

Propuesta metodológica interdisciplinaria y multiescalar para el estudio de la vulnerabilidad del paisaje

Interdisciplinary and Multi-scale Methodological Proposal for the Study of Landscape Vulnerability

María del Carmen Hernández Moreno y Araceli del Carmen Andablo Reyes,* Miguel Ángel Castillo Santiago, Jean Francois Mas,** Azucena Pérez Vega y Alejandro Flamenco Sandoval.******

* Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC, mar@ciad.mx y aandablo@ciad.mx, respectivamente.

** El Colegio de la Frontera Sur, mcastill@ecosur.mx

*** Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, jfmas@ciga.unam.mx

**** Universidad de Guanajuato, azu_pvega@hotmail.com y alejandro_flamenco@hotmail.com, respectivamente.

Nota: los autores agradecen al Fondo Sectorial CONACYT-INEGI por el financiamiento recibido en el marco de su convocatoria 2013-1 para realizar el proyecto con clave 210080 *Análisis espacio-temporal de la vulnerabilidad del paisaje utilizando percepción remota y métodos espaciales: un estudio interdisciplinario y multiescalar en cuatro regiones del país*, así como al biólogo Amós Antonio Pérez Hernández y a la licenciada Ledya Aurora Castillo Vargas y su equipo por su invaluable acompañamiento.



Herons Perched on Branches in Sumidero Canyon /Alison Wright/Getty Images

Globalización y cambio climático son las megatendencias que están redefiniendo el espacio geográfico y social en todas sus escalas. Una expresión local puntual de tales procesos es el cambio de cubiertas y uso de suelo que puede ser utilizado como indicador de la presión que ejercen estos dos grandes *estresores* sobre el manejo de tierras. Cuando las interacciones Sociedad-Naturaleza y global-local (construidas en este contexto de presión) ponen en riesgo la viabilidad de un sistema socionatural específico, asistimos a la configuración de la vulnerabilidad de un paisaje.

El presente artículo expone una propuesta metodológica interdisciplinaria y multiescalar para el estudio de la vulnerabilidad del paisaje desde una perspectiva estructural y sistémica. Asimismo, se comparten reflexiones del equipo de investigación sobre los aprendizajes, limitaciones y retos identificados en este ejercicio.

Palabras clave: vulnerabilidad del paisaje; CCUS; gobernanza; análisis espacial.

Globalization and Climate Change are the megatrends that are redefining geographic and social space at all scales. A specific local expression of such processes are both the Land Cover and the Land-Use Change, which can indicate to what extent are these phenomena exerting pressure, particularly on land management. When in a context of pressure there are interactions between society and nature, on the one hand, and between global and local contexts on the other, which endanger the viability of a specific socio-natural system, we are witnessing the configuration of the vulnerability of a landscape.

This article presents an interdisciplinary and multiscale methodological proposal to study landscape vulnerability from a structural and systemic perspective. Furthermore, the views of the research team on the learning, limitations, and challenges identified in this research are hereby included.

Key words: Landscape vulnerability; CCUS; Governance; Spatial analysis.

Recibido: 2 de agosto de 2017.

Aceptado: 15 de diciembre de 2017.

Introducción

En la sociedad de riesgo (Beck, 2002), la vulnerabilidad se ha convertido en un concepto polisémico utilizado desde diferentes perspectivas disciplinarias en el estudio de problemáticas por demás heterogéneas (Alwang *et al.*, 2001). En todas se asocia a riesgos o a exposición a amenazas específicas. Acotado al ámbito espacial, la perspectiva dominante la refiere a la probabilidad que tiene una localidad, región o área geográfica determinada a sufrir los embates provocados por eventos climatológicos (IPCC, 2007).

No obstante la proliferación de esfuerzos sobre esta línea de investigación a raíz de la mayor ocurrencia y devastación de tales acontecimientos, llama la atención la ausencia de abordajes que ubiquen a la vulnerabilidad como fenómeno estructural y complejo; estructural porque la

asume como un resultado de las formas específicas que adopta la relación sociedad-Naturaleza en etapas históricas delimitadas, es decir, la examina en el contexto de las megatendencias que definen un periodo histórico; complejo porque incorpora, como elemento explicativo, la influencia de los factores estructurales —de orden natural, pero también social o económico— sobre los procesos locales y la toma de decisiones instrumentada por los actores, como respuestas de adaptación o resistencia. Esta concatenación de procesos siconaturales, a escalas macro y micro, tienen expresiones espaciales que configuran paisajes con atributos que fortalecen o debilitan su capacidad de reproducción.

Hacer estas acotaciones resulta relevante para el tratamiento de la vulnerabilidad porque de la identificación tanto de los factores estructurales que perfilan un paisaje como de la capacidad de respuesta de la población afectable dependerá la pertinencia de las medidas que se instrumenten para su atención. Una encomienda con tal orientación demanda, necesariamente, un esfuerzo interdisciplinario que permita conjugar y complementar diversos marcos teóricos y el empleo de técnicas de análisis e interpretación que consideren la vulnerabilidad en sus múltiples aristas.

Con tales propósitos se llevó a cabo el proyecto de investigación intitulado: *Análisis espacio-temporal de la vulnerabilidad del paisaje utilizando percepción remota y métodos espaciales: un estudio interdisciplinario y multiescalar en cuatro regiones del país*, de cuyos resultados forma parte este artículo, mismo que requirió de la convergencia de conocimientos desde la Geografía, Economía, Ciencias Forestales, Sociología y Biología, además de las fortalezas de análisis que aportan la Estadística, la percepción remota, los métodos cualitativos de las Ciencias Sociales y una probada experiencia en campo.

El objetivo de esta colaboración es ofrecer la sistematización de esta experiencia tanto en términos epistemológicos como de los aprendizajes y retos enfrentados por el Grupo de Investigación Interdisciplinario (GII) para la realización del estudio. Con esa intención, el documento se estructuró en tres apartados: inicia con la exposición del modelo conceptual, enfatizando la construcción de conceptos híbridos que sirvieron de indicadores para aprehender, en un espacio delimitado, las interacciones entre lo social y lo natural, así como entre las megatendencias y los procesos locales; después, se describen las etapas de la ruta metodológica seguida para probar el modelo en cuatro entidades de la República: Sonora, Guanajuato, Michoacán de Ocampo y Chiapas (ver figura 1); y, por último, se sintetizan las lecciones aprendidas en este primer acercamiento a la vulnerabilidad como fenómeno estructural y complejo, y se muestra un esbozo de recomendaciones para mejorar la utilidad de la herramienta diseñada.

