	1.4%
186	San Juan Cieneguilla	0	32	0	144	0	0	102	296	101	0	675	7.5%
187	San Juan Coatzacoatzpam	0	335	2	76	46	0	0	4	0	0	463	7.0%

188	San Juan Colorado	0	162	6	554	0	0	251	766	391	0	2,130	17.1%
189	San Juan Comaltepec	0	260	11	0	17	0	0	0	0	0	288	2.9%
190	San Juan Cotzocón	0	1616	23	5	9	338	413	391	6131	2273	11,199	8.1%
191	San Juan Chicomezúchil	0	70	0	3	1	0	0	49	1	0	124	6.1%
192	San Juan Chilateca	0	0	0	67	0	0	4	7	353	0	431	82.6%
193	San Juan del Estado	0	483	24	151	0	0	0	723	235	0	1,616	12.2%
194	San Juan del Río	0	155	43	41	0	0	3	221	13	0	476	6.7%
195	San Juan Diuxi	0	43	0	97	0	0	7	227	10	0	384	11.0%
196	San Juan Evangelista Analco	0	407	0	5	5	0	0	114	1	0	532	32.1%
197	San Juan Guelavía	0	0	0	25	0	0	0	0	2216	0	2,241	70.4%
198	San Juan Guichicovi	0	554	37	96	0	40	992	881	2928	0	5,528	6.9%
199	San Juan Ihualtepec	0	126	0	176	0	0	57	632	45	0	1,036	19.9%
200	San Juan Juquila Mixes	0	197	0	56	12	0	260	0	447	0	972	3.1%
201	San Juan Juquila Vijanos	0	553	6	473	35	0	0	111	1	0	1,179	20.8%
202	San Juan Lachao	0	548	16	32	110	24	100	434	7	0	1,271	6.0%
203	San Juan Lachigalla	0	544	12	1616	0	0	228	1803	676	0	4,879	45.3%
204	San Juan Lajarcia	0	1	2	345	0	0	0	17	18	0	383	3.6%
205	San Juan Lalana	0	237	16	0	18	1349	957	81	2662	0	5,320	7.7%
206	San Juan de los Cués	0	1741	0	0	0	0	0	0	17	0	1,758	14.7%
207	San Juan Mazatlán	0	1014	22	85	52	67	306	700	2105	89	4,440	2.7%
208	San Juan Mixtepec	0	2033	95	869	0	0	263	5336	278	0	8,874	24.8%
209	San Juan Mixtepec	0	273	4	28	5	0	45	366	2	0	723	9.5%
210	San Juan Ñumí	0	1495	45	989	0	0	36	4905	311	0	7,781	36.7%
211	San Juan Ozolotepec	0	1547	0	0	23	0	262	135	0	0	1,967	9.5%
212	San Juan Petlapa	0	162	2	0	0	6	0	30	0	0	200	1.1%
213	San Juan Quiahije	0	947	35	5	22	0	205	230	2	0	1,446	7.1%
214	San Juan Quiotepec	0	453	10	14	4	0	358	279	15	0	1,133	5.6%
215	San Juan Sayultepec	0	0	0	342	0	0	0	0	713	0	1,055	72.4%
216	San Juan Tabaá	0	695	1	2	33	0	0	104	0	0	835	42.6%
217	San Juan Tamazola	0	2333	135	1518	0	0	3	3182	655	0	7,826	21.7%
218	San Juan Teita	0	320	5	46	0	0	0	158	68	0	597	8.4%
219	San Juan Teitipac	0	2	0	286	0	0	71	27	1135	0	1,521	36.8%
220	San Juan Tepeuxila	0	2051	16	22	14	0	0	1154	2	0	3,259	12.8%
221	San Juan Teposcolula	0	109	0	767	0	0	36	9	434	0	1,355	15.6%
222	San Juan Yaeé	0	482	6	560	42	1	0	0	0	0	1,091	28.8%
223	San Juan Yatzone	0	104	5	1	13	0	0	14	0	0	137	4.7%
224	San Juan Yucuita	0	18	0	373	0	0	6	0	652	0	1,049	44.9%
225	San Lorenzo	0	91	0	616	0	0	123	703	510	0	2,043	34.7%
226	San Lorenzo Albarradas	0	539	27	165	0	0	137	778	22	0	1,668	12.4%
227	San Lorenzo Cacaotepec	0	0	0	321	0	0	26	217	1317	0	1,881	68.0%
228	San Lorenzo Cuaunecuiltla	0	151	0	4	9	0	0	94	0	0	258	28.2%
229	San Lorenzo Texmelúcan	0	722	18	489	39	0	84	1020	26	0	2,398	17.4%
230	San Lorenzo Victoria	0	17	0	159	0	0	0	39	100	0	315	6.1%
231	San Lucas Camotlán	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.0%
232	San Lucas Ojiltlán	0	155	29	0	0	196	2186	225	1925	0	4,716	10.4%
233	San Lucas Quiavini	0	28	0	705	0	0	0	251	922	0	1,906	36.7%
234	San Lucas Zoquiápam	0	1805	2	119	304	0	0	369	5	0	2,604	40.2%
235	San Luis Amatlán	0	526	47	2589	0	0	60	1281	1558	0	6,061	20.9%
236	San Marcial Ozolotepec	0	411	3	11	18	0	0	43	0	0	486	9.0%
237	San Marcos Arteaga	0	146	0	221	0	0	706	353	264	0	1,690	13.2%
238	San Martín de los Cansecos	0	6	0	162	0	0	8	93	320	0	589	70.6%
239	San Martín Huamelúlpam	0	97	27	360	0	0	2	735	172	0	1,393	32.6%

240	San Martín Itunyoso	0	486	25	117	3	0	0	654	48	0	1,333	20.9%
241	San Martín Lachilá	0	19	0	117	0	0	37	310	184	0	667	61.9%
242	San Martín Peras	0	652	1	24	11	0	524	635	4	0	1,851	7.6%
243	San Martín Tilcajete	0	0	0	198	0	0	3	42	961	0	1,204	49.6%
244	San Martín Toxpalan	0	1728	0	67	0	0	13	194	107	0	2,109	33.0%
245	San Martín Zacatepec	0	52	0	252	0	0	13	0	252	0	569	13.1%
246	San Mateo Cajonos	0	276	0	17	5	0	0	105	3	0	406	27.6%
247	Capulálpam de Méndez	0	113	2	7	1	0	0	238	2	0	363	9.8%
248	San Mateo del Mar	0	234	0	204	0	0	0	0	1380	0	1,818	20.2%
249	San Mateo Yoloxochitlán	0	295	0	39	112	0	0	43	0	0	489	68.8%
250	San Mateo Etlatongo	0	74	0	249	0	0	0	0	1152	0	1,475	62.7%
251	San Mateo Nejápam	0	67	0	42	0	0	137	85	7	0	338	5.3%
252	San Mateo Peñasco	0	488	4	27	0	0	35	292	3	0	849	15.2%
253	San Mateo Piñas	0	1049	7	832	1108	0	18	7	6	0	3,027	18.6%
254	San Mateo Río Hondo	0	260	4	12	44	0	38	161	3	0	522	2.5%
255	San Mateo Sindihui	0	374	14	143	0	0	24	540	59	0	1,154	8.1%
256	San Mateo Tilapitepec	0	27	0	395	0	0	18	5	191	0	636	26.1%
257	San Melchor Betaza	0	713	8	21	10	0	0	482	1	0	1,235	36.2%
258	San Miguel Achiutla	0	38	10	469	0	0	3	570	243	0	1,333	19.7%
259	San Miguel Ahuehuetitlán	0	72	0	268	0	0	150	517	100	0	1,107	12.9%
260	San Miguel Aloápam	0	1256	11	8	4	0	0	211	0	0	1,490	10.5%
261	San Miguel Amatitlán	0	1130	1	831	0	0	80	2061	289	0	4,392	24.5%
262	San Miguel Amatlán	0	153	8	14	2	0	0	139	3	0	319	5.2%
263	San Miguel Coatlán	0	131	0	3	22	0	44	231	0	0	431	3.5%
264	San Miguel Chicahua	0	189	0	396	0	0	16	96	89	0	786	12.8%
265	San Miguel Chimalapa	0	441	46	1072	0	35	641	450	781	0	3,466	2.9%
266	San Miguel del Puerto	0	814	13	196	4	77	64	351	112	0	1,631	3.1%
267	San Miguel del Río	0	76	0	6	0	0	0	25	1	0	108	10.1%
268	San Miguel Ejutla	0	3	0	195	0	0	0	34	777	0	1,009	93.6%
269	San Miguel el Grande	0	256	25	770	34	0	33	1022	601	0	2,741	26.5%
270	San Miguel Huautla	0	2533	0	0	0	0	0	0	0	0	2,533	39.0%
271	San Miguel Mixtepec	0	610	10	11	32	0	10	268	38	0	979	13.4%
272	San Miguel Panixtlahuaca	0	42	0	4	0	0	0	74	0	0	120	0.8%
273	San Miguel Peras	0	956	45	161	0	0	174	307	30	0	1,673	10.8%
274	San Miguel Piedras	0	366	2	226	0	0	25	1071	99	0	1,789	27.3%
275	San Miguel Quetzaltepec	0	98	0	2	71	0	0	41	0	0	212	1.0%
276	San Miguel Santa Flor	0	254	0	2	4	0	0	136	0	0	396	20.0%
277	Villa Sola de Vega	0	3780	84	1684	48	0	1092	5961	671	0	13,320	13.6%
278	San Miguel Soyaltepec	0	309	71	102	0	14	1679	0	14384	0	16,559	22.3%
279	San Miguel Suchixtepec	0	619	5	9	33	0	0	134	3	0	803	11.5%
280	Villa Talea de Castro	0	1297	3	175	193	0	0	373	2	0	2,043	33.4%
281	San Miguel Tecmatlán	0	25	0	177	0	0	2	5	128	0	337	17.1%
282	San Miguel Tenango	0	202	13	0	0	0	0	0	0	0	215	1.0%
283	San Miguel Tequixtepec	0	174	0	355	0	0	31	0	334	0	894	5.5%
284	San Miguel Tilquiápam	0	47	0	292	0	0	66	319	372	0	1,096	15.4%
285	San Miguel Tlacamama	0	0	0	22	0	0	38	0	0	0	60	0.6%
286	San Miguel Tlacotepec	0	257	1	447	0	0	35	1464	141	0	2,345	42.2%
287	San Miguel Tulancingo	0	20	1	364	0	0	46	44	129	0	604	12.9%
288	San Miguel Yotao	0	195	0	146	25	0	0	0	0	0	366	9.3%
289	San Nicolás	0	1	0	749	0	0	32	773	347	0	1,902	64.1%
290	San Nicolás Hidalgo	0	9	0	75	0	0	0	0	300	0	384	33.9%
291	San Pablo Coatlán	0	343	3	32	7	0	32	369	9	0	795	4.2%

292	San Pablo Cuatro Venados	0	29	19	269	0	0	0	0	42	0	359	4.9%
293	San Pablo Etla	0	30	0	411	0	0	5	272	659	0	1,377	31.0%
294	San Pablo Huítzo	0	27	3	286	0	0	8	436	333	0	1,093	10.8%
295	San Pablo Huixtepec	0	0	0	327	0	0	11	95	1492	0	1,925	44.3%
296	San Pablo Macuiltianguis	0	760	17	7	1	0	85	537	1	0	1,408	9.4%
297	San Pablo Tlaltepēc	0	1121	38	77	8	0	173	849	12	0	2,278	19.4%
298	San Pablo Villa de Mitla	0	1372	1	1833	60	0	126	1955	1426	0	6,773	24.1%
299	San Pablo Yaganiza	0	263	7	20	2	0	0	226	10	0	528	14.9%
300	San Pedro Amuzgos	0	1424	0	18	0	0	250	0	0	0	1,692	13.9%
301	San Pedro Apóstol	0	0	0	25	0	0	0	17	651	0	693	77.8%
302	San Pedro Atoyac	0	65	1	48	0	0	146	126	38	0	424	5.7%
303	San Pedro Cajonos	0	164	0	4	0	0	0	62	0	0	230	81.6%
304	San Pedro Coxcattepec Cántaros	0	278	4	128	0	0	4	29	17	0	460	4.9%
305	San Pedro Comitancillo	0	0	0	165	0	0	3	0	3812	0	3,980	84.7%
306	San Pedro el Alto	0	1417	24	44	209	0	25	302	1	0	2,022	27.0%
307	San Pedro Huamelula	0	740	0	1744	0	0	2	0	2017	0	4,503	6.4%
308	San Pedro Huilotepec	0	0	18	42	0	0	8	0	732	0	800	30.0%
309	San Pedro Ixcatlán	0	90	1	0	0	98	1044	0	3	0	1,236	12.2%
310	San Pedro Ixtlahuaca	0	0	0	481	0	0	0	289	875	0	1,645	70.9%
311	San Pedro Jaltepetongo	0	1074	0	0	0	0	0	0	0	0	1,074	20.9%
312	San Pedro Jicayán	0	28	0	30	0	0	73	102	55	0	288	3.4%
313	San Pedro Jocotipac	0	1743	0	0	0	0	0	0	0	0	1,743	25.1%
314	San Pedro Juchatengo	0	85	2	11	0	0	120	0	193	0	411	7.0%
315	San Pedro Mártir	0	0	0	5	0	0	5	0	467	0	477	62.8%
316	San Pedro Mártir Quiechapa	0	95	0	117	0	0	1	338	20	0	571	4.7%
317	San Pedro Mártir Yucuxaco	0	422	27	459	0	0	13	849	171	0	1,941	23.7%
318	San Pedro Mixtepec	3	835	14	2419	0	0	320	1	3574	0	7,166	21.9%
319	San Pedro Mixtepec	0	222	7	1	3	0	28	97	2	0	360	2.3%
320	San Pedro Molinos	0	41	0	98	6	0	2	549	25	0	721	27.3%
321	San Pedro Nopala	0	423	0	77	0	0	36	157	10	0	703	6.4%
322	San Pedro Ocopetatlillo	0	129	0	170	62	0	0	20	0	0	381	57.9%
323	San Pedro Ocotepēc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.0%
324	San Pedro Pochutla	7	709	143	1675	20	92	6	385	1727	0	4,764	10.6%
325	San Pedro Quiatoni	0	1042	32	3123	0	0	59	729	243	0	5,228	9.2%
326	San Pedro Sochiápam	0	342	3	4	46	0	70	106	0	0	571	3.8%
327	San Pedro Tapanatepec	64	395	4	1615	1	0	635	7	14960	0	17,681	17.7%
328	San Pedro Taviche	0	52	0	59	0	0	116	217	9	0	453	4.6%
329	San Pedro Teozacoalco	0	285	12	477	0	0	0	2193	96	0	3,063	32.9%
330	San Pedro Teutila	0	251	4	0	283	68	420	0	52	0	1,078	7.3%
331	San Pedro Tidaá	0	55	5	354	6	0	0	14	234	0	668	14.5%
332	San Pedro Topiltepec	0	0	0	1	0	0	12	0	386	0	399	12.2%
333	San Pedro Totolápam	0	263	295	472	0	0	238	0	32	0	1,300	3.2%
334	Villa de Tututepec	2357	4643	6	5804	50	19	269	3953	15570	0	32,671	26.7%
335	San Pedro Yaneri	0	130	0	0	9	0	0	16	0	0	155	5.5%
336	San Pedro Yólox	0	809	8	2	7	0	0	190	2	0	1,018	6.2%
337	San Pedro y San Pablo Ayutla	0	1588	114	449	61	0	50	2082	240	0	4,584	26.7%
338	Villa de Etla	0	0	1	38	0	0	0	17	547	0	603	73.0%
339	San Pedro y San Pablo Teposcolula	0	373	7	766	0	0	41	155	442	0	1,784	10.0%
340	San Pedro y San Pablo Tequixtepec	0	1626	0	204	0	0	447	460	74	0	2,811	15.6%
341	San Pedro Yucunama	0	18	0	247	0	0	0	93	186	0	544	18.2%
342	San Raymundo Jalpan	0	0	0	1	0	0	0	0	700	0	701	85.1%
343	San Sebastián Abasolo	0	0	0	15	0	0	2	1	791	0	809	52.5%