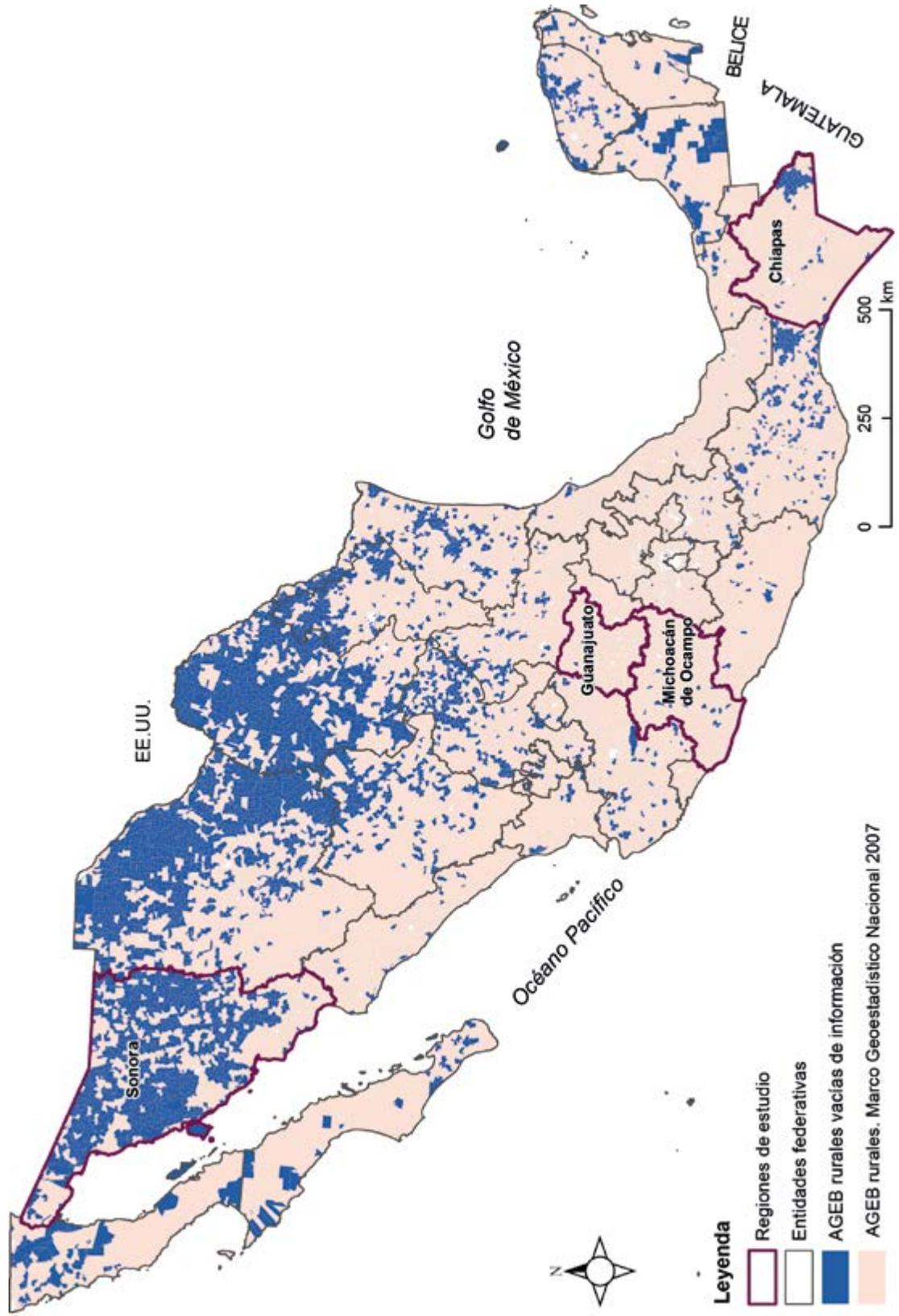
Andamiaje teórico-conceptual y supuestos básicos del modelo

Para fundamentar el análisis estructural de la vulnerabilidad del paisaje (VP), se echó mano de tres enfoques complementarios: la geografía de las diferencias de Harvey (2014), la geografía de las injusticias de Soja (2010) y la polarización social y territorial derivada de la globalización financiera y comercial (Naredo, 2013). El primero propone una visión crítica de la producción del espacio bajo el supuesto de que el capitalismo, sistema económico vigente, incide en su configuración desencadenando desigualdades socioespaciales. Soja agrega factores como la

Figura 1

Regiones de estudio y distribución de las AGEB rurales en la República Mexicana

Continúa



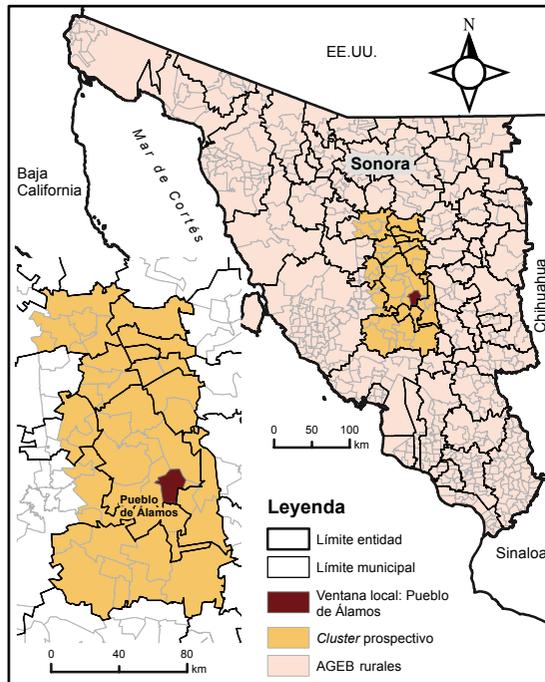
Fuente: elaboración propia con base en INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Figura 1

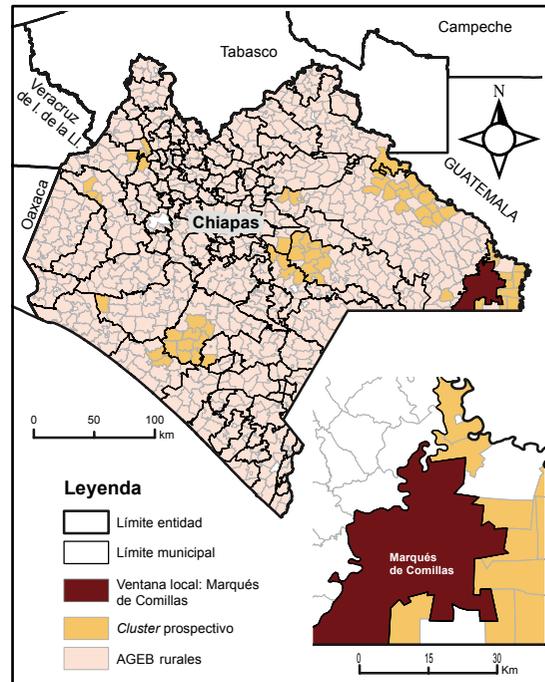
Regiones de estudio y distribución de las AGEB rurales en la República Mexicana

Concluye

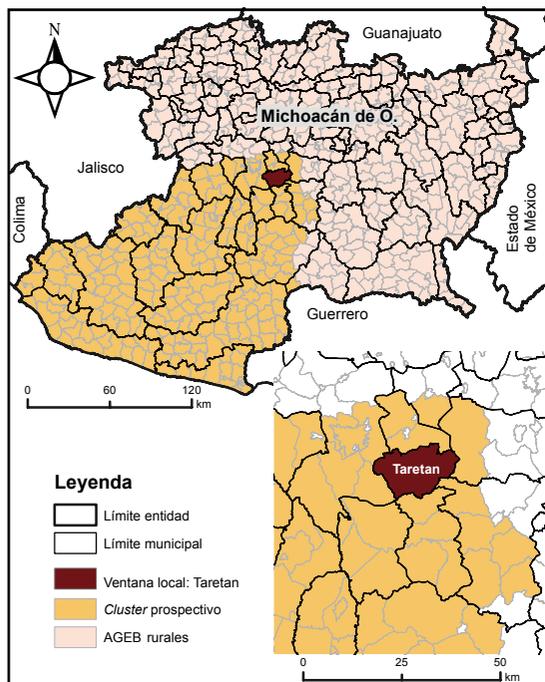
a. Sonora ventana local: Pueblo de Álamos



b. Chiapas ventana local: Marqués de Comillas



c. Michoacán de Ocampo ventana local: Taretan



d. Guanajuato ventana local: ANP de cerros El Culiacán y La Gavia



Fuente: elaboración propia con base en INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

discriminación racial, por género, cultural y religiosa, entre otras, en la raíz de las desigualdades en la apropiación y habitación del espacio. Naredo, desde la economía, focaliza su análisis en los desequilibrios ambientales y sociales generados por el actual sistema económico.