344	San Sebastián Coatlán	0	204	1	121	38	0	64	513	25	0	966	4.6%
345	San Sebastián Ixcapa	0	0	0	16	0	0	32	0	11	0	59	0.6%
346	San Sebastián Nicananduta	0	202	2	22	0	0	9	37	2	0	274	6.2%
347	San Sebastián Río Hondo	0	951	18	117	27	0	0	303	42	0	1,458	13.7%
348	San Sebastián Tecomaxtlahuaca	0	615	0	270	0	0	163	1651	292	0	2,991	12.9%
349	San Sebastián Teitipac	0	37	0	322	0	0	0	293	661	0	1,313	43.0%
350	San Sebastián Tutla	0	6	0	0	0	0	14	0	72	0	92	12.5%
351	San Simón Almolongas	0	35	0	1217	0	0	18	1108	871	0	3,249	63.7%
352	San Simón Zahuatlán	0	159	0	0	0	0	174	0	0	0	333	7.2%
353	Santa Ana	0	312	0	755	0	0	0	965	387	0	2,419	44.0%
354	Santa Ana Ateixtlahuaca	0	141	1	8	5	1	0	44	3	0	203	13.5%
355	Santa Ana Cuauhtémoc	0	377	0	1	2	0	0	123	0	0	503	12.2%
356	Santa Ana del Valle	0	76	2	201	0	0	2	326	681	0	1,288	46.1%
357	Santa Ana Tavela	0	20	6	956	0	0	0	0	453	0	1,435	8.3%
358	Santa Ana Tlapacoyan	0	167	0	235	0	0	33	684	1226	0	2,345	50.1%
359	Santa Ana Yareni	0	885	0	41	2	0	0	638	15	0	1,581	34.1%
360	Santa Ana Zegache	0	0	0	99	0	0	3	39	1961	0	2,102	78.2%
361	Santa Catalina Quierí	0	538	7	13	0	0	2	298	1	0	859	16.7%
362	Santa Catarina Cuixtla	0	39	2	111	0	0	2	114	57	0	325	12.6%
363	Santa Catarina Ixtepeji	0	415	3	58	4	0	0	579	11	0	1,070	4.9%
364	Santa Catarina Juquila	0	2164	55	1030	503	9	568	1605	97	0	6,031	9.4%
365	Santa Catarina Lachatao	0	1284	30	61	1	0	0	610	17	0	2,003	19.8%
366	Santa Catarina Loxicha	0	40	0	6	18	0	1	34	1	0	100	0.8%
367	Santa Catarina Mechoacán	0	70	0	490	0	0	68	795	899	0	2,322	45.1%
368	Santa Catarina Minas	0	9	0	418	0	0	36	277	414	0	1,154	31.7%
369	Santa Catarina Quiané	0	0	0	195	0	0	27	83	385	0	690	33.3%
370	Santa Catarina Tayata	0	53	8	638	3	0	0	705	289	0	1,696	43.9%
371	Santa Catarina Ticuá	0	119	7	259	9	0	16	1067	68	0	1,545	51.8%
372	Santa Catarina Yosonotú	0	778	19	84	13	0	95	719	28	0	1,736	45.3%
373	Santa Catarina Zapotitlán	0	791	0	72	0	0	113	123	8	0	1,107	9.4%
374	Santa Cruz Acatepec	0	111	0	77	98	0	0	0	0	0	286	40.4%
375	Santa Cruz Amilpas	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	15	6.6%
376	Santa Cruz de Bravo	0	66	0	37	0	0	18	326	8	0	455	24.8%
377	Santa Cruz Itundujia	0	1399	42	516	51	0	95	1392	240	0	3,735	6.6%
378	Santa Cruz Mixtepec	0	65	0	56	0	0	19	8	851	0	999	21.3%
379	Santa Cruz Nundaco	0	224	22	190	25	0	0	881	90	0	1,432	32.8%
380	Santa Cruz Papalutla	0	0	0	12	0	0	0	0	1105	0	1,117	75.5%
381	Santa Cruz Tacache de Mina	0	80	0	292	0	0	0	0	298	0	670	24.3%
382	Santa Cruz Tacahua	0	266	1	4	4	0	38	148	1	0	462	9.7%
383	Santa Cruz Tayata	0	41	10	516	3	0	4	300	230	0	1,104	50.7%
384	Santa Cruz Xitla	0	76	0	1391	0	0	0	784	794	0	3,045	53.3%
385	Santa Cruz Xoxocotlán	0	0	0	130	0	0	0	28	1311	0	1,469	33.4%
386	Santa Cruz Zenzontepec	0	6046	54	250	126	0	335	3668	55	0	10,534	21.7%
387	Santa Gertrudis	0	2	0	252	0	0	9	120	1205	0	1,588	52.2%
388	Santa Inés del Monte	0	29	1	90	0	0	10	176	32	0	338	6.9%
389	Santa Inés Yatzeche	0	0	0	0	0	0	0	0	194	0	194	80.2%
390	Santa Lucía del Camino	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0	85	9.0%
391	Santa Lucía Miahuatlán	0	746	17	68	25	0	35	777	8	0	1,676	23.8%
392	Santa Lucía Monteverde	0	1293	76	222	27	0	308	584	82	0	2,592	16.5%
393	Santa Lucía Ocotlán	0	0	0	75	0	0	0	7	1014	0	1,096	93.6%
394	Santa María Alotepec	0	231	0	104	123	0	1	18	0	0	477	4.8%
395	Santa María Apazco	0	884	8	415	0	0	21	156	109	0	1,593	19.8%

396	Santa María la Asunción	0	68	0	1	25	0	0	25	0	0	119	15.7%
397	Heroica Ciudad de Tlaxiaco	0	2069	46	2161	60	0	8	8312	1084	0	13,740	39.6%
398	Ayoquezco de Aldama	0	169	0	678	0	0	90	753	742	0	2,432	23.2%
399	Santa María Atzompa	0	3	0	256	0	0	15	141	744	0	1,159	37.0%
400	Santa María Camotlán	0	52	0	0	0	0	68	0	268	0	388	4.1%
401	Santa María Colotepec	1	748	8	3501	0	0	17	17	3881	0	8,173	19.6%
402	Santa María Cortijo	0	0	0	198	0	0	31	0	3741	0	3,970	48.6%
403	Santa María Coyotepec	0	0	0	13	0	0	1	0	373	0	387	59.1%
404	Santa María Chachoápam	0	83	9	448	0	0	6	47	320	0	913	14.8%
405	Villa de Chilapa de Díaz	0	794	0	160	0	0	28	836	33	0	1,851	10.6%
406	Santa María Chilchotla	0	2078	60	0	15	738	1317	241	58	0	4,507	15.9%
407	Santa María Chimalapa	0	1369	148	68	5	20	4767	608	430	0	7,415	1.6%
408	Santa María del Rosario	0	104	0	271	5	0	0	1034	58	0	1,472	58.4%
409	Santa María del Tule	0	0	0	53	0	0	21	3	489	0	566	33.6%
410	Santa María Ecatepec	0	574	27	1041	0	0	262	40	41	0	1,985	3.7%
411	Santa María Guelacé	0	0	0	9	0	0	3	0	459	0	471	63.7%
412	Santa María Guianagati	0	742	44	54	0	12	706	550	10	0	2,118	5.4%
413	Santa María Huatulco	7	987	0	964	0	26	157	60	2499	0	4,700	9.1%
414	Santa María Huazolotitlán	51	175	7	1639	0	0	163	275	3580	0	5,890	21.3%
415	Santa María Ipalapa	0	92	18	5	0	0	257	0	126	0	498	3.0%
416	Santa María Ixcatlán	0	1058	0	0	0	0	0	0	0	0	1,058	6.0%
417	Santa María Jacatepec	0	201	3	0	0	51	595	108	1054	0	2,012	6.2%
418	Santa María Jalapa del Marqués	0	509	2	2062	0	0	87	25	5373	0	8,058	11.0%
419	Santa María Jaltianguis	0	487	4	22	12	0	0	421	5	0	951	17.6%
420	Santa María Lachixio	0	20	6	124	9	0	0	73	150	0	382	7.7%
421	Santa María Mixtequilla	0	874	0	119	0	0	6	0	2511	0	3,510	23.6%
422	Santa María Nativitas	0	81	6	217	0	0	19	0	79	0	402	9.3%
423	Santa María Nduayaco	0	41	6	319	3	0	15	174	150	0	708	9.2%
424	Santa María Ozolotepec	0	2534	14	26	103	0	2	396	1	0	3,076	21.1%
425	Santa María Pápalo	0	1208	12	4	5	0	4	607	2	0	1,842	33.1%
426	Santa María Peñoles	0	3832	64	80	1	0	89	1647	17	0	5,730	24.5%
427	Santa María Petapa	0	61	6	355	0	0	41	82	655	0	1,200	7.7%
428	Santa María Quiévolani	0	373	1	2	17	0	9	50	1	0	453	2.8%
429	Santa María Sola	0	113	20	416	0	0	0	1335	376	0	2,260	43.3%
430	Santa María Tataltepec	0	73	11	112	0	0	19	152	47	0	414	11.2%
431	Santa María Tecomavaca	0	1394	0	25	0	0	0	10	871	0	2,300	6.2%
432	Santa María Temaxcalapa	0	36	3	0	3	0	8	0	0	0	50	3.8%
433	Santa María Temaxcaltepec	0	54	0	66	54	8	35	94	42	0	353	10.1%
434	Santa María Teopoxco	0	1679	7	13	0	0	0	392	2	0	2,093	57.1%
435	Santa María Tepantlali	0	81	7	14	11	0	26	72	3	0	214	2.5%
436	Santa María Texcatitlán	0	870	0	0	0	0	0	0	0	0	870	24.6%
437	Santa María Tlahuilottepec	0	2660	7	54	64	0	0	1060	22	0	3,867	25.2%
438	Santa María Tlalixtac	0	332	3	10	38	0	11	27	0	0	421	17.5%
439	Santa María Tonameca	79	474	326	3395	0	8	2	19	6620	0	10,923	20.8%
440	Santa María Totolapilla	0	500	25	111	0	0	0	5	8	0	649	5.7%
441	Santa María Xadani	7	7	0	1440	0	0	15	0	1927	0	3,396	39.3%
442	Santa María Yalina	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.1%
443	Santa María Yavesia	0	161	2	2	2	0	0	77	1	0	245	2.8%
444	Santa María Yolotepec	0	92	2	1	0	0	0	94	0	0	189	10.5%
445	Santa María Yosoyúa	0	42	16	49	0	0	1	388	7	0	503	15.0%
446	Santa María Yucuhiti	0	720	7	652	17	0	19	236	25	0	1,676	22.9%
447	Santa María Zacatepec	0	2086	43	343	20	0	982	1172	694	0	5,340	10.6%

448	Santa María Zaniza	0	249	18	54	10	0	62	474	11	0	878	5.6%
449	Santa María Zoquitlán	0	595	2	417	0	0	226	0	100	0	1,340	3.2%
450	Santiago Amoltepec	0	609	3	44	6	0	594	238	18	0	1,512	7.3%
451	Santiago Apoala	0	1834	0	191	0	0	8	116	63	0	2,212	25.8%
452	Santiago Apóstol	0	0	0	3	0	0	1	0	1517	0	1,521	86.1%
453	Santiago Astata	15	571	0	353	0	0	0	0	1353	0	2,292	12.2%
454	Santiago Atitlán	0	1249	2	875	567	0	49	48	10	0	2,800	39.5%
455	Santiago Ayuquilla	0	60	2	451	0	0	483	1076	235	0	2,307	25.7%
456	Santiago Cacaloxtepec	0	3	0	58	0	0	6	70	40	0	177	4.6%
457	Santiago Camotlán	0	185	6	0	2	0	69	58	7	0	327	1.0%
458	Santiago Comaltepec	0	1921	13	377	2	0	9	152	11	0	2,485	12.2%
459	Santiago Chazumba	0	4928	0	905	0	0	114	631	580	0	7,158	22.1%
460	Santiago Choápam	0	123	5	0	7	75	43	0	15	0	268	0.9%
461	Santiago del Río	0	12	0	34	0	0	7	211	155	0	419	10.9%
462	Santiago Huajolotitlán	0	40	0	0	0	0	103	0	632	0	775	7.0%
463	Santiago Huauquilla	0	144	57	245	0	0	0	162	34	0	642	6.4%
464	Santiago Ihuitlán Plumas	0	0	0	510	0	0	14	0	910	0	1,434	31.1%
465	Santiago Ixcuintepec	0	84	0	13	0	35	0	39	92	0	263	2.1%
466	Santiago Ixtayutla	0	1765	27	369	24	0	749	1907	376	0	5,217	11.4%
467	Santiago Jamiltepec	262	855	99	2675	3	0	1519	1214	6821	0	13,448	21.0%
468	Santiago Jocotepec	0	176	11	0	0	26	573	147	1988	0	2,921	4.7%
469	Santiago Juxtahuaca	0	2553	105	450	45	0	1011	2495	339	0	6,998	9.0%
470	Santiago Lachiguiri	0	189	17	144	0	37	1	78	205	0	671	1.5%
471	Santiago Lalopa	0	190	3	338	46	0	0	0	1	0	578	22.6%
472	Santiago Laollaga	0	117	39	165	0	0	393	28	717	0	1,459	5.5%
473	Santiago Laxopa	0	665	18	3	0	0	0	218	1	0	905	7.7%
474	Santiago Llano Grande	0	4	7	1394	0	0	10	0	4644	0	6,059	54.7%
475	Santiago Matatlán	0	145	9	5546	0	0	155	238	2487	0	8,580	46.6%
476	Santiago Miltepec	0	182	0	72	0	0	26	186	34	0	500	9.7%
477	Santiago Minas	0	980	14	174	31	0	792	457	104	0	2,552	12.8%
478	Santiago Nacaltepec	0	729	8	400	3	0	449	1522	558	0	3,669	17.9%
479	Santiago Nejapilla	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.0%
480	Santiago Nundiche	0	179	8	303	3	0	0	1232	82	0	1,807	25.3%
481	Santiago Nuyoó	0	887	6	33	23	0	0	310	85	0	1,344	23.1%
482	Santiago Pinotepa Nacional	14	353	54	1117	0	0	437	51	6970	0	8,996	11.1%
483	Santiago Suchilquitongo	0	18	0	513	0	0	8	816	741	0	2,096	21.9%
484	Santiago Tamazola	0	362	0	1078	0	0	119	3044	575	0	5,178	25.8%
485	Santiago Tapextla	0	0	0	2	0	0	119	0	0	0	121	0.9%
486	Villa Tejúpam de la Unión	0	897	7	979	0	0	47	319	1000	0	3,249	23.0%
487	Santiago Tenango	0	380	21	165	0	0	36	1029	47	0	1,678	15.4%
488	Santiago Tepetlapa	0	5	0	134	0	0	7	0	88	0	234	17.2%
489	Santiago Tetepec	0	1404	1	245	21	0	2621	739	78	0	5,109	17.5%
490	Santiago Texcalcingo	0	919	1	15	0	0	0	234	2	0	1,171	70.7%
491	Santiago Textitlán	0	949	50	221	5	0	28	1151	81	0	2,485	9.8%
492	Santiago Tilantongo	0	1517	23	1037	18	0	21	2458	293	0	5,367	21.6%
493	Santiago Tillo	0	5	0	140	0	0	5	0	1112	0	1,262	73.9%
494	Santiago Tlazoyaltepec	0	508	57	175	8	0	0	61	50	0	859	13.6%
495	Santiago Xanica	0	835	6	0	67	0	70	11	0	0	989	7.2%
496	Santiago Xiacuí	0	322	9	7	0	0	0	173	0	0	511	8.1%
497	Santiago Yaitepec	0	42	0	6	12	0	0	59	0	0	119	2.9%
498	Santiago Yaveo	0	241	9	1376	0	761	900	159	7363	331	11,140	10.9%
499	Santiago Yolomécatl	0	43	24	741	1	0	14	30	446	0	1,299	19.4%

500	Santiago Yosondúa	0	2892	102	621	51	0	633	3621	990	0	8,910	26.6%
501	Santiago Yucuyachi	0	219	0	395	0	0	46	1540	103	0	2,303	45.9%
502	Santiago Zacatepec	0	1069	4	88	220	6	0	34	5	0	1,426	6.7%
503	Santiago Zoochila	0	39	0	6	2	0	0	68	1	0	116	14.1%
504	Nuevo Zoquiápam	0	1231	1	39	17	0	0	903	9	0	2,200	21.8%
505	Santo Domingo Ingenio	0	87	0	585	0	0	0	0	8232	0	8,904	44.5%
506	Santo Domingo Albarradas	0	8	0	1	1	0	0	4	3	0	17	0.4%
507	Santo Domingo Armenta	7	108	0	0	0	0	38	0	0	0	153	1.1%
508	Santo Domingo Chihuitán	0	7	6	48	0	0	0	1	1294	0	1,356	19.0%
509	Santo Domingo de Morelos	0	357	94	905	0	0	0	111	827	0	2,294	21.6%
510	Santo Domingo Ixcatlán	0	433	0	31	0	0	58	411	6	0	939	52.3%
511	Santo Domingo Nuxaá	0	300	28	53	0	0	1	395	7	0	784	5.4%
512	Santo Domingo Ozolotepec	0	330	0	23	9	0	1	41	5	0	409	6.3%
513	Santo Domingo Petapa	0	540	0	88	10	11	72	402	84	0	1,207	3.5%
514	Santo Domingo Roayaga	0	81	3	1	0	0	0	39	0	0	124	2.2%
515	Santo Domingo Tehuantepec	32	1417	83	2737	0	201	39	145	16650	0	21,304	17.7%
516	Santo Domingo Tejomulco	0	59	28	967	16	0	93	409	341	0	1,913	8.5%
517	Santo Domingo Tepuxtepec	0	856	60	52	7	0	124	744	11	0	1,854	16.3%
518	Santo Domingo Tlatayápam	0	97	0	83	0	0	0	48	35	0	263	22.2%
519	Santo Domingo Tomaltepec	0	7	8	151	0	0	6	72	458	0	702	22.9%
520	Santo Domingo Tonalá	0	620	0	1124	0	0	80	2229	1542	0	5,595	33.8%
521	Santo Domingo Tonaltepec	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1%
522	Santo Domingo Xagacia	0	319	10	8	0	0	52	172	1	0	562	9.9%
523	Santo Domingo Yanhuitlán	0	54	0	359	0	0	10	35	970	0	1,428	20.5%
524	Santo Domingo Yodohino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.0%
525	Santo Domingo Zanatepec	0	715	4	3898	4	0	251	5	12188	0	17,065	26.3%
526	Santos Reyes Nopala	0	785	4	972	299	67	674	789	146	0	3,736	16.4%
527	Santos Reyes Pápalo	0	1291	3	7	8	0	0	324	0	0	1,633	19.6%
528	Santos Reyes Tepejillo	0	255	1	101	0	0	5	701	21	0	1,084	20.5%
529	Santos Reyes Yucuná	0	35	0	11	0	0	220	100	3	0	369	6.1%
530	Santo Tomás Jalieza	0	17	0	424	0	0	59	551	676	0	1,727	24.6%
531	Santo Tomás Mazaltepec	0	6	2	449	0	0	72	466	421	0	1,416	32.1%
532	Santo Tomás Ocotepec	0	856	33	616	8	0	49	1174	223	0	2,959	36.9%
533	Santo Tomás Tamazulapan	0	144	10	408	0	0	141	461	366	0	1,530	22.9%
534	San Vicente Coatlán	0	297	0	363	0	0	123	1484	135	0	2,402	22.6%
535	San Vicente Lachixío	0	244	9	599	30	0	171	2098	206	0	3,357	24.5%
536	San Vicente Nuñú	0	39	2	164	0	0	3	75	41	0	324	4.5%
537	Silacayoápam	0	822	0	715	0	0	340	3127	1099	0	6,103	14.1%
538	Sitio de Xitlapehua	0	0	0	597	0	0	0	130	921	0	1,648	90.0%
539	Soledad Etla	0	0	0	182	0	0	6	202	382	0	772	61.8%
540	Villa de Tamazulápam del Progreso	0	571	0	278	0	0	58	81	1679	0	2,667	18.5%
541	Tanetze de Zaragoza	0	296	7	476	101	0	0	0	0	0	880	39.1%
542	Taniche	0	0	0	77	0	0	7	10	597	0	691	64.0%
543	Tataltepec de Valdés	0	545	9	344	3	0	1032	673	114	0	2,720	12.3%
544	Teococuilco de Marcos Pérez	0	953	0	25	11	0	0	463	5	0	1,457	10.9%
545	Teotitlán de Flores Magón	0	1516	8	651	0	0	0	121	504	0	2,800	19.5%
546	Teotitlán del Valle	0	60	3	390	0	0	10	330	1353	0	2,146	19.9%
547	Teotongo	0	51	0	690	0	0	28	139	882	0	1,790	39.1%
548	Tepelmeme Villa de Morelos	0	2495	0	864	0	0	174	48	768	0	4,349	7.6%
549	Villa Tezoatlán de Segura y Luna	0	382	22	1040	0	0	163	2853	1241	0	5,701	11.7%
550	San Jerónimo Tlacoahuaya	0	67	3	382	0	0	7	267	1490	0	2,216	60.3%
551	Tlacolula de Matamoros	0	1174	94	804	0	0	9	24	4063	0	6,168	45.3%