A partir de estos postulados se identificó a la globalización y al cambio climático (CC) como las dos megatendencias del siglo XXI que están redefiniendo el espacio geográfico y social en todas sus escalas. La primera (que también entraña procesos sociales, institucionales, culturales y ambientales) es reconocida como la fase cumbre del modelo económico vigente, así como expresión de las formas en las que el capitalismo define el espacio geográfico —ahora a escala planetaria— en favor de su propia reproducción (Harvey, 2014: 149). La segunda es interpretada —aunque sin consenso— como expresión de los límites que la Naturaleza está imponiendo al paradigma *extractivista* implantado por el sistema económico dominante. Diversos estudios realizados, entre otros por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, permiten relacionar el incremento de las temperaturas y mayores concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso a las emisiones producidas por el empleo de combustibles fósiles y el cambio de uso del suelo, ambos factores derivados del proceso de industrialización (IPCC, 2013: 2).

La entrada en escena del CC evidencia la interdependencia de los procesos sicionaturales y ha obligado a la incorporación de la variable ambiental en la prospección de escenarios económicos y ha vuelto imperativo considerar la localización y repercusiones de sus manifestaciones. Por ejemplo, el desplazamiento latitudinal y altitudinal de las especies, provocado por el incremento de la temperatura, reconfigura la distribución de flora y fauna, pero también los espacios aptos para la producción agropecuaria.

Para analizar el impacto de ambas megatendencias, a nivel empírico y en diversas escalas, se emplearon dos conceptos medulares ligados entre sí: el manejo de tierras y el cambio de cubierta vegetal y de uso de suelo (CCUS). El primero se refiere a la toma de decisiones sobre el uso del suelo y es interpretado como la capacidad de respuesta de quienes habitan o usufructúan un espacio frente a las presiones ejercidas por la globalización y el CC sobre ese espacio. Tales presiones pueden ser complementarias, pero también opuestas; es decir, en ocasiones, el CC obliga a quienes toman decisiones a incorporar acciones que mitiguen el avance del deterioro ambiental y, a la vez, la globalización, con sus múltiples procesos, también los presiona frenando tales iniciativas. Los intereses de las corporaciones transnacionales han logrado imponer sus reglas en lo local a través de lineamientos financieros, de asistencia técnica, regulaciones de mercado y programas gubernamentales, entre otros, induciendo cambios hacia un aprovechamiento más intensivo y extractivo de tierra, agua, flora y fauna.

En el terreno social, estas tendencias conducen a quienes toman decisiones a establecer vínculos de subordinación respecto a esos actores dominantes a través de la participación en créditos, reorientación de patrones de cultivo y de consumo, dependencia de insumos importados y muchos mecanismos más que consolidan la integración de sus tierras a cadenas de valor cautivas (Gereffi *et al.*, 2005) donde pierden su capacidad de gobernanza. Con ello se erosiona —así lo apuntan las evidencias (Wilson, 2010)— la posibilidad de tomar decisiones que, en este escenario macro perfilado por las fuerzas de la globalización y del CC, permitan a los actores locales estructurar

respuestas, de adaptación o resistencia, que beneficien tanto a los grupos humanos que habitan el espacio como al ecosistema en su conjunto.

Como se indicó previamente, la concatenación de estos procesos que son sociales, económicos y ambientales en un área geográfica específica definen un paisaje e inciden en su vulnerabilidad cuando las interacciones sociedad-Naturaleza y global-local ponen en riesgo la viabilidad del sistema socionatural ahí establecido. Es decir, la VP es interpretada como uno de los posibles resultados (Wilson, 2010) de tales interacciones. Refiere a la pérdida de viabilidad sistémica de tal unidad espacial en virtud del desequilibrio de sus procesos internos a raíz de la influencia, en diferentes escalas y en este periodo histórico, de la globalización y del CC. En este sentido, la viabilidad sistémica alude a la evolución armónica de los procesos que configuran un paisaje.

La sustentabilidad del paisaje (SP) es el otro posible resultado de la interacción Sociedad-Naturaleza y designa a aquella condición donde los procesos sociales, económicos y ambientales que definen el paisaje se encuentran en un *equilibrio dinámico* (Toledo y Moguel, 1992: 10) entre sí, asegurando su reproducción sistémica, de forma que uno no se desarrolla a costa de los otros.

En este tenor, la gobernanza refiere a la capacidad de los actores locales para tomar decisiones que les permitan, con base en intereses propios, el control de los procesos que impactan el paisaje. Refiere a la plataforma política, al entramado de relaciones de poder y de coordinación horizontales o verticales (Gereffi *et al.*, 2005; Wilson, 2010) en las que tiene lugar la toma de decisiones, en este caso, sobre el manejo de tierras.

El CCUS constituye la representación espacial de la toma de decisiones sobre el uso del suelo. Es un concepto híbrido y articulador que sintetiza los efectos de los grandes *estresores* sistémicos que configuran el paisaje. También, es un indicador que —en relación con las características sociales, económicas y ambientales— puede representar en mapas la configuración de paisajes vulnerables.

Es pertinente señalar que tras este ejercicio metodológico subyace la hipótesis de que existe un gradiente de transición entre paisajes vulnerables (en desequilibrio) y los sustentables (en equilibrio) y que el paso de un escenario a otro depende de la gobernanza local. Así, un incremento de la gobernanza —es decir, de la capacidad de los actores locales para tomar decisiones— de manera autónoma, que incidan en el desarrollo sistémico del paisaje que habitan, puede lograr un manejo de tierras que armonice los procesos sin priorizar lo económico sobre lo social y lo ambiental, como sucede en la mayoría de los paisajes globalizados.

En este planteamiento, los CCUS constituyen la huella espacial del manejo diferenciado de tierras derivado de la forma en que responden quienes toman decisiones ante la globalización y el CC; por lo tanto, el manejo de tierras resulta de la interacción entre aquéllos y sus ecosistemas. Se trata de un proceso de negociación que se manifiesta en el tipo de relaciones que se establecen entre los grupos sociales y entre éstos y su medio. En esta dinámica se configuran paisajes que se distinguen entre sí justo por la especificidad de sus relaciones.