552	Tlacotepec Plumas	0	86	0	456	0	0	12	2	292	0	848	15.2%
553	Tlalixtac de Cabrera	0	47	0	167	0	0	86	221	845	0	1,366	16.7%
554	Totontepec Villa de Morelos	0	567	9	20	52	0	0	374	1	0	1,023	3.8%
555	Trinidad Zaachila	0	0	0	218	0	0	5	133	1039	0	1,395	65.3%
556	La Trinidad Vista Hermosa	0	15	0	253	0	0	4	54	87	0	413	38.2%
557	Unión Hidalgo	0	17	0	850	0	0	14	0	1571	0	2,452	21.7%
558	Valerio Trujano	0	171	0	8	0	0	0	0	698	0	877	16.0%
559	San Juan Bautista Valle Nacional	0	1124	20	0	25	725	631	923	1281	0	4,729	6.9%
560	Villa Díaz Ordaz	0	1295	25	378	6	0	210	1170	529	0	3,613	12.7%
561	Yaxe	0	0	12	233	0	0	26	23	371	0	665	11.1%
562	Magdalena Yodocono de Porfirio Díaz	0	9	7	301	3	0	1	0	388	0	709	18.2%
563	Yogana	0	9	0	606	0	0	128	910	484	0	2,137	32.4%
564	Yutanduchi de Guerrero	0	246	0	273	0	0	0	1633	63	0	2,215	34.5%
565	Villa de Zaachila	0	0	0	218	0	0	20	92	3051	0	3,381	41.4%
566	San Mateo Yucutindoo	0	848	9	447	41	0	357	1744	123	0	3,569	18.0%
567	Zapotitlán Lagunas	0	770	0	1486	0	0	167	1886	1400	0	5,709	18.7%
568	Zapotitlán Palmas	0	23	0	463	0	0	9	373	407	0	1,275	29.1%
569	Santa Inés de Zaragoza	0	39	0	184	0	0	4	852	51	0	1,130	13.5%
570	Zimatlán de Álvarez	0	652	19	1080	0	0	164	762	3559	0	6,236	17.6%
												1,385,037	

# Anexo IX. Tabla de priorización e impacto potencial de las oportunidades de restauración sobre los objetivos de desarrollo sostenible por municipio



			Impacto sobre los objetivos de desarrollo sostenible						
	Nombre municipio	Nivel de priorización por impacto sobre los ODS*	Reducción de la pobreza	Seguridad alimentaria	Generación de empleos	Conservación de la biodiversidad	Reducción riesgo de deforestación	Mitigación del cambio climático	Seguridad hídrica
1	Abejones	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
2	Acatlán de Pérez Figueroa	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green
3	Asunción Cacalotepec	Moderado	Yellow	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green
4	Asunción Cuyotepeji	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Yellow	Yellow
5	Asunción Ixtaltepec	Alto	Green	Green	Yellow	Green	Red	Green	Yellow
6	Asunción Nochixtlán	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
7	Asunción Ocotlán	Moderado	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
8	Asunción Tlacolulita	Muy Alto	Green	Green	Green	Yellow	Orange	Green	Yellow
9	Ayotzintepec	Alto	Green	Orange	Green	Green	Orange	Yellow	Green
10	El Barrio de la Soledad	Alto	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Orange
11	Calihualá	Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Green	Yellow
12	Candelaria Loxicha	Moderado	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
13	Ciénega de Zimatlán	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
14	Ciudad Ixtepec	Moderado	Green	Green	Green	Green	Red	Yellow	Yellow
15	Coatecas Altas	Muy Alto	Yellow	Orange	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow
16	Coicoyán de las Flores	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
17	La Compañía	Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Green	Green	Yellow
18	Concepción Buenavista	Moderado	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Orange
19	Concepción Pápalo	Bajo	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow
20	Constancia del Rosario	Alto	Green	Yellow	Yellow	Green	Red	Yellow	Yellow
21	Cosolapa	Bajo	Green	Green	Orange	Green	Orange	Green	Green
22	Cosoltepec	Moderado	Green	Green	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
23	Cuilápam de Guerrero	Moderado	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
24	Cuyamecalco Villa de Zaragoza	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
25	Chahuities	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
26	Chalcatongo de Hidalgo	Moderado	Yellow	Green	Green	Green	Orange	Green	Green

27**	Chiquihuitlán de Benito Juárez	-								
28	Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo	Moderado								
29	Eloxochitlán de Flores Magón	Bajo								
30	El Espinal	Moderado								
31	Tamazulápam del Espíritu Santo	Moderado								
32	Fresnillo de Trujano	Muy Alto								
33	Guadalupe Etla	Bajo								
34	Guadalupe de Ramírez	Alto								
35	Guelatao de Juárez	Moderado								
36	Guevea de Humboldt	Alto								
37	Mesones Hidalgo	Alto								
38	Villa Hidalgo	Bajo								
39	Heroica Ciudad de Huajuapam de León	Moderado								
40	Huautepic	Moderado								
41	Huautla de Jiménez	Bajo								
42	Ixtlán de Juárez	Moderado								
43	Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza	Alto								
44	Loma Bonita	Bajo								
45	Magdalena Apasco	Moderado								
46	Magdalena Jaltepec	Moderado								
47	Santa Magdalena Jicotlán	Moderado								
48	Magdalena Mixtepec	Moderado								
49	Magdalena Ocotlán	Muy Alto								
50	Magdalena Peñasco	Moderado								
51	Magdalena Teitipac	Muy Alto								
52	Magdalena Tequisistlán	Alto								
53	Magdalena Tlacotepec	Alto								
54	Magdalena Zahuatlán	Moderado								
55	Mariscal de Juárez	Muy Alto								
56	Mártires de Tacubaya	Moderado								
57	Matías Romero Avendaño	Bajo								
58	Mazatlán Villa de Flores	Bajo								
59	Miahuatlán de Porfirio Díaz	Moderado								
60	Mixistlán de la Reforma	Bajo								
61	Monjas	Alto								
62	Natividad	Bajo								
63	Nazareno Etla	Moderado								
64	Nejapa de Madero	Muy Alto								
65	Ixpantepec Nieves	Moderado								
66	Santiago Niltepec	Moderado								
67	Oaxaca de Juárez	Alto								
68	Ocotlán de Morelos	Moderado								
69	La Pe	Alto								
70	Pinotepa de Don Luis	Moderado								
71	Pluma Hidalgo	Moderado								
72	San José del Progreso	Alto								
73	Putla Villa de Guerrero	Moderado								
74	Santa Catarina Quioquitani	Moderado								
75	Reforma de Pineda	Bajo								
76	La Reforma	Bajo								
77	Reyes Etla	Moderado								
78	Rojas de Cuauhtémoc	Moderado								

79	Salina Cruz	Alto	Green	Light Green	Light Green	Light Green	Red	Light Green	Yellow
80	San Agustín Amatengo	Moderado	Yellow	Light Green	Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow
81	San Agustín Atenango	Muy Alto	Light Green	Yellow	Yellow	Light Green	Orange	Light Green	Yellow
82	San Agustín Chayuco	Alto	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Orange	Light Green	Light Green
83	San Agustín de las Juntas	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Light Green	Yellow
84	San Agustín Etla	Moderado	Green	Green	Light Green	Green	Orange	Light Green	Yellow
85	San Agustín Loxicha	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Light Green	Yellow	Yellow
86	San Agustín Tlacotepec	Bajo	Light Green	Light Green	Green	Green	Light Green	Light Green	Light Green
87	San Agustín Yatareni	Bajo	Light Green	Green	Green	Green	Green	Light Green	Yellow
88	San Andrés Cabecera Nueva	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
89	San Andrés Dinicuiti	Alto	Yellow	Light Green	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
90	San Andrés Huaxpaltepec	Moderado	Light Green	Yellow	Light Green	Green	Orange	Light Green	Yellow
91	San Andrés Huayápam	Moderado	Green	Green	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
92	San Andrés Ixtlahuaca	Moderado	Light Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Light Green	Yellow
93	San Andrés Lagunas	Bajo	Light Green	Green	Green	Green	Orange	Light Green	Light Green
94	San Andrés Nuxiño	Moderado	Light Green	Yellow	Light Green	Green	Yellow	Yellow	Light Green
95	San Andrés Paxtlán	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow	Light Green
96	San Andrés Sinaxtla	Bajo	Green	Green	Light Green	Green	Green	Light Green	Yellow
97	San Andrés Solaga	Bajo	Light Green	Green	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow	Light Green
98	San Andrés Teotilápam	Bajo	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow	Light Green
99	San Andrés Tepetlapa	Bajo	Yellow	Light Green	Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
100	San Andrés Yaá	Bajo	Light Green	Green	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow	Light Green
101	San Andrés Zabache	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Yellow
102	San Andrés Zautla	Moderado	Green	Light Green	Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
103	San Antonino Castillo Velasco	Bajo	Light Green	Green	Green	Green	Green	Light Green	Yellow
104	San Antonino el Alto	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Orange	Yellow	Yellow	Light Green
105	San Antonino Monte Verde	Moderado	Light Green	Yellow	Light Green	Green	Orange	Yellow	Light Green
106	San Antonio Acutla	Moderado	Yellow	Light Green	Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow
107	San Antonio de la Cal	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Light Green	Yellow
108	San Antonio Huitepec	Moderado	Yellow	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
109	San Antonio Nanahuatipam	Moderado	Light Green	Green	Light Green	Orange	Light Green	Red	Yellow
110	San Antonio Sinicahua	Alto	Yellow	Orange	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Light Green
111	San Antonio Tepetlapa	Moderado	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Yellow	Light Green
112	San Baltazar Chichicápam	Moderado	Yellow	Green	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
113	San Baltazar Loxicha	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Light Green	Red	Light Green	Yellow
114	San Baltazar Yatzaqui el Bajo	Bajo	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow	Light Green
115	San Bartolo Coyotepec	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Yellow
116	San Bartolomé Ayautla	Bajo	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow	Light Green	Light Green
117	San Bartolomé Loxicha	Alto	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow	Light Green
118	San Bartolomé Quialana	Moderado	Light Green	Green	Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
119	San Bartolomé Yucuañe	Alto	Orange	Yellow	Light Green	Green	Red	Light Green	Light Green
120	San Bartolomé Zoogocho	Bajo	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green
121	San Bartolo Soyaltepec	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Light Green	Yellow
122	San Bartolo Yautepec	Muy Alto	Orange	Light Green	Green	Yellow	Red	Light Green	Yellow
123	San Bernardo Mixtepec	Alto	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Yellow
124	San Blas Atempa	Alto	Light Green	Yellow	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
125	San Carlos Yautepec	Alto	Yellow	Light Green	Green	Yellow	Orange	Light Green	Yellow
126	San Cristóbal Amatlán	Alto	Light Green	Orange	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
127	San Cristóbal Amoltepec	Alto	Yellow	Light Green	Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
128	San Cristóbal Lachirioag	Bajo	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green
129	San Cristóbal Suchixtlahuaca	Moderado	Light Green	Green	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Yellow
130	San Dionisio del Mar	Muy Alto	Light Green	Yellow	Yellow	Light Green	Red	Yellow	Yellow

131	San Dionisio Ocoitepec	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Green	Yellow
132	San Dionisio Ocotlán	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
133	San Esteban Atatlahuca	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
134	San Felipe Jalapa de Díaz	Moderado	Green	Orange	Yellow	Green	Orange	Yellow	Green
135	San Felipe Tejalápam	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow
136	San Felipe Usila	Alto	Green	Orange	Green	Green	Orange	Yellow	Green
137	San Francisco Cahuacúa	Moderado	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
138	San Francisco Cajonos	Bajo	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
139	San Francisco Chapulapa	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
140	San Francisco Chindúa	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
141	San Francisco del Mar	Alto	Green	Yellow	Green	Green	Orange	Yellow	Yellow
142	San Francisco Huehuetlán	Bajo	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
143	San Francisco Ixhuatlán	Alto	Green	Yellow	Green	Green	Orange	Yellow	Yellow
144	San Francisco Jaltepetongo	Moderado	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
145	San Francisco Lachigoló	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow
146	San Francisco Logueche	Muy Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Orange	Green	Yellow
147	San Francisco Nuxaño	Bajo	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
148	San Francisco Ozolotepec	Bajo	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green
149	San Francisco Sola	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
150	San Francisco Telixtlahuaca	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow
151	San Francisco Teopan	Moderado	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
152	San Francisco Tlapancingo	Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Yellow	Yellow
153	San Gabriel Mixtepec	Moderado	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green
154	San Ildefonso Amatlán	Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
155	San Ildefonso Sola	Alto	Yellow	Orange	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow
156	San Ildefonso Villa Alta	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
157	San Jacinto Amilpas	Moderado	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
158	San Jacinto Tlacotepec	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Green	Green
159	San Jerónimo Coatlán	Alto	Green	Yellow	Green	Yellow	Orange	Yellow	Yellow
160	San Jerónimo Silacayoapilla	Alto	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow
161	San Jerónimo Sosola	Moderado	Yellow	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow
162	San Jerónimo Taviche	Muy Alto	Green	Orange	Green	Green	Orange	Green	Yellow
163	San Jerónimo Tecóatl	Moderado	Yellow	Green	Green	Green	Orange	Green	Green
164	San Jorge Nuchita	Muy Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Orange	Green	Yellow
165	San José Ayuquila	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
166	San José Chiltepec	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Orange	Yellow	Green
167	San José del Peñasco	Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Green	Green	Yellow
168	San José Estancia Grande	Alto	Green	Yellow	Yellow	Green	Orange	Green	Green
169	San José Independencia	Bajo	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
170	San José Lachiguiri	Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
171	San José Tenango	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green
172	San Juan Achiutla	Moderado	Yellow	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow
173	San Juan Atepec	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
174	Ánimas Trujano	Bajo	Green	Green	Orange	Green	Green	Green	Yellow
175	San Juan Bautista Atatlahuca	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
176	San Juan Bautista Coixtlahuaca	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
177	San Juan Bautista Cuicatlán	Moderado	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
178	San Juan Bautista Guelache	Alto	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow
179	San Juan Bautista Jayacatlán	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
180	San Juan Bautista Lo de Soto	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow
181	San Juan Bautista Suchitepec	Alto	Yellow	Green	Yellow	Green	Orange	Green	Yellow
182	San Juan Bautista Tlacoatzintepec	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Orange	Yellow	Green

183	San Juan Bautista Tlachichilco	Muy Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Red	Green	Yellow
184	San Juan Bautista Tuxtepec	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
185	San Juan Cacahuatpec	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Yellow	Green
186	San Juan Cieneguilla	Muy Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Green	Yellow
187	San Juan Coatzacoatz	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green
188	San Juan Colorado	Alto	Yellow	Orange	Yellow	Green	Yellow	Green	Green
189	San Juan Comaltepec	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
190	San Juan Cotzocón	Moderado	Green	Green	Orange	Green	Green	Green	Yellow
191	San Juan Chicomezúchil	Bajo	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
192	San Juan Chilteca	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
193	San Juan del Estado	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow
194	San Juan del Río	Moderado	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Orange	Green	Yellow
195	San Juan Diuxi	Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Yellow	Green	Green
196	San Juan Evangelista Analco	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green
197	San Juan Guelavía	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
198	San Juan Guichicovi	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow
199	San Juan Ihualtepec	Muy Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Red	Green	Yellow
200	San Juan Juquila Mixes	Alto	Green	Yellow	Yellow	Green	Orange	Yellow	Yellow
201	San Juan Juquila Vijanos	Moderado	Yellow	Green	Green	Orange	Green	Green	Green
202	San Juan Lachao	Alto	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green
203	San Juan Lachigalla	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow
204	San Juan Lajarcia	Alto	Orange	Green	Green	Green	Red	Yellow	Yellow
205	San Juan Lalana	Moderado	Yellow	Yellow	Green	Green	Orange	Green	Green
206	San Juan de los Cués	Moderado	Green	Green	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
207	San Juan Mazatlán	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
208	San Juan Mixtepec	Alto	Yellow	Orange	Yellow	Green	Orange	Green	Yellow
209	San Juan Mixtepec	Bajo	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
210	San Juan Nümü	Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Orange	Green	Green
211	San Juan Ozolotepec	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
212	San Juan Petlapa	Bajo	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green
213	San Juan Quiahije	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
214	San Juan Quiotepec	Moderado	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green
215	San Juan Sayultepec	Moderado	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
216	San Juan Tabaá	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
217	San Juan Tamazola	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Green	Green
218	San Juan Teita	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
219	San Juan Teitipac	Moderado	Green	Green	Orange	Green	Green	Green	Yellow
220	San Juan Tepeuxila	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow
221	San Juan Teposcolula	Bajo	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green
222	San Juan Yaeé	Bajo	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
223	San Juan Yatzona	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
224	San Juan Yucuita	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
225	San Lorenzo	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green
226	San Lorenzo Albarradas	Moderado	Yellow	Green	Green	Yellow	Orange	Green	Yellow
227	San Lorenzo Cacaotepec	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
228	San Lorenzo Cuapecuilitita	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
229	San Lorenzo Texmelúcan	Moderado	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green
230	San Lorenzo Victoria	Muy Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Green	Yellow
231	San Lucas Camotlán	Bajo	Green	Green	Green	Red	Green	Red	Green
232	San Lucas Ojitlán	Moderado	Green	Orange	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
233	San Lucas Quiavini	Moderado	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow
234	San Lucas Zoquiápam	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green