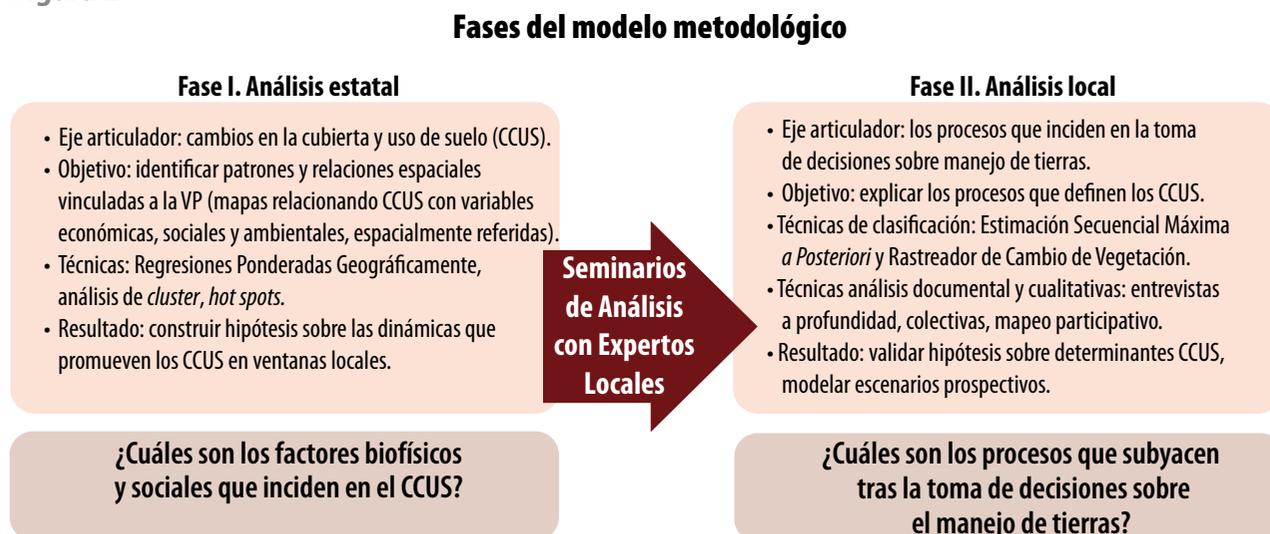
Una primera aproximación para la identificación de paisajes que se configuran en una temporalidad específica se puede realizar mediante la modelación espacial de los CCUS, un ejercicio que permite identificar cuáles son las principales variables a las que éste responde. Las

variables o conductores del cambio constituyen aproximaciones a las relaciones que se establecen en el paisaje, las cuales pueden ser producto de interacciones sociales, como la migración y otros procesos demográficos; de las económicas, como el incremento de la demanda de ciertos cultivos, la cercanía a carreteras o centros urbanos; de las institucionales, como los programas de gobierno que promueven ciertos usos del suelo sobre otros; o bien, variables representativas de las relaciones entre quienes toman decisiones y su medio natural, como las características físicas que favorecen la expansión de la frontera agrícola, elevación, cercanía a ríos o cuerpos de agua, precipitación y temperatura.

Sin embargo, a través de la modelación solo puede lograrse un acercamiento hipotético sobre los procesos que subyacen a estos cambios. Su explicación puede ser alcanzada mediante un ejercicio de profundización a nivel local, con el seguimiento de las relaciones establecidas por quienes toman decisiones en ese ámbito. Esta última reflexión constituyó una premisa básica que organizó el modelo metodológico en dos fases (ver figura 2) donde se ofrece una síntesis de la propuesta metodológica, que será desagregada más adelante (ver figuras 3 y 4).

Cada fase tuvo su ámbito de acción, concepto articulador, objetivo propio, el empleo de técnicas específicas para la generación y recolección de información y un resultado esperado también delimitado. La primera correspondió al análisis espacial y se realizó a escala estatal; tuvo por objetivo identificar patrones y relaciones espaciales asociados a la VP en las entidades seleccionadas para el estudio (ver figura 3); por lo tanto, el eje del análisis fueron los CCUS. La segunda fase se concretó en el nivel local (ver figura 4), mediante técnicas de análisis documental y cualitativo. El eje conceptual aquí fue la toma de decisiones sobre el manejo de tierras.

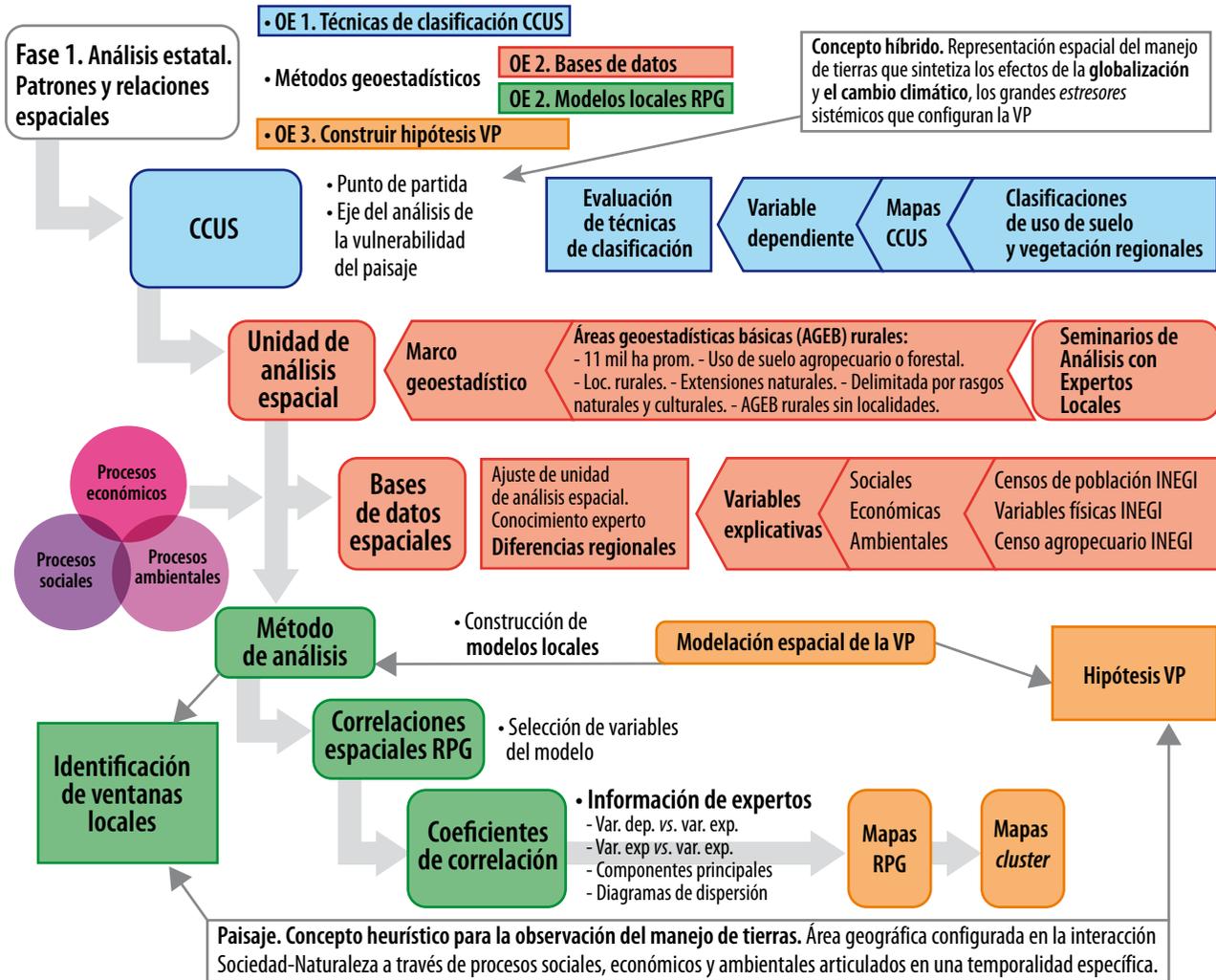
Figura 2



Fuente: elaboración propia.

Figura 3

Fase I del modelo metodológico. Análisis estatal



Ambas fases se articularon mediante los resultados de un ejercicio trascendental para el desarrollo de esta propuesta metodológica: una consulta con actores en cada entidad estudiada a la que se denominó Seminarios de Análisis con Expertos Locales (SAEL). A continuación, se ofrece una síntesis de la ruta metodológica y de algunos resultados.

Metodología para la integración de un análisis multiescalar e interdisciplinario de los conductores de la VP

Fase I. Análisis estatal

En ésta (ver figura 3) se describen, delineados en azul, los pasos seguidos para lograr el objetivo específico (OE) 1 (evaluar técnicas de clasificación para identificar niveles de degradación) tendiente a la determinación de la variable dependiente: los CCUS. En rojo se distinguen los

pasos para construir las bases de datos espaciales de los conductores del cambio, como primer ejercicio para lograr el OE 2 (evaluar métodos geoestadísticos para análisis de conductores de VP). En verde se destaca el proceso de construcción de los modelos locales, que constituyó la segunda parte de este objetivo (evaluar los métodos geoestadísticos). Por último, en naranja se identifican los elementos relacionados con la generación de hipótesis sobre VP que constituyó el OE 3 (construir hipótesis sobre VP en ventanas locales con base en resultados de análisis espacial a nivel estatal), que es el resultado esperado de esta primera fase.

Mapas de CCUS

Para calcular la variable de aproximación a los CCUS en Sonora, Chiapas y Guanajuato, se utilizaron las series III y V de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), escala 1:250 000, con fechas del 2002 y 2011, respectivamente. La variable calculada correspondió a las pérdidas de cubiertas naturales para el periodo 2002-2011. En Michoacán de Ocampo se utilizaron los mapas de CCUS a escala 1:50 000 que elaboraron Mas *et al.* (2015) para el 2004, 2007 y 2014, y la variable calculada fue la tasa de deforestación con base en el estadístico de *Getis-Ord*.

Evaluación de técnicas de clasificación

Los especialistas en percepción remota que integraron el GII habían detectado inconsistencias y vacíos de información en los insumos para el cálculo de los CCUS. El ejercicio de clasificación de Mas *et al.* (2015) constituye un antecedente del interés en mejorar este tipo de bases de datos. Por esta razón, el OE 1 se enfocó en realizar un ejercicio comparativo entre dos técnicas de clasificación supervisadas en dos regiones: templada y tropical. De manera adicional, el GII se planteó el reto de integrar una visión histórica en estas clasificaciones para tratar de captar la perturbación de la vegetación en un continuo de imágenes satelitales *Landsat*. Bajo estas consideraciones, el ejercicio de evaluación se realizó con base en información contextual (García-Mora y Mas, 2008; Di Palma *et al.*, 2016) y temporal (Huang *et al.*, 2010).

Los bosques tropicales son ecosistemas muy dinámicos, la caída de árboles y la creación de claros son eventos frecuentes. La agricultura en pequeña escala produce mosaicos complejos de fragmentos en diferentes estados sucesionales. Por esta razón, Chiapas presentó condiciones óptimas para evaluar el desempeño de algunos sensores y enfoques de clasificación en paisajes complejos. Con el propósito de evaluar la certidumbre en la identificación de los niveles de perturbación del bosque, se probaron dos enfoques para complementar la información espectral de las imágenes satelitales: el de Estimación Secuencial Máxima *a Posteriori* (SMAP, por sus siglas en inglés), que incorpora información contextual y el Rastreador de Cambio de Vegetación (VCT, por sus siglas en inglés), que retoma información temporal. Ambos fueron aplicados a escenarios con alto dinamismo en el cambio de uso del suelo, aunque difieren sustancialmente en términos de humedad y geomorfología. La región de Mezcalapa, Chiapas, ubicada sobre un sistema de montañas y lomeríos, registra selvas bajas y medianas que pierden su follaje en temporada de seca y tiene una marcada estacionalidad caracterizada por una larga temporada sin lluvias, mientras

que Marqués de Comillas se encuentra sobre un sistema formado por planicies y valles, con precipitaciones abundantes todo el año, con presencia de selvas altas y medianas que conservan su follaje todo el año.

La precisión global de SMAP presentó su valor más bajo en las selvas bajas caducifolias de Mezcalapa debido a la confusión espectral que en esta zona promueve la combinación entre el comportamiento caducifolio de la vegetación, el relieve accidentado y el tipo de suelo. Para Marqués de Comillas, la precisión fue superior; sin embargo, en el caso de las plantaciones de palma africana, uno de los principales factores que promueven la deforestación y el CCUS en esta región, solo fue posible identificar áreas extensas y con individuos de porte arbóreo, lo cual sugiere que únicamente son identificables plantaciones mayores a cinco años. En cuanto a la detección de los patrones espaciales de las perturbaciones con VCT, los resultados indicaron que puede ser bastante efectiva en zonas/periodos donde se cuenta con imágenes de buena calidad, pero éstos podrían ser inciertos cuando la imagen de un periodo presenta nubosidad frecuente o áreas sin datos (por ejemplo, franjas sin información del *Landsat 7*). A pesar de ello, el mapa de perturbaciones puede ser de gran apoyo para confirmar la presencia de tipos de vegetación madura o natural no arbórea en algunos casos de confusión espectral no resueltos con SMAP.

La evaluación de estas técnicas de clasificación expone la importancia de utilizar enfoques complementarios para incrementar la precisión de los resultados, pero también confirman la necesidad de enfoques híbridos con un alto componente de investigación de campo, no solo para validar las clasificaciones sino para entender el proceso de CCUS y, sobre todo, garantizar la utilidad de la información generada.

Unidad de análisis espacial

Su selección constituyó en sí misma una fase definitoria del resto del proceso de investigación y su ajuste fue resultado del trabajo interdisciplinario del GII. En un primer momento del análisis a nivel estatal se construyeron bases de datos a nivel municipal; sin embargo, fue necesario modificar la unidad luego de los primeros SAEL realizados en cada estudio estatal para discutir los avances, los cuales se llevaron a cabo en Sonora y Chiapas. En ambos (en particular en el segundo), la discusión con los expertos locales indicó que las correlaciones entre los CCUS y las variables representadas en los mapas no correspondían con los procesos de VP identificados por ellos.

El GII concluyó que el origen del problema estaba en la escala de la unidad de análisis espacial. La construcción de la base de datos con información a nivel municipal provocó la pérdida de detalle de la variabilidad espacial de los procesos dentro del área municipal, lo que se tradujo en problemas al calcular los mapas de correlación espacial. Esta reflexión condujo a la decisión de afinar la unidad de análisis.

Los primeros intentos en este sentido llevaron al GII a realizar diversos ejercicios con unidades espaciales ficticias para aumentar la escala de los datos a nivel municipal, sin embargo, los resultados no fueron halagüeños; incluso, se desarrolló un análisis en profundidad sobre el Problema de la Unidad de Área Modificable (MAUP, por sus siglas en inglés), que se refiere a

la forma en que se agregan los fenómenos espaciales, tanto en escala como en zonificación. Finalmente, se logró identificar una unidad espacial que proporcionara suficiente información a una escala espacial más fina para poder reconstruir la base de datos: el área geoestadística básica (AGEB) a nivel rural (INEGI, 2010b).

SAEL

Como se ha señalado de manera reiterada, los SAEL constituyeron uno de los momentos metodológicos cruciales en el desarrollo de la investigación en cada zona de estudio. Las convocatorias en cada entidad fueron dirigidas a académicos, especialistas en el tema, a representantes de organizaciones de productores rurales y de la sociedad civil, a funcionarios públicos y técnicos de campo. Los perfiles de asistencia fueron heterogéneos en cada caso y la calidad de la discusión dependió de la cantidad, conocimiento y experiencia en campo de los actores locales participantes.