235	San Luis Amatlán	Moderado	Yellow	Green	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
236	San Marcial Ozolotepec	Bajo	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green
237	San Marcos Artega	Alto	Light Green	Yellow	Light Green	Green	Orange	Light Green	Yellow
238	San Martín de los Cansecos	Alto	Yellow	Yellow	Orange	Green	Light Green	Light Green	Yellow
239	San Martín Huamelúlpam	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Light Green	Light Green
240	San Martín Itunyoso	Alto	Yellow	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
241	San Martín Lachilá	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow
242	San Martín Peras	Alto	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
243	San Martín Tilcajete	Moderado	Green	Green	Orange	Green	Light Green	Light Green	Yellow
244	San Martín Toxpalan	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green	Orange	Light Green
245	San Martín Zacatepec	Alto	Light Green	Light Green	Green	Green	Red	Light Green	Light Green
246	San Mateo Cajonos	Bajo	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green
247	Capulálpam de Méndez	Alto	Green	Orange	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
248	San Mateo del Mar	Muy Alto	Light Green	Red	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow
249	San Mateo Yoloxochitlán	Bajo	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green
250	San Mateo Etlatongo	Moderado	Light Green	Yellow	Green	Green	Green	Light Green	Yellow
251	San Mateo Nejápam	Moderado	Yellow	Light Green	Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
252	San Mateo Peñasco	Moderado	Light Green	Yellow	Light Green				
253	San Mateo Piñas	Moderado	Yellow	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green
254	San Mateo Río Hondo	Moderado	Light Green	Yellow	Light Green				
255	San Mateo Sindihui	Moderado	Yellow	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
256	San Mateo Tlapitepec	Moderado	Yellow	Green	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Yellow
257	San Melchor Betaza	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow	Light Green
258	San Miguel Achiutla	Moderado	Yellow	Green	Yellow	Green	Orange	Light Green	Yellow
259	San Miguel Ahuehuetitlán	Alto	Orange	Yellow	Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
260	San Miguel Aloápam	Bajo	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow	Light Green
261	San Miguel Amatitlán	Alto	Yellow	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow
262	San Miguel Amatlán	Moderado	Light Green	Green	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green
263	San Miguel Coatlán	Alto	Yellow	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
264	San Miguel Chichahua	Alto	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow
265	San Miguel Chimalapa	Alto	Yellow	Yellow	Green	Light Green	Red	Light Green	Light Green
266	San Miguel del Puerto	Moderado	Light Green	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green
267	San Miguel del Río	Bajo	Light Green	Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green
268	San Miguel Ejutla	Alto	Light Green	Light Green	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Yellow
269	San Miguel el Grande	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Green	Red	Light Green	Light Green
270	San Miguel Huautla	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Green	Light Green	Light Green
271	San Miguel Mixtepec	Moderado	Light Green	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow
272	San Miguel Panixtlahuaca	Alto	Light Green	Light Green	Light Green	Orange	Orange	Light Green	Light Green
273	San Miguel Peras	Bajo	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green
274	San Miguel Piedras	Alto	Yellow	Orange	Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
275	San Miguel Quetzaltepec	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green
276	San Miguel Santa Flor	Moderado	Light Green	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green
277	Villa Sola de Vega	Moderado	Yellow	Light Green	Yellow				
278	San Miguel Soyaltepec	Alto	Light Green	Orange	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green
279	San Miguel Suchixtepec	Bajo	Light Green	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Light Green
280	Villa Talea de Castro	Bajo	Light Green	Green	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green
281	San Miguel Tecomatlán	Bajo	Yellow	Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow
282	San Miguel Tenango	Moderado	Green	Green	Green	Orange	Light Green	Light Green	Yellow
283	San Miguel Tequixtepec	Moderado	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green
284	San Miguel Tilquiápam	Alto	Yellow	Orange	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Light Green
285	San Miguel Tlacamama	Moderado	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
286	San Miguel Tlacotepec	Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Orange	Light Green	Yellow





391	Santa Lucía Miahuatlán	Moderado	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
392	Santa Lucía Monteverde	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
393	Santa Lucía Ocotlán	Alto	Green	Yellow	Orange	Green	Green	Green	Yellow
394	Santa María Aloytepec	Moderado	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green
395	Santa María Apazco	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
396	Santa María la Asunción	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green
397	Heroica Ciudad de Tlaxiaco	Bajo	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Green
398	Ayoquezco de Aldama	Moderado	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
399	Santa María Atzompa	Moderado	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
400	Santa María Camotlán	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
401	Santa María Colotepec	Muy Alto	Green	Green	Yellow	Green	Orange	Green	Orange
402	Santa María Cortijo	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow
403	Santa María Coyotepec	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
404	Santa María Chachoápam	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
405	Villa de Chilapa de Díaz	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
406	Santa María Chilchotla	Bajo	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green
407	Santa María Chimalapa	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Green
408	Santa María del Rosario	Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Orange	Green	Green
409	Santa María del Tule	Moderado	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
410	Santa María Ecatepec	Alto	Yellow	Green	Green	Yellow	Orange	Green	Green
411	Santa María Guelacé	Moderado	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
412	Santa María Guienagati	Alto	Green	Green	Green	Yellow	Orange	Yellow	Green
413	Santa María Huatulco	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow
414	Santa María Huazolotitlán	Moderado	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green
415	Santa María Ipalapa	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Yellow	Yellow
416	Santa María Ixcatlán	Moderado	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow
417	Santa María Jacatepec	Moderado	Green	Orange	Green	Green	Orange	Yellow	Green
418	Santa María Jalapa del Marqués	Moderado	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow
419	Santa María Jaltianguis	Bajo	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
420	Santa María Lachixío	Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green
421	Santa María Mixtequilla	Alto	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
422	Santa María Nativitas	Bajo	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
423	Santa María Nduayaco	Moderado	Yellow	Green	Green	Green	Red	Green	Green
424	Santa María Ozolotepec	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green
425	Santa María Pápalo	Moderado	Green	Green	Green	Orange	Yellow	Yellow	Green
426	Santa María Peñoles	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
427	Santa María Petapa	Moderado	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
428	Santa María Quiegolani	Bajo	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green
429	Santa María Sola	Moderado	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
430	Santa María Tataltepec	Alto	Yellow	Yellow	Green	Green	Orange	Green	Yellow
431	Santa María Tecomavaca	Alto	Green	Green	Yellow	Green	Green	Orange	Yellow
432	Santa María Temaxcalapa	Bajo	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green
433	Santa María Temaxcaltepec	Alto	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green
434	Santa María Teopoxco	Bajo	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
435	Santa María Tepantlali	Alto	Yellow	Green	Green	Orange	Orange	Green	Green
436	Santa María Texcatitlán	Moderado	Green	Green	Green	Yellow	Green	Orange	Yellow
437	Santa María Tlahuitoltepec	Moderado	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green
438	Santa María Tlaxiactac	Moderado	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow	Green
439	Santa María Tonameca	Muy Alto	Green	Orange	Yellow	Green	Orange	Green	Yellow
440	Santa María Totolapilla	Moderado	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow
441	Santa María Xadani	Alto	Green	Yellow	Green	Green	Orange	Green	Yellow
442	Santa María Yalina	Bajo	Green	Green	Green	Orange	Green	Green	Green

443	Santa María Yavesia	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
444	Santa María Yolotepec	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
445	Santa María Yosoyúa	Muy Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
446	Santa María Yúcuahiti	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
447	Santa María Zacatepec	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
448	Santa María Zaniza	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
449	Santa María Zoquitlán	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
450	Santiago Amoltepec	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
451	Santiago Apoala	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
452	Santiago Apóstol	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
453	Santiago Astata	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
454	Santiago Atitlán	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
455	Santiago Ayuquilla	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
456	Santiago Cacaloxtepc	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
457	Santiago Camotlán	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
458	Santiago Comaltepec	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
459	Santiago Chazumba	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
460	Santiago Choápam	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
461	Santiago del Río	Muy Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
462	Santiago Huajolotitlán	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
463	Santiago Huauclilla	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
464	Santiago Ihuitlán Plumas	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
465	Santiago Ixcuintepc	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
466	Santiago Ixtayutla	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
467	Santiago Jamiltepec	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
468	Santiago Jocotepec	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
469	Santiago Juxtlahuaca	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
470	Santiago Lachiguiri	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
471	Santiago Lalopa	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
472	Santiago Laollaga	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
473	Santiago Laxopa	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
474	Santiago Llano Grande	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
475	Santiago Matatlán	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
476	Santiago Miltepec	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
477	Santiago Minas	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
478	Santiago Nacaltepec	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
479	Santiago Nejapilla	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
480	Santiago Nundiche	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
481	Santiago Nuyoó	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
482	Santiago Pinotepa Nacional	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
483	Santiago Suchilquitongo	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
484	Santiago Tamazola	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
485	Santiago Tapextla	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
486	Villa Tejúpam de la Unión	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
487	Santiago Tenango	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
488	Santiago Tepetlapa	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
489	Santiago Tetepec	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
490	Santiago Texcalcingo	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
491	Santiago Textitlán	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■
492	Santiago Tilantongo	Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	■
493	Santiago Tillo	Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
494	Santiago Tlazoltepec	Moderado	■	■	■	■	■	■	■	■	■



547	Teotongo	Moderado	Yellow	Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow
548	Tepelmeme Villa de Morelos	Moderado	Light Green	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow
549	Heroica Villa Tezoatlán de Segura y Luna	Alto	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green	Red	Light Green	Yellow
550	San Jerónimo Tlacoahuaya	Moderado	Light Green	Green	Orange	Green	Yellow	Light Green	Yellow
551	Tlacolula de Matamoros	Moderado	Green	Green	Yellow	Light Green	Light Green	Yellow	Yellow
552	Tlacoatepec Plumas	Moderado	Yellow	Light Green	Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
553	Tlalixtac de Cabrera	Moderado	Light Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Light Green	Yellow
554	Totontepec Villa de Morelos	Moderado	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow	Yellow	Yellow	Light Green
555	Trinidad Zaachila	Bajo	Light Green	Green	Light Green	Green	Green	Light Green	Yellow
556	La Trinidad Vista Hermosa	Moderado	Yellow	Green	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Yellow
557	Unión Hidalgo	Alto	Green	Green	Green	Light Green	Red	Light Green	Yellow
558	Valerio Trujano	Alto	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Yellow	Light Green
559	San Juan Bautista Valle Nacional	Moderado	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow	Orange	Yellow	Light Green
560	Villa Díaz Ordaz	Moderado	Light Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow
561	Yaxe	Muy Alto	Yellow	Orange	Green	Green	Yellow	Light Green	Yellow
562	Magdalena Yodocono de Porfirio Díaz	Bajo	Light Green	Green	Light Green	Green	Orange	Light Green	Light Green
563	Yogana	Alto	Yellow	Orange	Yellow	Green	Light Green	Light Green	Yellow
564	Yutanduchi de Guerrero	Moderado	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Light Green	Yellow
565	Villa de Zaachila	Moderado	Green	Green	Green	Green	Light Green	Light Green	Yellow
566	San Mateo Yucutindoo	Alto	Yellow	Yellow	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Light Green
567	Zapotitlán Lagunas	Alto	Yellow	Yellow	Green	Light Green	Orange	Light Green	Yellow
568	Zapotitlán Palmas	Alto	Light Green	Light Green	Green	Green	Orange	Light Green	Yellow
569	Santa Inés de Zaragoza	Muy Alto	Orange	Orange	Yellow	Green	Red	Light Green	Light Green
570	Zimatlán de Álvarez	Moderado	Light Green	Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow

**Nota:** \* se aplicaron los siguientes pesos ponderados definidos por la Mesa Interinstitucional para la Restauración Productiva del Paisaje (MIRPP): Seguridad hídrica=38%; Seguridad alimentaria=23%; Reducción del riesgo de deforestación=14%; Conservación de la biodiversidad=12%; Reducción de la pobreza=5%; Generación de empleos=5%; Mitigación del cambio climático=3%; \*\* no se identificaron oportunidades de restauración en el municipio.

# Anexo X. Iniciativas piloto para la restauración productiva de paisaje en Oaxaca

## Proyecto 1: Restauración del Paisaje Productivo de Maguey-Mezcal en Oaxaca

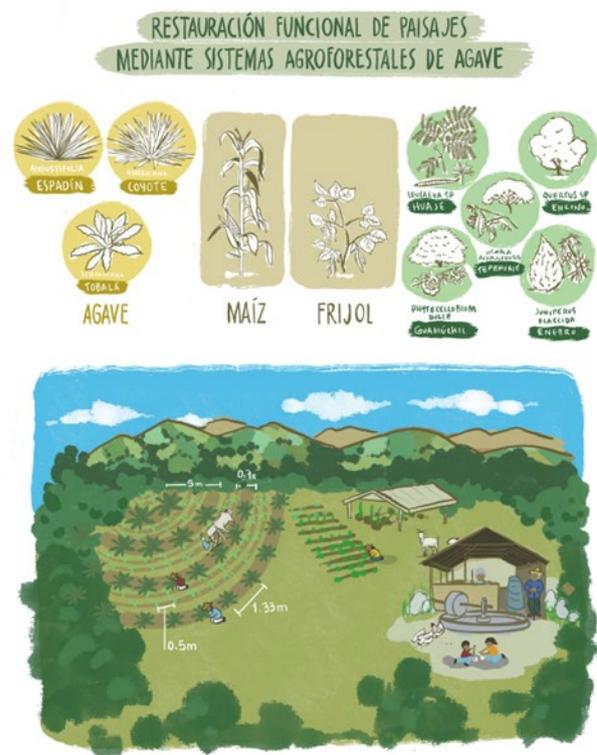
### Antecedentes

El boom mezcalero observado en Oaxaca desde hace dos décadas, se ha basado hasta ahora en un modelo extractivista tanto de los agaves como de la producción artesanal de los pequeños productores. Los impactos de este modelo han sido negativos para el medio ambiente, los agroecosistemas, la cultura de las comunidades y paradójicamente tienen un impacto negativo en términos económicos. Entre los principales impactos de la sobre extracción de agave se identifican:

- Pérdida de la biodiversidad.
- Fragmentación del paisaje.
- Disminución de la autosuficiencia alimentaria en la vida de la familia campesina.
- Disminución de la capacidad de pequeños productores para defender sus medios y modos de vida ni avanzar en los eslabones de la cadena de valor.
- Pérdida de conocimiento ancestral y de identidad cultural del mezcal por la tendencia a la homogenización de sabores y calidades.
- Conflictos internos territoriales por el uso de recursos colectivos (leña y agua).

Empresas y organizaciones líderes de la iniciativa

Este proyecto es impulsado por cuatro organizaciones que conforman la Integradora AGAMEZ y sus socios productores actuales, ubicados en las regiones de Valles Centrales, Sierra Sur y Mixteca.



Las organizaciones que impulsan la integradora AGAMEZ trabajan en localidades con mayoría de población indígena en la región del corredor Santa Catarina Minas – San Dionisio Ocotepéc, en los Valles Centrales y con población mestiza en el resto de zonas de intervención.

El objetivo de este proyecto es Incorporar los criterios y prácticas de sustentabilidad en la cadena de valor maguey mezcal, fortaleciendo las capacidades organizativas y la vinculación a mercados, como una

**Tabla A.10.1.** Área de Influencia, población, familias y porcentaje de población en hogares indígenas.

Nombre de la Organización	Municipio	Comunidades	Población Total 2010	Familias	% Pob. Hog Ind.
Unión de Comunidades y Ejidos "Buiñ Dannis" de la Cordillera Central Ocotlán Tlacolula A.C.	San Dionisio Ocotepc	Bienes comunales de San Dionisio Ocotepc	5,459	1,228	98
		Ejido San Dionisio Ocotepc			
	Santiago Matatlán	Agencia Muniicipal de Rancho San Felipe (Municipio de Matatlán)	571	113	100
	San Baltazar Chichicapam	Ejido San Baltazar Chichicapam	2,439	683	45
	Yaxe	Ejido Yaxe	2,683	690	3
	San Miguel Tilquiapam	Ejido San Miguel Tilquiapam	3,153	601	99
		Bienes comunales de San Miguel Tilquiapam			
Santa Catarina Minas	Municipio de Santa Catarina Minas	1,733	427	3	
Santa Ana Zegache	Municipio de Santa Ana Zegache	2,617	688	72	
Unión de productores de maguey y mezcal Raíces Soltecas, S.P.R. de R.L.I.	Villa Sola de Vega	Rancho Viejo	317	77	3
		Las Peñas	105	25	0
		Sección cuarta	0	0	0
		Gulerá	337	71	
		El Potrero	233	43	0
		San Sebastián de las Grutas	926	214	0
Mezcales Marca Marcos Brena	San Luis Amatlán	San Luis Amatlán	742	276	0
Unión de productores y maestros mezcaleros de San Pedro Teozacoalco, S.P.R. de R.I. de C.V.	San Pedro Teozacoalco	San Pedro Teozacoalco	454	713	5
4	10	17	21,769	5,849	

opción para la restauración funcional y productiva de paisajes y una oportunidad de negocio para mejorar los ingresos y la calidad de vida de los productores organizados. Para implementar esta propuesta, se parte del enfoque de conciliar intereses y objetivos sociales y económicos, con la sostenibilidad ambiental y el mantenimiento de servicios ecosistémicos; es decir, una visión que hace compatibles el reconocimiento de las necesidades sociales y económicas de la población local, con soluciones enfocadas a la restauración funcional y productiva de paisajes en Oaxaca.

El Proyecto contempla cinco líneas estratégicas en la cadena de valor:

- i. Consolidación organizativa de la empresa integradora de productores artesanales y sustentables de maguey mezcal de Oaxaca;
- ii. Desarrollo de capacidades para la apropiación de las prácticas sustentables;
- iii. Fortalecimiento de los saberes tradicionales y la transferencia de innovaciones tecnológicas;
- iv. Procesos de transformación y acondicionamiento de productos y
- v. Mercadeo, publicidad y alianzas de negocios.

Para cada una de estas líneas se ha delimitado una inversión a tres años que suma un total de 16.2 millones de pesos mexicanos, con una proyección de negocio a diez años; cada línea estratégica contempla un conjunto de actividades específicas. El punto de equilibrio bajo este modelo se alcanzaría al año 6. La inversión se clasifica en los siguientes rubros funcionales:

**Tabla A.10.2.** Distribución funcional de inversiones AGAMEZ.

Activos fijos	\$ 4,965,200.00	31%
Capital de trabajo	\$ 8,204,000.00	51%
Activos diferidos	\$ 3,057,200.00	19%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 16,226,400.00</b>	<b>100%</b>

El equipo técnico del proyecto plantea que las contribuciones a la restauración de los paisajes productivos son las siguientes:

#### **Contribuciones del modelo productivo a la restauración de paisaje**

- La retención de sedimentos, porque las parcelas de producción están realizadas en curvas a nivel, diversificando cultivos de tal manera que la mayor parte del año presenten cobertura. Adicionalmente las características de las raíces del agave generan mayor retención de suelo.
- La polinización, derivado de que con la implementación de viveros familiares se dejan ejemplares para polinización.
- La captura de carbono, porque la planta del agave por su fisiología es eficiente en captura de carbono.
- La recarga hídrica, ya que el sistema de producción en claros boscosos, mantiene o mejora la cobertura arbustiva.