En Sonora, el SAEL tuvo por objetivos presentar y discutir los resultados preliminares de los mapas de variables explicativas del CCUS entre el 2007 y 2011, que resultaron de los ejercicios de Regresiones Ponderadas Geográficamente (RPG) de esa entidad, en un primer acercamiento con bases municipales. La discusión se orientó en dos procesos que conducen los CCUS: la expansión de la agricultura empresarial y la especialización ganadera manifiesta principalmente en la invasión del zacate *buffel* sobre las cubiertas naturales del estado.

En Chiapas, el objetivo fue la identificación de regiones más afectadas y con procesos de pérdida de cobertura forestal. Algunos participantes comentaron que la deforestación había disminuido en algunas áreas, sobre todo debido a la migración rural, pero la mayor parte de los expertos opinó que este fenómeno se estaba agudizando y manifestando efectos colaterales, como la escasez de agua potable en algunas regiones. Se destacaron la *ganaderización* y las políticas públicas mal articuladas e implementadas como motores de la degradación de los recursos naturales.

Las opiniones de los participantes de los SAEL de Sonora y Chiapas dejaron clara la poca utilidad de los mapas elaborados con las bases de datos municipales. En Sonora se hicieron observaciones sobre el desfase entre las fechas de las variables explicativas y el periodo de pérdidas de CCUS analizado y de la agregación de los datos que promediaban los factores físicos, sociales y económicos en grandes superficies municipales. En Chiapas, la participación crítica de expertos locales señaló de forma directa la inconsistencia de los mapas con la regionalización de los procesos observada desde su experiencia, ratificando la conclusión de Sonora sobre el tamaño inapropiado de las unidades de análisis empleadas para caracterizar los procesos que inducen los CCUS. Con esta experiencia, el GII confirmó que la resolución espacial de los datos municipales no permitiría encontrar relaciones significativas entre las pérdidas de cobertura forestal y las variables explicativas. Esta conclusión derivó en el cambio a los AGEB rurales como unidad de análisis espacial para obtener mayor representación de los procesos regionales.

El SAEL de Guanajuato centró la discusión en los grandes procesos que han incidido en los CCUS, destacando la deforestación directa, la expansión de las ciudades, así como la reducción de las superficies de riego y temporal. Los expertos opinaron que la deforestación redujo

aproximadamente 30% los bosques templados de encino durante el periodo de 1970 al 2004 y afectó muy fuerte el matorral *craccaule* con cambios notables a un matorral secundario y al uso urbano.

El SAEL de Michoacán de Ocampo se llevó a cabo con mapas RPG producto de la base de datos a nivel de AGEB rural. Los participantes comentaron la existencia de aprovechamientos forestales legales en la región sur occidente de dicho estado, donde se ha autorizado deforestación a matarrasa con plantaciones inmediatas de pino. En contraste, hay comunidades que se encuentran bien organizadas que no han permitido el cambio de uso de suelo. También, mencionaron otros factores que favorecen el desmonte relacionados con la aplicación de políticas públicas y la forma en que se expresan en el espacio, por ejemplo, la dotación de maquinaria, como tractores y motosierras. Evidentemente, el CCUS se presenta en varias regiones de la entidad debido a la reconversión productiva o al desmonte de la cobertura forestal natural para ampliación de zonas agrícolas.

En síntesis, la información obtenida en los SAEL generó valiosas aportaciones tanto para el análisis estatal como para los estudios de caso. Asimismo, el acercamiento a la perspectiva de los actores locales sobre los procesos de CCUS fortaleció la visión interdisciplinaria porque forzaron al GII a realizar dinámicas de discusión previas y posteriores a los eventos con el fin de homogenizar conceptos clave, como la vulnerabilidad y el paisaje, un proceso de discusión permanente que llevó a tomar acuerdos que se concretan en este modelo metodológico.

Bases de datos espaciales con variables explicativas

Las bases de datos elaboradas para el análisis se calcularon con base en los censos de Población y Vivienda 2000 y 2010, así como en el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI, mapas de temperatura y precipitación promedio de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), además de variables de elevación y pendiente con base en un modelo digital de elevación calculado a partir de un mapa de curvas de nivel cada 20 metros del INEGI. En total, se obtuvieron 92 variables espaciales relacionadas con los procesos ambientales (14), sociales (36) y económicos (42). Esta base de datos fue el punto de partida para generar los ejercicios de mapeo de RPG, donde se llevó a cabo un proceso de selección de variables significativas cuyos criterios se explican más adelante.

Modelación espacial de la VP

Para realizar el análisis RPG, se utilizó el *software R*, en particular el paquete *GWmodel* para RPG. Si bien esta fase del procesamiento de los datos se realizó con base en el análisis estadístico, para tomar la decisión de conservar o descartar la integración de una variable explicativa en el modelo siempre se tomó como referencia la información generada en los SAEL.

El primer filtro consistió en identificar las variables con mayor correlación global con la de pérdidas de cubiertas o la tasa de deforestación; con base en el cálculo del coeficiente de

correlación de Spearman se eligieron las variables que presentaron un índice superior a 0.2. Después, se descartaron aquellas que presentaron mayor correlación global entre sí, seleccionando preferentemente las de mayor correlación global con la variable dependiente pero, también, dando prioridad a las relacionadas con los procesos de VP identificados por los expertos. Por último, se realizó un análisis visual del diagrama de dispersión de cada variable explicativa para eliminar aquellas que presentaban una tendencia indefinida respecto a la variable dependiente, eliminando las variables con un gran número de ceros. Al final del proceso se conservaron las descritas en el cuadro.

Con estas variables se calcularon las correlaciones locales en el paquete *GWmodel* para obtener mapas de correlación que representasen el comportamiento espacial diferenciado de la relación de cada variable con las pérdidas de cubiertas naturales en el periodo 2002-2011. Con base en el cálculo de las correlaciones locales se construyeron mapas de *cluster* utilizando el mismo paquete estadístico para delimitar en cada estado regiones que presentasen un comportamiento estadísticamente homogéneo en cuanto a los coeficientes de correlación de Spearman.

Generación de hipótesis sobre VP e identificación de la ventana local

Los mapas de correlación espacial generados para cada variable del modelo y el mapa de *cluster* modificado sirvieron para generar hipótesis sobre la VP. Con el fin de fortalecer el planteamiento de las hipótesis, en este ejercicio se integró también el conocimiento experto derivado de los SAEL

Cuadro

Concentrado de variables explicativas por estudio de caso

Entidad	Variables		
	Ambientales	Sociales	Económicas
Sonora	Media de la elevación	<ul style="list-style-type: none"> • % pob. 65 años y más de edad (2010) • % pob. nacida en otra entidad (2010) • % pob. nacida en otra entidad (2000) 	<ul style="list-style-type: none"> • Media de la dist. loc. urbanas (2010) • % sup. rentada (2007) • Sup. agrícola (2007) • Reses (2007) • % reses finas (2007) • Personas contratadas menos de seis meses (2007)
Guanajuato		<ul style="list-style-type: none"> • Índice de masculinidad (2010) • Relación de dependencia (2010) • % pob. analfabeta (2010) 	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie agrícola (2007) • % reses libre pastoreo (2007) • % reses en corral, establo y pastoreo (2007) • % pob. ocupada (2010)
Michoacán de Ocampo		<ul style="list-style-type: none"> • Índice de masculinidad (2010) • % pob. 5 años y más de edad residentes en otra entidad en junio del 2005 • Relación de dependencia (2010) 	<ul style="list-style-type: none"> • Media de la dist. loc. urbanas (2010) • Sup. ejidal total parcelada uso agríc. (2007) • % pob. ocupada (2010)
Chiapas	% área natural protegida	<ul style="list-style-type: none"> • Pob. total (2000) • % pob. 65 años y más de edad (2010) • Relación de dependencia (2010) • % pob. hablante de lengua indígena (2000) • Hogares con jefatura femenina (2000) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sup. sembrada producción consumo nacional (2007) • Sup. agrícola (2007)

Fuente: elaboración propia.

y el análisis de las bases de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) con información de superficies sembradas, cosechadas y siniestradas, así como el volumen y valor de la producción agrícola para el periodo 1980-2002 a nivel estatal y para el 2003-2014 a nivel municipal.