## Modelo de negocio

El modelo de negocio planteado preliminarmente consiste en crear una oferta de valor de mezcal que refleje, reconozca y valore económicamente los atributos de sustentabilidad, restauración de paisajes, conservación de especies, elaboración artesanal y los saberes ancestrales. AGAMEZ ha propuesto que el modelo de negocio incorpore los costos de

mejora de prácticas productivas en la producción de agave, de manera que en el mediano plazo, todos los productores socios implementen esquemas de restauración de paisajes, producción libre de agroquímicos y con ello abonar al posicionamiento de sus marcas en los segmentos de mercado identificados como más aptos.

<p><b>Socios Clave (1)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alianzas comerciales.</li> <li>2. Distribuidores importadores en Europa y Estados Unidos principalmente.</li> <li>3. Tiendas especializadas, nacionales e internacionales.</li> <li>4. Representantes comerciales</li> </ol> <p><b>Socios inversionistas</b> Instituciones privadas, Nacionales e Internacionales, donatarias, inversionistas y de crédito. (por ej BIOFIN, UICN, FINDECA, etc) Interesados en la sostenibilidad social, económica y ambiental, y en la producción de mezcal.</p> <p><b>Instituciones de soporte</b></p>	<p><b>Actividades clave (2)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producción de maguey y mezcal con prácticas sustentables.</li> <li>2. Branding y registro de marcas.</li> <li>3. Eventos en puntos de venta (tiendas, y restaurantes).</li> <li>4. Catas y degustaciones.</li> <li>5. Capacitación al personal de contacto con el público.</li> </ol>	<p><b>Propuesta de valor (4)</b> <b>Mezcales de Alta calidad; categorías de artesanal y ancestral.</b></p> <p><b>Marcas propias.</b></p> <p><b>Familias organizadas.</b></p> <p><b>Sistema de producción de restauración y regeneración de los cultivos de maguey.</b></p> <p><b>Equilibrio del agroecosistema.</b></p> <p><b>Procesos naturales de crecimiento de los agaves y de la producción del mezcal.</b></p> <p><b>Conservación de especies.</b></p> <p><b>Familias agregan valor a su producción.</b></p> <p><b>Instalaciones propias, que generan empleos adicionales.</b></p> <p><b>Exclusividad única, lo mejor, sin forzar a la naturaleza.</b></p> <p><b>Tradicional; gusto histórico; pequeños lotes, armonizados con la naturaleza; logrando rescatar, conservar y mejorar los procesos tradicionales de la elaboración del mezcal.</b></p>	<p><b>Relaciones con clientes (5)</b></p> <p>Atención en Local propio (Público y catas especializadas). Eventos en tiendas especializadas y restaurantes. Visitas a las zonas de producción.</p> <p><b>Canales de distribución (6)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alianzas con Comercializadoras.</li> <li>2. Socios importadores en Europa y Estados Unidos.</li> <li>3. Eventos especializados en mezcales/distilados (ferias y exposiciones, en México e internacionales).</li> <li>4. Tiendas especializadas en destilados mexicanos.</li> <li>5. Restaurantes.</li> <li>6. Concursos y Premiaciones.</li> <li>7. Local propio.</li> <li>8. E-commerce.</li> <li>9. Tiendas especializadas.</li> </ol>	<p><b>Segmentos de mercado (7)</b></p> <p>Categorías "artesanal" y "ancestral" de productos <b>Premium</b>.</p> <p><b>Exportación – 62%:</b> Cubrir el 5% del mercado internacional de mezcales artesanales y ancestrales diferentes al espadín, que se producen en Oaxaca.</p> <p><b>Mercado Nacional – 38%:</b> Cubrir 5% del mercado nacional de mezcales artesanales y ancestrales diferentes al espadín, que se producen en Oaxaca.</p> <p><b>Calidad y Sustentabilidad:</b> La tendencia a comprar productos sustentables ha ido creciendo en los últimos años, como lo revelan los últimos estudios de Euromonitor Internacional.</p> <p><b>Estudio de mercado</b> para orientar inversión en <b>Perfiles de cliente</b>, valorando interés en el balance de carbono. Diferenciación de atención a consumidores.</p> <p><b>Línea Premium:</b> Mayor precio y menor disponibilidad. Con premios a nivel nacional e internacional. Principalmente de exportación.</p> <p><b>Línea Artesanal "tradicional"</b> Precio medio. Lotes certificados y gran variedad de oferta, con premios a nivel nacional. Exportación y mercado nacional.</p> <p><b>Línea Destilados de Agave:</b> Menor precio. Lotes no certificados como mezcal y de gran variedad en su oferta. Principalmente para el mercado nacional.</p>
<p><b>Estructura de costos y punto de equilibrio (8)</b></p> <p>Ingresos y costos de la integradora por ventas de mezcal embotellado</p>		<p><b>Flujo de ingresos de los productores (9)</b></p> <p>Ingresos netos de los productores</p>		

## Proyecto 2: Ganadería Silvopastoril en la Región del Istmo, Oaxaca

### Antecedentes

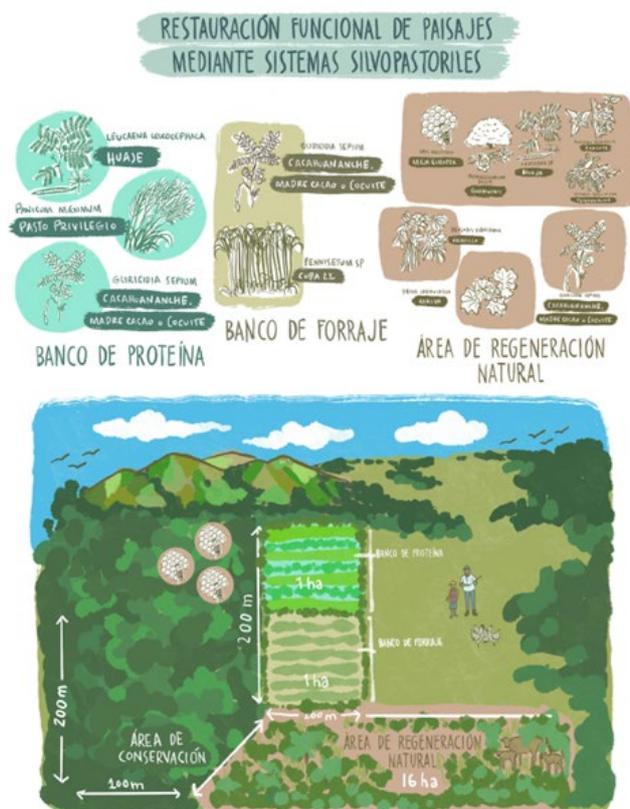
En Oaxaca predomina la ganadería convencional o extensiva (70%) en parte porque implica una baja inversión inicial en dinero y mano de obra, pues el ganado se alimenta de vegetación natural. Bajo este modelo se utilizan grandes áreas para pastura, generalmente se alimenta al ganado con pastos de mala calidad y sin suplementos energéticos y proteicos, dando poco valor a la existencia de árboles en el sistema productivo.

Alrededor del 60% de la producción ganadera del Estado se realiza a pequeña escala, a nivel familiar, como una estrategia económica de supervivencia para los campesinos, constituyendo un ahorro para momentos de necesidades económicas.

En la región del Istmo, el modelo se basa en praderas en monocultivo (generalmente *Brachirarias*) con dos o tres divisiones, árboles dispersos (< 5 árboles/ha), carga animal de 1 UA/ha, alta erosión de los suelos, pérdida de biodiversidad y los bovinos como única fuente de ingreso. La producción se sustenta en ganado cruzado cebú con razas lecheras europeas, alimentado principalmente con forrajes (*Cynodon plectostachytus*, *Panicum maximum*, *Hypparrhenia rufa* y *Digitaria decumbens*), en potreros sin métodos de fertilización y nula rotación.

**Tabla A.10.3.** Impactos negativos de la ganadería convencional en el Istmo de Tehuantepec.

Ambientales	Socioeconómicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Incremento de la degradación y erosión del suelo.</li> <li>· Agotamiento y contaminación de fuentes de agua.</li> <li>· Pérdida de especies nativas.</li> <li>· Disminución de la capacidad de infiltración.</li> <li>· Afectación a estructura y función de los ecosistemas.</li> <li>· Emisión de gases con efecto invernadero.</li> <li>· Reducción de la captura de carbono.</li> <li>· Apertura de nuevos terrenos para cambio de uso del suelo.</li> <li>· Contaminación por uso de fertilizantes y químicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pérdida de tierras productivas.</li> <li>· Menor competitividad y rentabilidad.</li> <li>· Poca carga animal por hectárea.</li> <li>· Menor obtención de carne y leche.</li> <li>· Insuficiente disponibilidad de alimentación todo el año.</li> </ul>



### Empresas y organizaciones líderes de la iniciativa

La Unidad de Manejo Forestal Regional Istmo-Pacífico A.C. (UMAFOR), se constituye legalmente en abril de 2008, con el propósito de fomentar la organización de la región con el fin de dar atención a la problemática ambiental y garantizar el manejo sustentable de los recursos naturales. En el año 2012 recibe apoyo de

la CONAFOR para su fortalecimiento organizativo y en 2013, para la ejecución de un proyecto de alcance regional; en 2014, para la elaboración del Plan Estratégico de Mediano Plazo (PEM), ejecución de proyectos de Fortalecimiento de la organización, difusión de la Estrategia Nacional REDD+ (ENAREDD+). La UMAFOR Istmo Pacífico, agremia actualmente a 21 socios, incluyendo comunidades, ejidos, dos asociaciones ganaderas locales y algunos particulares, con incidencia en 14 municipios de la región; gran parte de sus socios proviene de los pueblos indígenas mixe, zapoteco y zoque. Abarca una superficie de 1,088,727 hectáreas, forma parte de la Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios de Oaxaca y es consejero titular del Consejo Estatal Forestal, así como Consejero Titular del Consejo Técnico Consultivo REDD+ de Oaxaca.

En 2014, logra un financiamiento de la Alianza México REDD+ para llevar a cabo un proyecto de establecimiento de centros piloto demostrativos de ganadería sustentable en el municipio del Barrio de La Soledad, con un modelo silvopastoril y de buenas prácticas ganaderas. En este contexto 12 socios pertenecientes al municipio del Barrio de la Soledad, conformaron una Sociedad de Producción Rural de R.I. y registraron una marca denominada SILPAS, en diciembre de 2019, que en conjunto cuentan con un total de 900 hectáreas. Esta iniciativa es presentada por UMAFOR A.C. y SILPAS S.P.R. de R.I.

## Objetivo del proyecto

Establecer el sistema de producción ganadera silvopastoril, incorporando las prácticas ganaderas sustentables, que mejoren la productividad y rentabilidad de los ranchos, fortaleciendo las capacidades técnicas y organizativas de los productores y su vinculación a mercados, como una opción para la restauración funcional y productiva del paisaje y una oportunidad de negocio para mejorar los ingresos y la calidad de vida de los productores

ganaderos organizados. Específicamente se busca el escalamiento de sistemas silvopastoriles a 10 ranchos ganaderos más para que funcionen como escuela de campo en la capacitación de 100 nuevos técnicos, así como posicionar la empresa SILPAS como proveedora de servicios de asistencia técnica regional.

El proyecto propone 4 grandes líneas estratégicas:

i. Fortalecimiento de capacidades y establecimiento de áreas silvopastoriles en diez ranchos piloto;

- Capacitación técnica para la apropiación de las buenas prácticas.
- Establecimiento de los ranchos piloto: bancos de proteínas, bancos energéticos para forraje, sistema silvopastoril.

ii. Apoyo en Equipamiento y en Mejoramiento Genético (Re poblamiento del Hato);

- Equipamiento: Cerco eléctrico, motobomba, desmalezadora, cortadora de forrajes, mangueras y diversos insumos.
- Mejora genética del hato.

iii. Producción de plantas nativas para el modelo silvopastoril y la restauración de las áreas degradadas;

- Establecimiento de vivero para la producción de 45 mil plantas: 26,500 plantas forrajeras, 12,100 maderables y 6,700 frutales.

iv. Fortalecimiento del proceso de comercialización para el valor agregado del producto;

- Establecimiento de punto de venta (1 carnicería).

El proyecto ha estimado una inversión de 5.2 millones de pesos mexicanos en un periodo de dos años, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla A.10.4.** Presupuesto por línea estratégica para el escalamiento de la ganadería sustentable en el Istmo de Tehuantepec.

Líneas Estratégicas	Total inversión (MXN)	Año 1	Año 2
1. Fortalecimiento de capacidades y establecimiento de áreas silvopastoriles en 10 ranchos piloto.	2,326,600.00	2,326,600.00	
2. Equipamiento y mejoramiento genético con repoblamiento del hato.	2,137,586.30	637,586.30	1,500,000.00
3. Producción de plantas nativas para restauración de áreas degradadas.	83,280.00	83,280.00	
4. Fortalecimiento de la comercialización y el valor agregado.	667,050.00		667,050.00
<b>Inversión Total</b>	<b>5,214,516.30</b>	<b>3,047,466.30</b>	<b>2,167,050.00</b>

El equipo técnico de UMAFOR y SILPAS ha identificado las siguientes contribuciones a la restauración funcional del paisaje por parte del proyecto:

#### **Contribuciones del modelo productivo a la restauración de paisaje**

- La retención de sedimentos, porque los árboles, arbusto y pastos de cobertura, forman una malla de raíces a diferentes profundidades y amplitud, lo que hace que se retenga el suelo y se produzca un efecto protector contra derrumbes, erosión, compactación y cárcavas de los suelos, especialmente durante aguaceros torrenciales, sequías intensas y sobrepastoreo.
- La recarga hídrica, como consecuencia de que los árboles aumentan la capacidad de retención de agua, facilita la infiltración de agua, circulación y la recarga de los acuíferos, conduce al mejoramiento de las condiciones biológicas y químicas del agua.
- La captura de carbono, porque al combinar árboles y arbustos de raíces más profundas ayudan a mayor captación de carbono, al igual que en la biomasa leñosa.
- La retención de nutrientes, ya que los árboles en el sistema silvopastoril cumplen funciones ecológicas de protección al suelo y disminuyen los efectos directos del sol, el agua y el viento; aumento de fauna en el suelo como son las lombrices, el escarabajo estercolero, anélidos; hongos micorrízicos, que favorece el reciclaje de nutrientes por el retorno al suelo de hojas, ramas, heces y orinas, derivado del aumento de la actividad biológica del suelo.
- La polinización, derivado de un aumento significativo del recurso floral, al incluir cerca viva, árboles y arbustos en la pradera, mismas que florecen en diversas épocas y son visitadas por los polinizadores endémicos e inducidos en la zona.

## Proyecto 3: Milpa Sustentable Oaxaca: tres laboratorios de intervención

### Antecedentes

Oaxaca es considerado uno de los centros de origen del maíz. La milpa mantiene su relevancia como eje de la vida económica y cultural de los pueblos indígenas y campesinos. Constituye un sistema múltiple con diversas especies asociadas: maíz, calabaza, frijol, chile, tomate, y plantas silvestres como quelites, entre otros; todos alimentos básicos, que constituyen además de un recurso genético de gran importancia, y un valioso complemento para la alimentación y nutrición de la población rural oaxaqueña. En el Estado se registran 513,499 hectáreas sembradas con maíz, con una producción de 704,260 toneladas, rendimiento promedio de 1.41 ton/ha, y un valor de la producción de 2 millones 746 mil 576 pesos. Con una población de 3,967,889 habitantes y un consumo per cápita de 220 kilos/año, la demanda calculada es 872,935 toneladas de maíz, es decir existe un déficit de 168,675 toneladas.

La milpa está presente en todas las regiones del Estado y prácticamente en todas las condiciones climáticas. Destacan las regiones de Istmo, Mixteca, Valles Centrales y Costa. Se cultivan principalmente variedades criollas (90%). Para Oaxaca se reportan 35 razas de maíz, que representan 70% de la diversidad de México, 19 son variedades nativas.

Este proyecto contempla la realización de tres intervenciones con principios comunes de trabajo y variaciones regionales:

1. Sustentabilidad de la Milpa, propuesto por el Comité de Recursos Naturales de la Chinantla Alta A.C. (CORENCHI) y GEOCONSERVACIÓN AC.
2. Manejo adaptativo de la pequeña agricultura como estrategia y respuesta al proceso de cambio climático, formulado por la Unión de Comunidades Sistema Comunitario para la

Biodiversidad (SICOBÍ) y el Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental (GAIA).

3. Fortalecimiento y mejoramiento de la milpa en la agricultura campesina ayuujk, bajo un modelo de desarrollo agroecológico y seguridad alimentaria, elaborado por el Centro de Innovación Integral para el Desarrollo Rural KUKOJ S.C. y Comité Regional de Recursos Naturales Mixe-Choapam AC (CORENAMICH).

Las tres propuestas se enmarcan en modelos de manejo agrícola, que impulsan prácticas y tecnologías sustentables para el cultivo de la milpa, donde de manera central se incorporan frutales en parcelas con altas pendientes.

Los pequeños productores, enfrentan actualmente enormes retos que han convertido la siembra de milpa en un cultivo insostenible: la milpa itinerante con tiempos de descanso insuficientes, el empleo de fuego, la tendencia al monocultivo, el uso prolongado de agroquímicos, el cultivo en laderas pronunciadas y el cambio climático a los que se suman décadas de políticas públicas desfavorables para el pequeño campesino y el envejecimiento de los productores. Esta multiplicidad de condiciones ha generado deterioro de los ecosistemas, observado en:

- Suelos erosionados
- Pérdida de capacidad de retención de agua
- Rendimientos decrecientes
- Empobrecimiento de los saberes y prácticas campesinas
- Severa dependencia de las importaciones para cubrir los requerimientos alimenticios.

## Empresas y organizaciones líderes de la iniciativa

El Comité de Recursos Naturales de la Chinantla Alta A.C. (CORENCHI), la Unión de Comunidades Agrarias Sistema Comunitario para la Biodiversidad (SICOBI) y el Centro de Innovación Integral para el Desarrollo Rural KUKOJ S.C. son las tres organizaciones involucradas en el diseño de esta propuesta para Milpa Sustentable. Estas destacan por su trayectoria y experiencia acumulada, casi 20 años de trabajo en diversas regiones rurales del Estado de Oaxaca. Se trata de organizaciones de carácter regional, que han desarrollado mecanismos colectivos de organización social, ambiental y productiva, y que asumen en su quehacer una perspectiva de atención integral.

- CORENCHI A.C. desarrolla su trabajo en la región de la Chinantla, caracterizada por mantener importantes áreas de bosques mesófilos y selvas tropicales, en adecuadas condiciones de conservación, conectividad, biodiversidad.
- SICOBI trabaja en un territorio que comprende una porción importante de las cuencas de los ríos Copalita, Zimatán y Huatulco. Reúne actualmente a las comunidades de Benito Juárez, San Miguel del Puerto, San Felipe Lachillo, San José Ozolotepec, San Francisco Ozolotepec y San Juan Ozolotepec.
- CIINDER KUKOJ S.C. promueve el desarrollo rural mediante la generación de capacidades entre los pequeños productores, pertenecientes mayoritariamente al pueblo Mixe, comunidades zapotecas y chinantecas, principalmente en el distrito de Santiago Choapam.

El objetivo general del proyecto es mejorar y escalar las prácticas de milpa intercalada con árboles frutales, mejorando la capacidad de las familias campesinas para producir y consumir alimentos más sanos. A partir de este objetivo común, se definen metas y alcances específicos de cada intervención:

<b>Organización</b> CORENCHI	<b>Ubicación</b> Santa Cruz Tepetotutla, San Antonio del Barrio, San Pedro Tlatepusco, Santiago Tlatepusco, San Antonio Analco, Nopalera del Rosario
<b>Objetivo:</b> Que las áreas destinadas para la agricultura mantengan su sostenibilidad a través del tiempo, evitando el cambio de uso de suelo, mediante: <ul style="list-style-type: none"> <li>· El fomento de la conservación de suelos.</li> <li>· Disminución de riesgos de incendios forestales.</li> <li>· Mantener la fertilidad de los suelos.</li> <li>· Fortalecer el cultivo de maíces nativos (criollos).</li> <li>· Fortalecer la soberanía alimentaria aprovechando los diversos productos de la milpa.</li> <li>· Implementar un programa de nutrición local basado en productos obtenidos en el sistema milpa.</li> <li>· Mejorar el rendimiento productivo por hectárea.</li> <li>· Fomentar el comercio regional de los excedentes de milpa.</li> </ul>	
<b>Tiempo de ejecución:</b> 3 años	<b>Resultados esperados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Incrementar de 900 a 1,300 kg/ha el rendimiento del maíz.</li> <li>· 30 hectáreas de siembra con prácticas de roza, tumba y pica.</li> <li>· 30 productores formados en prácticas sostenibles de cultivo de milpa.</li> </ul>
<b>Inversión: 1.5 millones de pesos mexicanos en 24 meses</b>	

Organización SICOBI	Ubicación Núcleos agrarios de Benito Juárez, San Miguel del Puerto, San Felipe Lachilló, San José Ozolotepec, San Francisco Ozolotepec y San Juan Ozolotepec, ubicados en la Costa y Sierra del Estado de Oaxaca
------------------------	---

**Objetivo**

Integrar las actividades de agricultura familiar y comunitaria al proceso de gestión y manejo territorial de las comunidades que conforman el SICOBI, que aseguren:

- Mejorar la producción de granos y de alimentos locales y contrarresten la brecha alimenticia (maíz y frijol) que actualmente las comunidades del SICOBI enfrentan.
- Desarrollar un modelo de manejo agrícola más sustentable, basado en prácticas de la Agricultura Regenerativa.
- Integrar un proceso de diferenciación de la producción de granos (maíces y frijoles) que permitan vincular la producción de excedentes a mercados gourmet tanto a nivel nacional como internacional.
- Integrar la producción agrícola al proceso de reconstrucción de paisajes rurales que permitan tener un horizonte más claro ante los cambios y alteraciones que el fenómeno de cambio climático está generando en las comunidades del SICOBI.

Tiempo de ejecución: 3 años	Resultados esperados <ul style="list-style-type: none"> <li>· 380 parcelas con agricultura regenerativa instaladas en al menos 20 nanocuenclas del SICOBI.</li> <li>· Brecha alimenticia de 312 familias cerrada y con producción de excedentes (se esperan rendimientos de al menos 2,500 kg por ha de forma sostenida).</li> <li>· Unidades de producción maíz criollo y semillas de cobertera certificadas.</li> <li>· Lote de semilla criolla certificada para venta (maíz Semilla) segundo ciclo productivo.</li> <li>· Microlote de maíz Criollo para venta dentro del mercado gourmet (segundo ciclo productivo).</li> <li>· Microlote de semillas de cobertera para la venta local y regional.</li> </ul>
--------------------------------	---

**Inversión: 6.7 millones de pesos mexicanos en 3 años**

Organización CIINDER KUKOJ S.C.	Ubicación Santiago Tepitongo, Santa María Tiltepec, Santiago Jareta, del municipio de Totontepec Villa de Morelos. Nejapa, Piedra Redonda, Tejas, Magueyal, El Frijol y Santa Cruz del municipio de Santa María Tlahuitoltepec. Tlaxcaltepec, Casa Grande del municipio de Asunción Cacalotepec. San Isidro Huayapam y Tepantlali del municipio de Santa María Tepantlali.
------------------------------------	---

**Objetivo**

Fortalecer la agricultura y la milpa campesina, mediante la implementación del modelo de Agroecología y Seguridad alimentaria, a través de prácticas adecuadas para la agricultura en laderas que permitan recuperar suelos agrícolas degradados, preservar especies nativas y las manifestaciones bioculturales del pueblo Ayuujk.

Tiempo de ejecución: 3 años	Resultados esperados <ul style="list-style-type: none"> <li>· Establecer 10 parcelas de aprendizaje de 1.00 Ha por parcela, para el intercambio de saberes comunitarios y la realización de prácticas campesinas bajo la metodología Agroecología y Seguridad Alimentaria.</li> <li>· Realizar el acompañamiento técnico y facilitación de procesos en 300 familias campesinas distribuidas en 12 localidades mixas pertenecientes a 6 municipios.</li> <li>· Operar un módulo de producción de biofertilizantes y lixiviados orgánicos como fuentes principales para mejorar suelos agrícolas en situación de degradación y erosión.</li> <li>· Crear una red de comercialización de productos derivados de la milpa a nivel regional.</li> <li>· Generar un material bibliográfico respecto a los cultivares de milpa en el pueblo Ayuujk</li> </ul>
--------------------------------	--

**Inversión: 6.7 millones de pesos mexicanos en 3 años**

Los equipos técnicos de las organizaciones promoventes han identificado los siguientes aportes a la restauración del paisaje rural:

#### **Contribuciones del modelo productivo a la restauración de paisaje**

- La retención de sedimentos, porque el sistema de cultivo que es maíz intercalado con frutales, donde los frutales sirven de barrera viva y además entre los árboles se coloca un filtro de cañuelas para retener la mayor cantidad de sedimentos.
- La recarga hídrica, como consecuencia de que al hacer la retención de sedimento también retiene agua.
- La captura de carbono, que se estima en 1.1 a 2.2 tCO<sub>2</sub>e/ha/año.
- La retención de nutrientes, más que retenerlos, con las prácticas de manejo de residuo de cosecha y siembra de abonos verdes hay aportes de nutrientes, de otra manera no hay evaluaciones específicas.
- La polinización, derivado de la floración de los cultivos (frutales, maíz y frijol) tiene la presencia de polinizadores.

# Anexo XI. Marco legal del mecanismo financiero propuesto

---

## Leyes federales

- Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos
- Código de Comercio
- Código Federal de Procedimientos Civiles
- Código Fiscal de la Federación
- Código Penal Federal
- Ley Agraria
- Ley de Asociaciones Público Privadas
- Ley de Capitalización del Procampo
- Ley de Coordinación Fiscal
- Ley de Fiscalización y Rendición de Cuentas de la Federación
- Ley de Instituciones de Crédito
- Ley del Impuesto al Valor Agregado
- Ley del Impuesto sobre la Renta
- Ley del Servicio de Administración Tributaria
- Ley Federal de Fomento a las Actividades Realizadas por Organizaciones de la Sociedad Civil
- Ley Federal de las Entidades Paraestatales
- Ley Federal de Procedimiento Administrativo
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental
- Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública
- Ley Federal del Trabajo
- Ley Federal para la Prevención e Identificación

de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita

- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados
- Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares
- Ley General de Sociedades Mercantiles
- Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito
- Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública
- Ley General de Vida Silvestre
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

## Leyes Estatales

- Código Civil para el Estado de Oaxaca. (Reformada mediante Decreto Num. 1195 aprobado por la LXIV Legislatura el 15 de enero de 2020.)
- Código de Procedimientos Civiles para el Estado de Oaxaca. (Reformada mediante Decreto Num. 1397 aprobado por la LXIV Legislatura el 05 de febrero del 2020.)
- Código de Procedimientos Penales para el Estado Libre y Soberano de Oaxaca
- Código Fiscal para el Estado de Oaxaca
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano

de Oaxaca. (Reformada mediante Decreto Num. 1489 aprobado por la LXIV Legislatura el 11 de marzo del 2020.)

- Decreto que establece las bases, factores de distribución, montos estimados y plazos para el pago de participaciones fiscales federales a los municipios del Estado de Oaxaca, para el ejercicio fiscal 2015
- Ley de Aparcería del Estado de Oaxaca
- Ley de Cambio Climático para el Estado de Oaxaca
- Ley de Catastro para el Estado de Oaxaca
- Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Estado de Oaxaca
- Ley de Coordinación Estatal de las Zonas Económicas Especiales
- Ley de Coordinación Fiscal para el Estado de Oaxaca
- Ley de Coordinación para el Desarrollo Metropolitano Sustentable del Estado de Oaxaca
- Ley de Entidades Paraestatales del Estado de Oaxaca
- Ley de Fiscalización Superior y Rendición de Cuentas para el Estado de Oaxaca
- Ley de Ingresos del Estado de Oaxaca para el Ejercicio Fiscal 2020
- Ley de Justicia de Fiscalización y Rendición de Cuentas para el Estado de Oaxaca
- Ley de Organizaciones de Asistencia Social en el Estado de Oaxaca
- Ley Estatal de Asociaciones Público Privadas

# Anexo XII. Especificaciones para el diseño del Contrato de Fideicomiso y las aportaciones públicas potenciales

Dentro del Contrato del Fideicomiso se deberán incluir las siguientes consideraciones legales y de procedimiento:

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Antes de recibir aportación	Promoción de mecanismo para la RFP en Oaxaca	Fideicomitente	· Debe contar con las autorizaciones necesarias para realizar la operación, en particular del Secretario de Finanzas.	Ley General de Sociedades Mercantiles; Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito; Ley de Instituciones de Crédito.
Antes de recibir aportación	Recepción de compromisos para recibir aportaciones estatales	Fideicomitente	· Debe existir una autorización para la Dispersión y/o salida de los recursos desde el Gobierno · Deberá tener una autorización Expresa para realizar la operación como una partida 4000. · Contar con facultades suficientes. Deberá ser un funcionario público con facultades suficientes para realizar la operación, dependiendo del cargo del servidor público o su nombramiento.	Ley General de Sociedades Mercantiles; Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito; Ley de Instituciones de Crédito; Presupuesto de Egresos de la Federación; Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Oaxaca.
Antes de recibir aportación	Justificar pertinencia de donativo	Fideicomitente / Gobierno del Estado de Oaxaca	· Mediante el capítulo 4000 identificado como Subsidios y Transferencias.	Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito; Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022.
Antes de recibir aportación	Ejecutar acuerdo de aportación pública	Fideicomisario/ Gobierno del Estado de Oaxaca	· Gobierno del Estado de Oaxaca como Fideicomitente. · Verificar que se cumpla lo establecido en el documento que emita la Secretaría de Finanzas para realizar dicha transferencia.	Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito; Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022; Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Oaxaca.
Mientras aportación se mantiene en la cuenta del Fideicomiso.	Invertir patrimonio en instrumentos financieros para incrementar el patrimonio.	Fiduciario	· Instrumentos de inversión que especifique el Comité Técnico.	Ley de Instituciones de Crédito; Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito.

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Dispersión	Dispersión directa desde el Fideicomiso a Beneficiarios y/o Proveedores de AT	Fiduciario	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El Comité Técnico girará mediante una carta de instrucción, indicando los montos y los tipos de operaciones, siempre y cuando se cumplan los fines, las firmas y las facultades del fideicomiso.</li> <li>· El recurso quedará etiquetado bajo un identificador fiscal, ya sea como una donación, como prestación de un servicio o pago de una contraprestación.</li> </ul>	Ley del Impuesto sobre la Renta; Ley del Servicio de Administración Tributaria; Ley de Instituciones de Crédito.
Dispersión	Dispersión a través de Fideicomisaria (Donataria Autorizada) a Beneficiarios	Fiduciario	<ul style="list-style-type: none"> <li>· La Donataria Autorizada en caso de haberse dado de alta como entidad para otorgar becas, permitirá que no se pague ISR, por ser una Beca, de lo contrario se considerará como un ingreso equivalente a un pago de honorarios, asimilado a un crédito sin garantía, y sin posibilidad de retorno del pago, por lo que requerirá pagar el ISR de forma anual.</li> </ul>	Ley del Impuesto sobre la Renta, Art 83; Ley del Servicio de Administración Tributaria; Ley de Instituciones de Crédito.
Dispersión	Dispersión a través de Fideicomisaria (Donataria Autorizada) a Proveedores de AT		<ul style="list-style-type: none"> <li>· En este caso, con instrucciones del Comité Técnico, la Donataria Autorizada realizará los pagos a proveedores, con la finalidad de tener una continuidad de negocio.</li> </ul>	Ley del Impuesto sobre la Renta, Ley del Servicio de Administración Tributaria; Ley de Instituciones de Crédito.
Dispersión	Dispersión de Fideicomiso a directo al Beneficiario	Fiduciario	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El Beneficiario podría ser sujeto de pago de impuestos. Serán los únicos obligados a expedir los recibos con los requisitos fiscales, así como las constancias respectivas y llevar a cabo las retenciones, en caso de así requerirse.</li> </ul>	Ley del Impuesto sobre la Renta, Ley del Servicio de Administración Tributaria; Ley de Instituciones de Crédito.

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Después de Dispersión	Reportar al Comité Técnico los resultados logrados con AT a beneficiarios.	Fideicomisario	· Cada seis meses el Director General de la Donataria Autorizada tiene la obligación de entregar un informe de resultados a los integrantes del Comité Técnico, sobre los resultados logrados, así como en la medida de lo posible y sin vulnerar los nombres de personas o empresas, establecer en medios digitales un estado de resultados o informe semestral.	Ley Federal de Fomento a las Actividades Realizadas por Organizaciones de la Sociedad Civil; Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados; Ley General de Sociedades Mercantiles; Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito.
Después de Dispersión	Reportar al Comité Técnico los resultados logrados con dispersiones directas a beneficiarios	Fideicomisario	· Cada seis meses el Director General de la Donataria Autorizada tiene la obligación de entregar un informe de resultados a los integrantes del Comité Técnico, sobre los resultados logrados, así como en la medida de lo posible y sin vulnerar los nombres de personas o empresas, establecer en medios digitales un estado de resultados o informe semestral.	Ley Federal de Fomento a las Actividades Realizadas por Organizaciones de la Sociedad Civil; Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados; Ley General de Sociedades Mercantiles; Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito.
Después de 24 meses	Reportar devoluciones de becas recuperables	Fideicomisario	· Conforme a los fines del Fideicomiso, se tendrá planteado que una vez concluido el plazo de 24 meses después de que el beneficiario recibió el recurso, tiene una responsabilidad de devolver la cantidad brindada como beneficiario de este fondo, de la misma forma en que le fue entregado. Por lo que estas devoluciones se deben reportar al Comité Técnico.	Se establecerá conforme al Contrato de Provisión de Beca Recuperable al Beneficiario.
Después de 24 meses	Reportar aportaciones adicionales por parte de Beneficiarios	Fideicomisario	· Obligación intrínseca en la estructura del Fideicomiso y de la AC, por lo que mensualmente se deberá realizar el reporte de aportaciones adicionales.	La necesidad surge del contrato de Fideicomiso, el cual establecerá las reglas específicas para reportar (No obstante, se sugiere que los reportes sean mensuales).

# Anexo XIII. Elementos clave en el contrato de Fideicomiso

A continuación, se presentan elementos relevantes a ser considerados en el Contrato de Fideicomiso:

Inversión de recursos	<p>El Fiduciario será instruido de manera individual por el Comité Técnico.</p> <p>1. En el caso de que la fiduciaria se encuentre en posibilidad de invertir los recursos del Fideicomiso, es necesario invertir los recursos en los instrumentos de menor riesgo, los cuales al momento de presentación del fiduciario se podrán conocer con mayor claridad y manejo, ya que dichos instrumentos y bajo las condiciones económicas del país, seguramente existirán cambios en los instrumentos, en las formas y, lo más importante, en los rendimientos. Las fiduciarias calificadas para hacer fideicomiso de inversión son las instituciones de Banca Múltiple, conforme a la Ley de Instituciones de Crédito y a la Ley General de Sociedades Mercantiles.</p>
Entrega de recursos a Beneficiarios	<p>Una vez que el Fiduciario tenga la carta de instrucción emitida por el Comité Técnico, procederá a realizar las transferencias conforme fue instruido.</p>
Derechos económicos	<p>En caso de que hubiese intereses generados existen varias opciones:</p> <p>1. Se reinvierten en el objeto del Fideicomiso (dispersión a beneficiarios conforme a resultados de convocatoria)</p> <p>2. Se reinvierte para constituir una subcuenta de patrimonio, en la que ayude a pagar los gastos operativos de la AC.</p>
Defensa del patrimonio, obligaciones del Fiduciario, responsabilidad Fiduciaria e indemnización	<p>1.- los gastos que se originen con motivo de la defensa, serán con cargo al "PATRIMONIO FIDEICOMITIDO" sin que para este efecto se requiera autorización alguna por parte del "Fideicomisario" y/o de los "Fideicomitentes" y/o de algún tercero que adquiera derechos.</p>
Plazo de vigencia del Fideicomiso	<p>El Fideicomiso durará como máximo 50 años, con la salvedad que se terminen los recursos del Fideicomiso y se vuelva inoperable. Conforme al Art 394 Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito.</p>
Reversión del patrimonio del Fideicomiso	<p>Bajo este esquema de Fideicomiso es importante que no exista la reversión de este.</p> <p>En caso de extinción del Fideicomiso por duración de más de 50 años, lo cual es sumamente improbable. El Comité Técnico tendrá las facultades para determinar la finalidad y destino del patrimonio tanto en la cuenta del Fideicomiso, como en la cuenta de la Donataria Autorizada.</p> <p>En el supuesto de que la Donataria Autorizada tenga posibilidades de igual forma estos recursos no tendrían derecho de reversión.</p> <p>No hay limitantes para que la AC se convierta en Fideicomitente.</p>
Honorarios del Fiduciario	<p>1.- Honorarios de Contrato y Aceptación del Fideicomiso (Único pago).</p> <p>2.- Honorarios de Administración del Patrimonio (Pago Anual).</p> <p>3.- Por convenio de Adhesión, Aportación (pagadero al momento de su celebración).</p> <p>4.- Convenio Modificatorio al Fideicomiso (pagadero al momento de su celebración).</p> <p>5.- Por Otorgamiento de poderes (pagadero al momento de su celebración).</p> <p>6.- Por celebración de Acto jurídico en cumplimiento de fines (pagadero al momento de su celebración).</p> <p>7.- Por cualquier servicio adicional (Cheque de caja, transferencia electrónica, órdenes de Pago, Banca Electrónica).</p>