Con el propósito de profundizar en los procesos de toma de decisiones acerca del manejo de tierras, las hipótesis sobre VP se probaron en una ventana local representativa de los patrones y relaciones espaciales identificadas en el *cluster* que, en cada estado, concentró las zonas con mayor tasa de deforestación o pérdida de cubiertas naturales, la cual representa una aproximación a un paisaje, es decir, esa área geográfica configurada en la interacción sociedad-Naturaleza definida con anterioridad.

Fase II. Análisis local

Ésta tuvo como eje conceptual el manejo de tierras en el nivel local (que aquí se entiende como el uso de tierras definido por quienes toman decisiones locales con base en su capacidad de gobernanza).

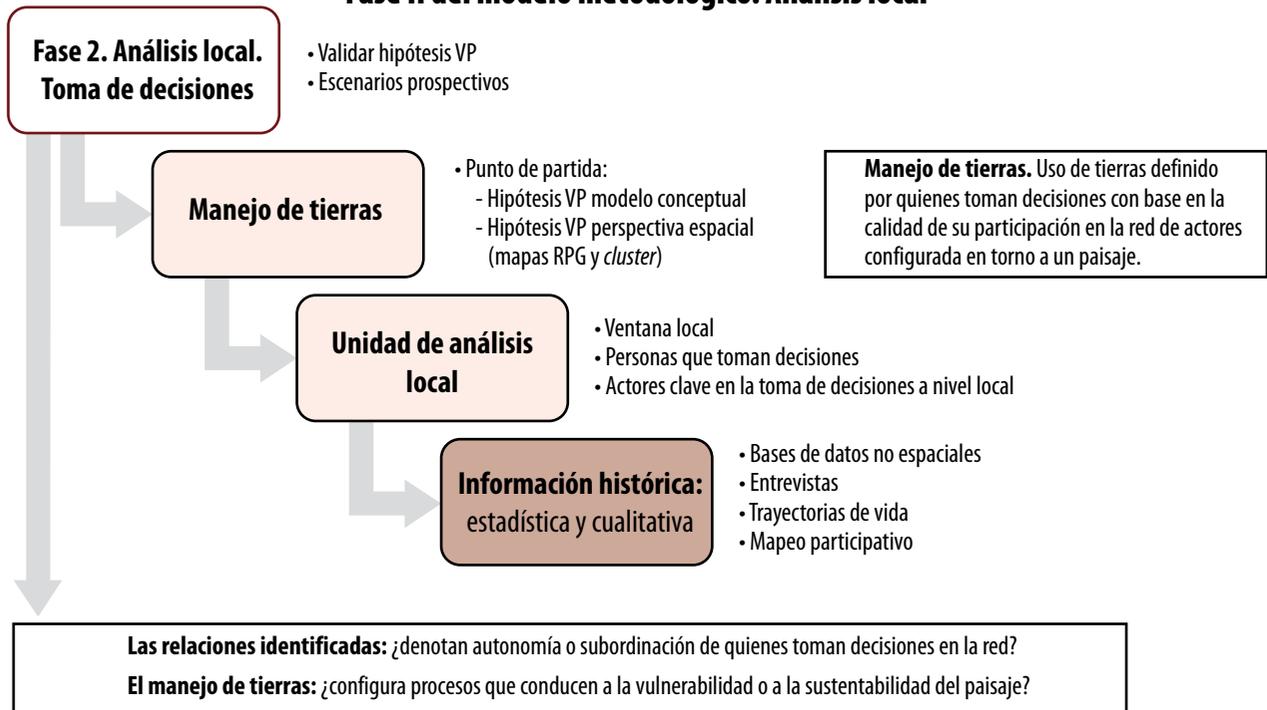
El primer objetivo específico fue validar las hipótesis sobre VP, construidas con base en el análisis estatal para ser probadas en la ventana local seleccionada. Con ello, se buscó identificar los procesos de índole social, económica y ambiental que contextualizan, y eventualmente explican, la toma de decisiones respecto al manejo de tierras.

El segundo objetivo fue generar mapas prospectivos con la probabilidad de que ocurra la pérdida de cubiertas naturales o la deforestación en la ventana local, calculada con base en el modelo obtenido en la Fase I (ver figura 3). El punto de partida fueron las hipótesis derivadas de los mapas de correlación, pero también la hipótesis teórica que planteó que, en el marco de la geografía de las diferencias y de la injusticia espacial, la transición de un escenario de VP a uno de SP depende de la gobernanza, es decir, de la capacidad de los actores locales para tomar decisiones que incidan en el desarrollo sistémico del paisaje que habitan, sobre bases de una mayor equidad social y ambiental. La ventana local, como unidad de análisis en esta fase, fue delimitada por tipo de propiedad, demarcación política o administrativa (ver figura 4).

Aquí, el estudio se estructuró en torno a una pregunta inicial: ¿cuáles son los procesos que subyacentes a la toma de decisiones sobre el manejo de tierras?, más dos preguntas complementarias que fueron planteadas en el camino como resultado de una mayor profundización del GII en el tema de la VP: una se relaciona con la gobernanza (¿estas decisiones sobre el manejo de tierras denotan autonomía o subordinación entre quienes toman decisiones?) y la otra, con el impacto de esta concatenación de procesos sobre el paisaje (¿el manejo de tierras configura procesos que conducen a la VP o a la SP?), donde se reafirma la perspectiva de la vulnerabilidad como el resultado de un entramado de factores heterogéneos, y a veces contradictorios, que la hacen un fenómeno multidimensional, complejo, estructural e histórico.

Figura 4

Fase II del modelo metodológico. Análisis local



Para responder estas preguntas, se emplearon técnicas de análisis documental y cualitativo. Si bien el análisis espacial se limitó al periodo 2002-2011, en esta fase fue indispensable ampliar el periodo de referencia, pues al ser la VP resultado de un proceso histórico, no puede ser explicada localmente considerando solo el periodo de cambio. Por esta razón, en el estudio de caso de la ventana local se exploraron los procesos históricos que en este nivel han conducido las decisiones de los actores, generando información a través de entrevistas en profundidad y colectivas, trayectorias de vida, mapeos participativos, recorridos de campo y recurriendo de manera complementaria a la información documental disponible: historia de la región, manejo del agua, impacto de políticas de infraestructura hidráulica y asistencia sobre el ecosistema, información climática, estadísticas demográficas y productivas.

Principales resultados

Las hipótesis derivadas de la Fase I se expresaron de distinta forma en cada entidad según las variables analizadas pero, en síntesis, coincidieron en que los efectos de los grandes *estresores* sistémicos se manifiestan localmente, además de la evidente disminución de cubiertas naturales, en la creciente dependencia alimentaria y la pérdida de biodiversidad.