Prohibición legal	En la Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito en su Artículo 394.- Quedan prohibidos: I.- Los Fideicomisos secretos; II.- Aquellos en los cuales el beneficio se conceda a diversas personas sucesivamente que deban sustituirse por muerte de la anterior, salvo el caso de que la sustitución se realice en favor de personas que estén vivas o concebidas ya, a la muerte del Fideicomitente; y III. Aquellos cuya duración sea mayor de cincuenta años, cuando se designe como beneficiario a una persona moral que no sea de derecho público o institución de beneficencia. Sin embargo, pueden constituirse con duración mayor de cincuenta años cuando el fin del Fideicomiso sea el mantenimiento de museos de carácter científico o artístico que no tengan fines de lucro.
Gastos	Todos los gastos que se causen con motivo de la celebración y formalización de este Contrato serán cubiertos con cargo al Patrimonio del Fideicomiso. Incluyendo los gastos operativos del Fideicomisario.
Operaciones con las propias instituciones	El Fideicomiso será únicamente un vehículo financiero con la finalidad de un otorgamiento de becas para personas morales que cumplan con los requisitos necesarios.
Inversiones permitidas	El Fiduciario, sin que deba mediar instrucción previa por cualquiera de las Partes del presente Contrato, deberá invertir las cantidades líquidas que se encuentren en las cuentas del Fideicomiso, en los instrumentos que para tal efecto le instruyan los Fideicomitentes y Fideicomisarios o, en su defecto deberá invertir en Banco INVEX, S.A., Institución de Banca Múltiple, INVEX Grupo Financiero: (i) en instrumentos de deuda a cargo del Gobierno Federal o de instituciones de crédito que tengan una calificación de riesgo de AAA o mejor; y/o (ii) inversiones realizadas mediante operaciones de reporto en las que el riesgo de contraparte sea A o mejor, y/o (iii) inversiones realizadas a través de sociedades de inversión, si éstas tienen una calificación de AAA o mejor, en el entendido que estas inversiones se realizarán siempre por los plazos necesarios para asegurar que se mantendrá un nivel de liquidez adecuado para cumplir oportunamente los pagos, transferencias o erogaciones que procedan con cargo al patrimonio del Fideicomiso.
Sustitución del Fiduciario	Se podrá realizar sustitución de Fiduciario en caso de que existan temas de inoperatividad por parte del mismo.
Modificaciones	Son válidas, con la finalidad que la Regulación establece.
Notificación de juicios	Se realiza mediante el personal del Fiduciario, mejor conocido como el ejecutivo financiero.
Domicilios y notificaciones	El Fideicomisario lo definirá
Prohibición de cesiones	El Fideicomiso, a través del Fiduciario, es responsable del pago de los impuestos que se generen por la operación. El régimen fiscal se determina una vez estructurado el Fideicomiso con la Fiduciario
Régimen fiscal	Le Corresponden la Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito, Ley de Instituciones de Crédito, principalmente y la jurisdicción será la correspondiente al Estado de Oaxaca.
Legislación y jurisdicción	Se podrá realizar sustitución de Fiduciario en caso de que existan temas de inoperatividad por parte del mismo.

## Consideración dentro de la Constitución de la Asociación Civil respecto a la estructura Operativa

Dentro del Contrato del Fideicomiso se deberán incluir las siguientes consideraciones legales y de procedimiento:

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Antes de otorgar Becas y Asistencias Técnicas	Recepción y evaluación de propuestas para recibir AT	Fideicomisario	· Se aceptan los candidatos que cumplan con todos los requisitos que se establecen en la convocatoria de AT. Incluyendo el cuestionario KYC.	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita.
Antes de otorgar Becas y Asistencias Técnicas	Adjuntar el Resultado del Cuestionario KYC	Fideicomisario	· Juntar evidencia suficiente para respaldar la toma de decisiones, ya sea a favor o en contra.	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita.

## Fases para el Otorgamiento de Becas

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Antes de otorgar Becas	Difundir convocatorias de las Becas	Subdirector de Beneficiarios de la AC	· En esta sección el Subdirector será el responsable de definir los tiempos para realizar la Designación de beneficiarios y la posterior programación de entrega de la Beca, incluyendo la celebración de la asamblea del Comité Técnico que autorice la transferencia de los recursos. En esta Etapa es importante llevar el proceso de KYC. Dicho proceso se basa en la identificación de la Persona Moral, identificación de socios, asociados y la verificación de ciertos antecedentes, como penales, judiciales y administrativos.	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita.
Antes de otorgar las Becas	Recepción y evaluación para ser sujeto de recibir la beca	Subdirector de Beneficiarios	Recibe la solicitud de Beca con firma del Solicitante	Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados
Antes de otorgar las Becas	Realizar el cuestionario KYC	Subdirector de Beneficiarios	Realiza la entrevista sobre la información redactada en el cuestionario KYC	Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Durante el lapso de uso de la Beca	Se tiene cierto acercamiento con el cliente; con la finalidad de no perder contacto con el Beneficiario y ver avances	Subdirector de Beneficiarios	· Se realiza un barrido constante de noticias locales, a fin de evitar un riesgo reputacional sobre algún tipo de beneficiario de la beca	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
Después de 24 meses de otorgada la Beca	Se da un aviso de término del plazo para estar en posibilidades de tener un nuevo acercamiento con los beneficiarios	Subdirector de Beneficiarios	· Se realiza la invitación formal para que aporte una cantidad ya sea al Fideicomiso o a la AC	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
Después de 24 meses de otorgada la Beca	Ejecución de acuerdo de subdonación (El Beneficiario Regresa los recursos al Fideicomiso)	Subdirector de Beneficiarios	· Reciben los recursos provenientes del Beneficiario	Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito; Ley del Impuesto sobre la Renta Ley del Servicio de Administración Tributaria
Al ejecutar la donación	Entrega de los Recursos por parte del Beneficiario en favor del Fideicomiso.	Subdirector de Beneficiarios	· Mediante una transferencia son incorporados al Fideicomiso y en su caso a la AC	Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito; Ley del Impuesto sobre la Renta Ley del Servicio de Administración Tributaria
Durante el periodo de 24 meses	Recibe la solicitud de Beca con firma del Solicitante	Subdirector de Beneficiarios	· Se realiza un barrido cada 2 meses para poder descartar algún mal uso del recurso	Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados
Después de 24 meses	Devolver donativo recuperable	Subdirector de Beneficiarios	· Realiza la llamada telefónica solicitando la devolución de la Beca vía transferencia	Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados
Después de 24 meses	Se realiza aportación adicional	Subdirector de Beneficiarios	· Se toma registro en el libro de contabilidad correspondiente	Ley del Impuesto sobre la Renta; Ley del Servicio de Administración Tributaria

## Fases para el Otorgamiento de Asistencia Técnica

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Antes de otorgar Asistencias Técnicas	Difundir convocatorias de las AT	Subdirector de Evaluación de la AC	· En esta sección el Subdirector será el responsable de definir los tiempos para realizar las AT	Código Civil del Estado de Oaxaca. Artículo 2557.- El poder supremo de las asociaciones reside en la asamblea general. El director o directores de ellas tendrán las facultades que les concedan los estatutos y la asamblea general, con sujeción a estos documentos
Antes de la otorgar las Becas	Proveer Asistencia Técnica (AT) a Beneficiario	Subdirector de Evaluación	· Agendar la Cita con el Solicitante	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
Durante las Asistencias Técnicas	Se llena la cédula de visita y se revisa toda la documentación	Subdirector de Evaluación	· Se realiza el llenado del checklist con el fin de tener un estricto control de la documentación que se recibe y revisa	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
Durante las Asistencias Técnicas	Se integra el expediente del Beneficiario	Subdirector de Evaluación	· Se integra el checklist con copia de la documentación	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
Después de las Asistencias Técnicas	Evaluar resultados de AT a beneficiarios	Subdirector de Evaluación	· Realizar una serie de procesos que abarcan desde la verificación de expedientes, de antecedentes de producción	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
Después de las Asistencias Técnicas	Reportar resultados de AT al Comité Técnico	Subdirector de Evaluación	· En este reporte, se prepara la asignación de recursos como Beneficiario de una beca.	Ley del Impuesto sobre la Renta; Ley del Servicio de Administración Tributaria

## Anexo XIV. Constancia de no Inhabilitación para Proveedores y Contratistas

---

Uno de los requisitos fundamentales para cumplir es el establecido conforme a la Secretaría de la Contraloría y Transparencia Gubernamental del Estado de Oaxaca. Referente a la Expedición de constancia de no inhabilitación para Proveedores y Contratistas<sup>23</sup>. Este es un trámite presencial, y se debe acudir al Departamento de Registro de Sanciones, Patrimonial y conflicto de Interés con la siguiente documentación:

- Copia simple de una identificación con fotografía vigente del proveedor o contratista, en caso de ser persona moral del apoderado legal (Puede ser: IFE/ INE, licencia de conducir, cédula profesional, pasaporte, o constancia de origen y vecindad).
- Impresión de la Constancia de Situación Fiscal (legible).
- Copia simple de identificación de la persona que acude a realizar el trámite.
- Línea de captura con el sello o en su caso el baucher original de la institución bancaria que acredite el pago de los derechos, la cual se genera en la página de internet de la Secretaría de Finanzas [finanzasoxaca.gob.mx](https://www.finanzasoxaca.gob.mx) En caso de requerir el original de la línea de pago, adjuntar copia para su cotejo.

Para los pagos en línea se requerirá el recibo emitido que lo acredite el cual será verificado y la expedición de la constancia estará sujeta a la conciliación correspondiente.

\*Nota: La constancia tiene validez de 30 días naturales a partir de su fecha de expedición.

De forma únicamente enunciativa, se puede consultar esta lista de los Fideicomisos Públicos de Oaxaca de 2019:

<https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/contabilidad/avances/2019/3erTrimestre/ANEXO%20Reporte%20de%20Fideicomisos%20sep19.pdf>

---

<sup>23</sup> <https://www.oaxaca.gob.mx/sctg/constancia-de-no-inhabilitacion-para-proveedores-y-contratistas/>

# Anexo XV. Especificaciones para la instrumentación de aportaciones privadas como donaciones deducibles de impuestos

---

Las empresas privadas pueden deducir los donativos no onerosos ni remunerativos que den a las personas morales autorizadas para recibir becas deducibles, hasta por una cantidad que no exceda de 7% de la utilidad fiscal obtenida en el ejercicio anterior a aquel en el que se efectúe la deducción.

Cumplimiento de requisitos para ser Donataria Autorizada

Este criterio agrupa una serie de requisitos para que las personas morales con fines no lucrativos puedan ser consideradas instituciones autorizadas para recibir donativos deducibles. Los requisitos incluyen:

- 1) Realizar exclusivamente la actividad de su objeto social.
- 2) Las personas morales con fines no lucrativos deberán realizar exclusivamente la actividad de su objeto social para ser consideradas instituciones autorizadas para recibir donativos deducibles. [Ley del Impuesto sobre la Renta (Ley del ISR) 82, fracción I].
- 3) La actividad de su objeto social a su vez se tiene que ubicar en alguno de los supuestos establecidos. [Ley del ISR 79, fracciones VI, X, XI, XII, XVII, XIX, XX y XXV, 82, penúltimo párrafo y 84, así como 36, segundo párrafo y 134 de su Reglamento].

Es decir, las instituciones autorizadas para recibir donativos deducibles tendrán que llevar a cabo sólo alguna de las siguientes actividades:

- De investigación científica o tecnológica
- Asistencial

- De preservación de especies en peligro de extinción
- Educativa
- De obras o servicios públicos
- Cultural
- De desarrollo social
- Ecológica
- De apoyo económico
- Becante
- De museos y bibliotecas privados o
- De escuela empresa

La Asociación Civil que se destine para esta función, cuenta únicamente con un año para obtener el registro como Donataria Autorizada y se mantendrá bajo una alta vigilancia ante el Servicio de Administración Tributaria por las características que tiene este tipo de entidad.

# Anexo XVI. Especificaciones para el otorgamiento de becas recuperables

## Desarrollo y promoción de convocatorias

Se promocionarán las Convocatorias para la Asistencia Técnica y Becas Recuperables a Beneficiarios potenciales mencionados en la Sección de Caso de Negocio del presente documento, considerando la legislación aplicable a los diversos tipos de personalidad jurídica:

Tipo de sociedad	Fundamento	Inscripción de la sociedad
Asociación Civil	Código Civil para el Estado de Oaxaca	Registro Público de Comercio
Sociedad Civil		
Sociedad Anónima de Capital Variable	Ley General de Sociedades Mercantiles	
Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Limitada		
Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Suplementada		
Sociedad Cooperativa Limitada		
Unión de Crédito	Ley de Uniones de Crédito	
Sociedad de Solidaridad Social	Ley de Sociedades de Solidaridad Social	Registro Nacional Agrario
Sociedad de Producción Rural	Ley Agraria	
Unión de Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Ilimitada		

## Evaluación de propuestas

Criterios de selección propuestos:

- Evidencia sobre el impacto de las prácticas realizadas en la restauración funcional del paisaje.
- Definición clara del mercado objetivo e historial de ingresos por venta de bienes y/o servicios.
- Modelo de negocio validado por integrantes de la Plataforma de Fortalecimiento.
- Equipo de trabajo con liderazgo sólido y habilidades técnicas y aptitudes para implementar

el modelo de negocio.

- Reportes financieros administrados y transparentes.
- Proyecciones de ingresos con supuestos realistas y alcanzables validados por integrantes de la Plataforma de Fortalecimiento.
- Referencias bancarias y de negocio que demuestren la conducción ética del negocio.
- Alta posibilidad de que la práctica, proyecto, emprendimiento o empresa devuelva la aportación otorgada por el Fondo Revolviente.

- Compromiso del beneficiario de realizar una contribución al Fondo Revolvente equivalente al 10% de la aportación recibida al término de 24 meses.

## Debida diligencia de Beneficiarios (KYC)

La inclusión de distintos tipos de entidades legales no suma ningún tipo de problema para su inclusión como Beneficiarios, siempre y cuando se cumplan con las siguientes características que serán evaluadas durante el proceso de debida diligencia:

1. Empresas con una antigüedad de constitución mayor a 3 años.
2. Tener el Acta Constitutiva con sello del Registro correspondiente (Registro Público, Registro Agrario, Registro de Personas Morales).
3. Que el domicilio social se encuentre en el Estado de Oaxaca, con antigüedad máxima de 3 meses.
4. Dicha Asociación deberá tener una cuenta bancaria, en pesos mexicanos, a nombre de la misma (Sin excepción)..
5. Que se identifiquen la totalidad de los socios, asociados y accionistas.
6. Identificación oficial vigente con fotografía de los apoderados, de los socios, administradores y o quienes ejerzan un control sobre la empresa.
7. Comprobante de domicilio.
8. Alta ante la Secretaría de Fiscal.
9. Últimas dos declaraciones de impuestos.

## Dispersión de becas recuperables

La dotación de recursos se realiza en dos exhibiciones<sup>24</sup>, las cuales se determinarán conforme a

las reglas de operación del fondo, las características específicas de la convocatoria, así como la propuesta presentada por el Beneficiario. Sólo se podrá realizar mediante transferencia bancaria a la cuenta a nombre de la Persona Moral designada.

## Recuperación de becas otorgadas a Beneficiarios

El Beneficiario tendrá el compromiso moral de reembolsar la beca al Fideicomiso después de un periodo de 24 meses.

## Recepción y registro de aportaciones adicionales deducibles de impuestos por parte de los Beneficiarios

Se espera que el beneficiario contribuya al Fondo Revolvente con el 10% de la cantidad recibida al término de los 24 meses.

---

<sup>24</sup> Lo anterior para poder contar con resultados por parte del Beneficiario que confirmen que el recurso está siendo usado conforme a la propuesta.

# Anexo XVII. Dispersión de recursos económicos para proveedores de Asistencia Técnica a Beneficiarios

La provisión de Asistencia Técnica al Beneficiario requerirá de un acuerdo entre el Fideicomisario (Asociación Civil) y el Beneficiario normado por un Manual de Provisión de Asistencia Técnica que deberá incluir las siguientes consideraciones:

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Antes de la Asistencia Técnica	Difundir convocatorias de AT y Becas	Fideicomisario	· Las convocatorias se realizarán con un esquema detallado en el manual operativo.	Código Civil del Estado de Oaxaca. Artículo 2557.- El poder supremo de las asociaciones reside en la asamblea general. El director o directores de ellas tendrán las facultades que les concedan los estatutos y la asamblea general, con sujeción a estos documentos
	Recepción y evaluación de propuestas para recibir AT	Fideicomisario	· Al ser un apoyo a través de una prestación de servicio debe existir un formato para brindar la Asistencia Técnica, en el cual el Beneficiario de dicha asistencia, otorgue todas las facilidades para que la persona o grupo de personas puedan concluir su labor con prontitud.	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
	Evaluación de elegibilidad para el programa	Fideicomisario	· Dicha evaluación se realiza conforme al checklist. Una vez concluida la misma, en caso de ser positiva, se realizará un acta de provisión de Asistencia Técnica y se envía una copia al Comité Técnico.	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
	Aplicar Cuestionario KYC (Conocimiento del Cliente)	Fideicomisario	· Se realiza el llenado del documento con la finalidad de conocer al último Beneficiario, además se realiza una entrevista física para verificar los datos	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
	Ejecutar acuerdo de provisión de Asistencia Técnica (AT)	Fideicomisario	· Una vez que se tenga el acuse del Comité Técnico se procederá a asignar a la persona o entidad que brindará la Asistencia Técnica.	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
Durante AT	Proveer Asistencia Técnica (AT) al Beneficiario	Proveedor AT	· Brindará la Asistencia conforme al Manual de Asistencia Técnica.	Ley del Impuesto sobre la Renta; Ley del Servicio de Administración Tributaria

El Manual de Provisión de Asistencia Técnica deberá especificar las tareas de roles clave dentro de la estructura operativa de la Fideicomisaria.

Fases	Procesos Clave	Responsable	Consideraciones Legales	Fundamento Legal
Antes de la Asistencia Técnica	Recepción y evaluación para ser sujeto de recibir la asistencia técnica y la beca	Subdirector de Beneficiarios	Recibe la solicitud de Beca con firma del Solicitante	Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados
	Realizar el cuestionario KYC	Subdirector de Beneficiarios	Realiza la entrevista sobre la información redactada en el cuestionario KYC	
Durante AT	Proveer Asistencia Técnica (AT) al Beneficiario	Subdirector de Evaluación	Agendar la Cita con el Solicitante	Ley de Instituciones de Crédito; Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita
Después de la AT	Evaluar resultados de AT a Beneficiarios	Subdirector de Evaluación	Realizar una serie de procesos que abarcan desde la verificación de expedientes y antecedentes de producción	
	Reportar resultados de AT al Comité Técnico	Subdirector de Evaluación	En este reporte, se prepara la asignación de recursos a los beneficiarios que aprobaron la verificación como Beneficiario de una beca.	Ley del Impuesto sobre la Renta; Ley del Servicio de Administración Tributaria

# Anexo XVIII. Constitución de Asociación Civil y registro como Donataria Autorizada

A continuación, se mencionan las consideraciones que deberán ser tomadas en cuenta en el proceso de constitución de la Asociación Civil:

- Para su creación se requieren al menos dos socios que integren el capital social.
- Se requiere una breve descripción del objeto social enfocado a resolver todo tipo de dudas en torno al alcance de la Asociación Civil respecto a:
  - o La definición de la Restauración Funcional del Paisaje
  - o Su rol como Fideicomisaria del Fideicomiso del Fondo Revolvente para la Restauración Funcional del Paisaje en Oaxaca.
  - o Su rol como receptora de aportaciones privadas y dispensora de becas a los Beneficiarios elegibles conforme a las instrucciones del Comité Técnico del Fideicomiso.
  - o Su rol como contratante de proveedores de servicios de Asistencia Técnica en beneficio de los Beneficiarios.
  - o Su rol como coordinadora de los Acuerdos de Colaboración con organizaciones aliadas que proveerán Asistencia Técnica concurrente.

Adicionalmente, dicha Asociación se debe de constituir ante notario público cumpliendo los siguientes requisitos:

- Señalar 5 posibilidades de Denominación o Razón Social.
- Especificar la posible admisión de asociados extranjeros en la Cláusula de Admisión o Exclusión de Extranjeros.
- Especificar la Forma de Administración de la Sociedad, la cual puede estar a cargo de un Administrador o de una Mesa Directiva. A continuación, señale el tipo de administración de la sociedad, así como del nombre de las personas quienes estarán a cargo de una u otra forma:
  - o Administrador: Si  No
  - Nombre:
  - o Mesa Directiva: Si  No
  - Presidente:
  - o Secretario:
  - o Tesorero:
  - o Vocal:

Facultades	Administrador Único	Asamblea de Asociados	Secretario	Vocal
Dominio	No	Sí	No	No
Subscripción de créditos	Sí	No	No	No
Administración	Sí	No	Sí	Sí
Pleitos y cobranzas	Sí	No	Sí	Sí
Otorgar poderes	Sí	No	No	No
Poderes Mancomunados	Sí	Sí	Sí	Sí

De los comparecientes

Se requerirán los siguientes datos de los comparecientes:

1) DATOS GENERALES, de los ASOCIADOS (mínimo DOS), del ADMINISTRADOR o de los miembros de la MESA DIRECTIVA:

a. Nombre completo

b. Nacionalidad

c. Estado Civil

d. Ocupación

e. Domicilio

f. Teléfono

2) Identificación oficial de los ASOCIADOS y del ADMINISTRADOR o de los miembros de la MESA DIRECTIVA, o de sus representantes. Dicha identificación puede ser: credencial para votar, pasaporte o credencial expedida por una Institución oficial.

3) Constancia de CURP de los ASOCIADOS, del ADMINISTRADOR, de los miembros de la MESA DIRECTIVA o de sus representantes.

4) Constancia de Situación Fiscal de los ASOCIADOS, del ADMINISTRADOR, de los miembros de la MESA DIRECTIVA o de sus representantes.

5) Si alguno de los asociados comparece representado se requiere de la presentación del poder con facultades exclusivas de constitución de asociaciones.

# Referencias

---

- Allen-Wardell, G. et al., 1998. *The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields*. Conservation Biology, Issue 12, pp. 8-17.
- Alonso, J., 2011. *Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 45(2), pp. 107-115.
- Aragón-Cuevas, F. et al., 2006. *Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca, Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias*.
- Arnoldus, H., 1978. *An approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation*. In: *Assesment of erosion*. New York: John Wiley & Son, pp. 139-149.
- Arriaga, L., Aguilar, V. & Alcocer, J., 2002. *Aguas Continentales y diversidad biológica de México, escala 1:4000000*. [En línea]  
Available at: <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/rhpri4mgw.html>
- ASERCA, 2002. *Café de México: Hacia los mercados de calidad*. Claridades Agropecuarias, Issue 103, p. 56.
- Bautista-Cruz A., et al., 2012. *Selection and intepretation of soil quality indicators for forest recovery oafter clearing of tropical montane cloud forest in Mexico*. Forest Ecology and Manegement, Issue 277, pp. 74-80.
- Bernoux, M. et al., 2017. *Ex-Ante Carbon-balance tool (EX-ACT) Technical guidelines for version 7*. Rome: FAO.
- Biggs, R., Schluter, M. & Schoon, L., 2015. *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Borselli, L., Cassi, P. & Torri, D., 2008. *Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment*. Catena, Issue 75, pp. 268-277.
- Candell, J. et al., 1996. *Maximum rooting depth of vegetation types at global scale*. Oecologia, Issue 108, pp. 583-595.
- CEF, 2015. *Estudio para determinar costos de producción y transporte de madera en rollo en el estado de Oaxaca, Oaxaca: Comisión Estatal Forestal, Colegio de profesionales forestales de Oaxaca*.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. & Maginnis, S., 2016. *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- CONABIO, 2006. *Capital natural y bienestar social. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.
- CONABIO, 2009. *Capital natural de México, vol. II : Estado de conservación y tendencias de cambio*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONABIO, 2014a. *Población con carencia por acceso a la alimentación por municipio, 2010*, escala: 1:250000. [En línea]

Available at: <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/acalim10gw.html>

CONABIO, 2014b. *Áreas elegibles para la conservación en México, 2014*, escala: 1:250000. [En línea]

Available at: <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/aecon14gw.html>

CONABIO, 2015a. *Bosques, selvas y cafés de Chiapas, Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.

CONABIO, 2015b. *Empleo en México por municipio 2010*, escala 1:250000. [En línea]

Available at: <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/emmun10gw.html>

CONABIO, 2015c. *Límites y regionalización de los Corredores Biológicos de sureste de México*. Escala 1:250000. [En línea]

Available at: [http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/cb\\_2015gw.html](http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/cb_2015gw.html)

CONABIO, 2016. *Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad*. Escala: 1:1000000. [En línea]

Available at: [http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/sap\\_gw.html](http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/sap_gw.html)

CONAFOR, 2011. *Áreas de importancia para la conservación, restauración y producción en México, 2011*, escala: 1:250000. [En línea]

Available at: <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/aiprc11gw.html>

CONAFOR, 2016. *Mexico's forest reference emission level proposal, Mexico: National Forestry Commission*.

CONAFOR, 2018. *Precios de productos forestales maderables, México: Comisión Nacional Forestal*.

CONAFOR, 2020. *Reglas de operación del programa de apoyos para el desarrollo forestal sustentable 2020, México: Comisión Nacional Forestal*.

CONEVAL, 2015. *Datos estadísticos sobre pobreza a nivel de municipio 2015, México: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social*.

CONEVAL, 2018a. *Pobreza estatal 2018*. [En línea]

Available at: [https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Oaxaca/Paginas/Pobreza\\_2018.aspx](https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Oaxaca/Paginas/Pobreza_2018.aspx)

[Accessed 1 Octubre 2020].

CONEVAL, 2018b. *Qué funciona y qué no en seguridad alimentaria?*. [En línea]

Available at: <https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/Nota-Informativa-Guia-Seguridad-alimentaria.pdf>

[Último acceso: 1 Octubre 2020].

CRM, 2020. *Informe estadístico 2019, Oaxaca: Consejo Regulador del Mezcal*.

Desmet, P. & Govers, G., 1996. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation, Issue 51*, pp. 427-433.

Ellis, E. et al., 2016. *Determinantes de deforestación en el estado de Oaxaca.*, Ciudad de México: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), The Nature Conservancy (TNC), Alianza México REDD+.

Endreny, T. & Woods, E., 2007. *Watershed weighting of export coefficients to map critical phosphorous loading areas.* J. Am. Water Resour. Assoc., Issue 39, pp. 165-181.

Etchevers-Barra, J. & Vergara-Sánchez, M., 2006. *Relación entre el uso de la tierra y su fertilidad en laderas de la Sierra Norte de Oaxaca, México.* Agrociencia, 40(5).

FAO, 2006. *Evapotranspiración de cultivo, Guías para la determinación de requerimientos de agua de los cultivos.* Estudio FAO riego y drenaje 56.

FAO-ITPS, 2015. *Status of the World's Soil Resources.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils.

Flores-Vichi, F., 2015. *La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas.* Espacio I+D, IV(7), pp. 174-194.

García, E., 1998. 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García), escala 1:1000000. [En línea] Available at: <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/clima1mgw.html>

García-Mendoza, A. & Franco-Martínez, I., 2018. *Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras,* Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Gobierno de México, 2019. *Estrategia Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 en México.* México: Presidencia de la República.

Gobierno del Estado de Oaxaca, 2012. *Plan Estratégico Sectorial Agropecuario, Forestal y Pesquero: Subsector Agrícola, Oaxaca: SEDAPA.*

Gobierno del Estado de Oaxaca, 2016a. *Plan Estratégico Sectorial 2016-2022, Medio Ambiente. Oaxaca: SEMAEDESO.*

Gobierno del Estado de Oaxaca, 2016b. *Programa Estatal de Cambio Climático de Oaxaca 2016-2022. Oaxaca: SEMAEDESO.*

GPFLR, 2011. *A World of Opportunity, s.l.:* Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal, Instituto de Recursos Mundiales, Universidad Estatal de Dakota del Sur y UICN.

Guo, Z., Xiangming, X. & Dianmo, L., 2000. *An assessment of ecosystem services: Water flow regulaiton and hydroelectric power production.* Ecological Applications, 10(3), pp. 925-936.

Hamon, W. R., 1961. *Estimating Potential Evapotranspiration.* Journal of the Hydraulics Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Issue 87, pp. 107-120.

Heathwaite, A., Quinn, P. & Hewett, C., 2005. *Modelling and managing critical source areas of diffuse pollution from agricultural land using flow connectivity simulation.* J. Hydrology, Issue 304, pp. 446-461.

Hernández-Álvarez, G., 1995. *Factores edáficos que determinan el crecimiento del Pinus chiapensis en la Sierra Norte de Oaxaca.* Oaxaca: Tesis de licenciatura. Escuela de Ciencias Químicas. CIIDIR.

Hernández-Jiménez, F., 2014. *Obtención del número de curva (NC) para la República Mexicana mediante el uso de sistemas de información geográfica, aplicando la metodología del TR-55 (Tesis).* s.l.:Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería civil y Geomática, UNAM.

ICONA, 1988. *Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de pérdida de suelo.* Madrid: Servicio de publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

INECC, 2015. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.* Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC, 2018. *Índice de Presión Económica de la Deforestación (IRDef) para Oaxaca.* [En línea] Available at: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/economia-sectorial-ambiental-y-de-recursos-naturales/resource/fd46c96d-0e92-4d61-8bae-e888dbd6e556>

INECC-PNUD, 2017. *Estudio para la identificación, caracterización y evaluación del balance entre las emisiones de GEIs y las zonas de captura y almacenamiento de carbono en zonas de ecosistemas costero/marinos del Pacífico, Golfo de México y la Península de Yucatán,* Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC-SEMARNAT, 2015. *Bases de datos del inventario Nacional de Emisiones de gases de efecto invernadero, del sector agropecuario,* México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INEGI, 2007. *Mapa edafológico serie II,* Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI, 2014. *Mapa de uso de suelo y vegetación Serie VI,* escala 1:250000. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI, 2015a. *Encuesta Intercensal 2015.* [En línea] Available at: <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/214/study-description?idPro=> [Último acceso: 1 Octubre 2020].

INEGI, 2015b. *Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca.* Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INIFAP, 2020. *El Cedro, Establecimiento y Manejo en la Huasteca Potosina.* [En línea] Available at: <http://www.campopotosino.gob.mx/modulos/tecnologiasdesc.php?id=108> [Último acceso: 1 Octubre 2020].

Jiménez-Trujillo, J. & Sepúlveda-López, C., 2015. *Sistemas silvopastoriles y buenas prácticas para la ganadería sostenible en Oaxaca,* Ciudad de México: Alianza Mexico REDD+.

Kumar, C., Begeladze, S., Calmon, M. & Saint-Laurent, C., 2015. *Enhancing food security through forest landscape restoration: Lessons from Burkina Faso, Brazil, Guatemala, Viet Nam, Ghana, Ethiopia and Philippines.* Gland, Switzerland: IUCN.

Lewis, R. & Brown, B., 2014. *Rehabilitación ecológica del Manglar. Manual de campo para Rehabilitadores*. s.l.:s.n.

López-Portillo, J., 2010. *Manual de Sistemas Agroforestales para el Desarrollo Rural Sostenible, San Lorenzo - Paraguay: Proyecto JIRCAS - Estudio de Validación de medidas contra el calentamiento global basado en la forestación y reforestación en el Paraguay*.

Martínez-Jiménez, R. et al., 2017. *Distribución potencial y reproducción por semilla de especies de agave empleadas en la elaboración de mezcal en el municipio de Villa de Sola de Vega, Oaxaca, Oaxaca: CIIDIR*.

Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E. & Guariguata, M., 2018. *La restauración de ecosistemas terrestres en México: Estado actual, necesidades y oportunidades*. Bogor: CIFOR.

Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M. & García-Celis, E., 2011. *Mapa Nacional de Erosión Potencial. Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México*, II(1), pp. 5-17.

Morett-Sánchez, J. & Cosío-Ruiz, C., 2017. *Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(1), pp. 125-152.

Osorio-Gómez, J. & Orejuela-Cabrera, J., 2008. *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones Multicriterio*. Scientia et Technica, Issue 39, pp. 247-252.

Ovando-Cruz, M., Martínez-Bolaños, M., López-Morgado, R. & Méndez-López, I., 2017. *Establecimiento de plantaciones de Café (Coffea arábica L. con genotipos tolerantes a roya anaranjada (Hemileia vastatrix Berek y Broome) en el estado de Oaxaca*. Folleto técnico, Oaxaca: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Raes, L. et al., 2017. *Análisis económico de categorías de intervención para la restauración de paisajes productivos en El Salvador*. San José: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Ramírez-Fuentes, E. & Trujillo-Tapia, M. N., 2015. *Nitrificación y mineralización del N en el suelo perturbado del manglar en la Costa Pacífico Sur, Oaxaca*. Revista Iberoamericana de Ciencias, 2(3), pp. 65-75.

Ramos-Sánchez, A., 2005. *Paquete Tecnológico para la Producción de Milpa Intercalada con Árboles Frutales en laderas del Estado de Oaxaca, Ciudad de México: Agencia Mexicana para el Desarrollo Sustentable en Laderas*.

Renard, K. et al., 1997. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington D.C.: Agriculture Handbook No.703.

Ruiz-Vega, L., 1998. *Zonificación agroecológica del maíz de temporal en Valles Centrales de Oaxaca y determinación del potencial productivo*. Terra Latinoamericana, 16(3), pp. 269-275.

Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*. 1ra. ed. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Saaty, T., 2008. *Decision making with the analytic hierarchy process*. Int. J. Services Sciences, 1(1).

SAGARPA, 2014. *Coefficientes de agostadero por entidad*. [En línea]

Available at: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2016/archivos/02\\_agrigan/D2\\_AGRIGAN04\\_06.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2016/archivos/02_agrigan/D2_AGRIGAN04_06.pdf)

SAGARPA, 2016. *Planeación Agrícola Nacional (2017-2030) - Café Mexicano*, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SAGARPA-INIFAP-SENASICA, 2015. *Agenda técnica agrícola Oaxaca*. Segunda edición, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Sánchez-Bernal, B., 2018. *Microcuencas de captación de agua para el cultivo Milpa en La Mixteca Oaxaqueña (Mexico)*. [En línea]

Available at: <https://qcat.wocat.net/en/wocat/technologies/view/permalink/3839/>

Scherr, S. & McNeely, J., 2008. *Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of 'ecoagriculture' landscapes*. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*. Series B, Biological sciences, 1491(363), pp. 477-494.

SEMARNAT, 2014. *Inventario Estatal Forestal y de Suelos - Oaxaca 2013*, México: Comisión Nacional Forestal.

Sharp, R. et al., 2018. *InVEST 3.7.0. User's Guide*. [En línea]

Available at: [https://naturalcapitalproject.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9321/f/invest\\_version\\_en\\_espanol\\_oct\\_2019.pdf](https://naturalcapitalproject.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9321/f/invest_version_en_espanol_oct_2019.pdf)

[Accessed 1 Octubre 2020].

SIAP, 2016. *Cierre de la producción agrícola por Estado*. Ciudad de México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Simonit, S. & Perrings, C., 2013. *Bundling ecosystem services in the Panama Canal watershed*. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 110(23), pp. 9326-9331.

UICN, 2020. *Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco sencillo para la verificación, diseño y ampliación del uso de las SbN*. Primera edición. Gland: UICN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.08.es>

UICN-WRI, 2014. *Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional*. Gland: UICN. <https://portals.iucn.org/library/node/45770>

UNAM-Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2012. *Repositorio institucional de datos científicos Geoespaciales*. [En línea]

Available at: <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/>

Vanegas-López, M., 2016. *Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias*, México: CONAFOR-CONABIO.

Vigiak, O. et al., 2012. *Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio*. *Geomorphology*, Issue 138, pp. 74-88.





**Unión Internacional para la  
Conservación de la Naturaleza**

Oficina Regional para México, América  
Central y el Caribe (ORMACC)

Apartado Postal: 607-2050

San Pedro Montes de Oca

San José, Costa Rica

Tel: +506 22 83 84 49

[ormacc@iucn.org](mailto:ormacc@iucn.org)

[www.iucn.org/ormacc](http://www.iucn.org/ormacc)

 [@uicn\\_conserva](https://twitter.com/uicn_conserva)

 [@uicnormacc](https://facebook.com/uicnormacc)