En el ejercicio de profundización para Sonora, el estudio local atendió el caso de familias ganaderas de la comunidad de Pueblo de Álamos, municipio de Ures (ver figura 1a), donde la especialización en la cría de becerros para la exportación, fomentada a través de política pública desde la década de los 60, se tradujo en pérdida de diversidad biológica por la expansión de los

pastizales inducidos y de la diversidad productiva como resultado de un cambio en el patrón de cultivo que privilegia la producción forrajera sobre los cultivos básicos. De acuerdo con datos del INEGI, entre el 2002 y 2011 se han perdido 400 hectáreas de bosque de encino y se han ganado 800 de pastizales. Este proceso de construcción de VP en la comunidad ha sido acompañado por desecación de cuerpos de agua y pérdida de la calidad de suelos —35.8% de su área presenta algún grado de erosión (SEMARNAT, 2004)—, aumento de temperatura (1 grado centígrado en promedio) y disminución de las precipitaciones (10%), según registros de los últimos 45 años (estimaciones con base en datos de la Comisión Nacional del Agua en Sonora); todo agravado por un fuerte proceso de expulsión de población —únicamente entre 1990 y el 2010, la población de la comunidad se redujo 30%— y de dependencia alimentaria porque en la actualidad solo se cultivan forrajes.

En Chiapas, el estudio local en Marqués de Comillas (ver figura 1b) documenta cómo la fuerte demanda de ganado vacuno y de palma africana para la producción de aceite ha promovido el CCUS y la transformación del paisaje, de uno caracterizado por la producción de cultivos básicos, como el maíz y el frijol, a otro dominado por las tendencias del mercado internacional. Según datos del SIAP, la superficie sembrada (SS) de palma entre el 2003 y 2014 se ha multiplicado 2.6 veces en la entidad, mientras que la de maíz disminuyó de 36.1 a 32.3% respecto al total. En Marqués de Comillas, la SS de palma se multiplicó casi seis veces solo entre el 2007 y 2014, a diferencia del maíz que se redujo de 77.3 a 52.3% de la SS total del municipio entre el 2003 y 2014. En el caso de la ganadería extensiva, la demanda se centra en los becerros al destete y novillos que son llevados al norte del país; los intermediarios regulan la producción quedándose con los mejores márgenes de ganancia. Los procesos de CCUS no se compensan con oportunidades de empleo porque se acompañan de un fenómeno migratorio hacia regiones turísticas y de alta demanda laboral, como las agroexportadoras de Sonora y Michoacán de Ocampo; en el 2010, 3.3% de los habitantes de Sonora nacidos en otra entidad fueron originarios de Chiapas. En términos ambientales, coinciden en la reducción de sus recursos hídricos y la degradación de suelos —99.1% de la superficie del municipio presenta algún tipo de degradación (SEMARNAT, 2004)—, mayor incidencia de plagas y enfermedades, además de la evidente pérdida de sus bosques remanentes (20.1% del 2002 al 2011), lo que incluso provoca conflictos entre ejidatarios por la tala ilegal.

En Michoacán de Ocampo, la ventana local se ubicó en el municipio de Taretan (ver figura 1c), donde la dinámica de los CCUS es directamente estimulada (al menos en los últimos 15 años) por el fomento de actividades agrícolas de exportación. Entre 1980 y el 2014, el maíz redujo su participación en el total de la SS del estado de 50.5 a 42.6% y la dedicada al cultivo de frijol, de 4.4 a 0.5%, mientras que la suma de la SS de aguacate, guayaba y zarzamora aumentó de 3.3% en 1980 a 12.8% en el 2014 (SIAP). Igual que en los casos anteriores, los cultivos para el autoconsumo o el mercado local son sustituidos por los de alta demanda en el mercado internacional. En Taretan, ello se manifestó en el desplazamiento del cultivo de caña a tierras menos aptas, disminuyendo su participación en la SS de 35.6 a 27.5% entre el 2003 y 2014. En ese periodo, la SS de aguacate, guayaba y zarzamora se incrementó de 4 a 22%; la región se caracteriza por atraer población migrante, en particular chiapaneca, para los cultivos en expansión. A través de diversos programas de apoyo, las políticas públicas limitan la gobernanza

local en las comunidades mediante mecanismos de presión por acceso a los recursos públicos que promueven el CCUS hacia los cultivos de exportación.

En Guanajuato, el estudio local se realizó en el área natural protegida (ANP) de los cerros El Culiacán y La Gavia (ver figura 1d). Por su cercanía a la ciudad de Celaya (con alto dinamismo urbano e industrial), recibe una fuerte presión por la sobreexplotación y contaminación de sus acuíferos. En los límites del ANP, la zona urbana crece sobre superficies agrícolas; la SS en la región se redujo 8.5% entre el 2003 y 2014, definiendo un proceso opuesto a lo que sucede en las otras regiones de estudio. Al mismo tiempo, el cambio de patrón de cultivos hacia productos de exportación incrementa la presión hídrica y sobre los suelos; 100% de las tierras que colindan con ambos cerros presenta algún tipo de degradación por reducción de la fertilidad. Estos procesos configuran un escenario de VP, en particular en el ámbito alimentario.

Escenario prospectivo

Su modelo contribuyó a generar escenarios futuros basados en la organización de los procesos locales observados en el periodo. El ejercicio se realizó con un modelo lineal generalizado (GLM, por sus siglas en inglés) ajustado para el *cluster* donde se ubicó la ventana local.

El ajuste se realizó con base en la revisión de diferentes combinaciones de variables, considerando como criterio de decisión estadístico la devianza (D^2), que constituye una medida aproximada sobre cuánto de la variabilidad de la variable dependiente es explicada por el modelo y el criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés) que evalúa el ajuste del modelo a los datos.

La selección de las variables tuvo como base los resultados del análisis local, pero también se consideraron los resultados de los SAEL y, en algunos casos, se integraron variables eliminadas en el análisis estatal, que en la fase de profundización destacaron como factores explicativos relevantes en la toma de decisiones sobre el manejo de tierras.

Los resultados del análisis prospectivo se interpretaron dividiendo los valores de probabilidad obtenidos en cinco clases de igual frecuencia, considerando que las AGEB agrupadas en los dos cuantiles de mayor probabilidad de ocurrencia de la deforestación plantean un escenario pesimista o bien vulnerable para el futuro de los paisajes que ahí se configuran. Los resultados mostraron en Sonora que 48.7% del área del *cluster* tendría una probabilidad mayor de ser deforestada con base en las condiciones de VP caracterizadas en el periodo de estudio; en Chiapas, 36.9%; 33.4%, en Michoacán de Ocampo; y 31.9%, en Guanajuato.

Reflexiones finales sobre el modelo metodológico

El desarrollo de la presente propuesta implicó varios retos conceptuales, técnicos, metodológicos y, sobre todo, de diálogo disciplinario para las(los) involucradas(os): GII, colaboradores externos, asistentes a los SAEL y estudiantes del proyecto.

El trabajo entre pares disciplinarios puede ser complicado por la diversidad de enfoques para abordar un problema de investigación dentro de una misma disciplina pero, al menos, se tiene la ventaja de compartir un lenguaje conceptual. Para el GII, establecer un diálogo interno representó el primer desafío; los lenguajes eran distintos, fueron necesarias múltiples sesiones para construir uno que permitiera avanzar en los objetivos pero, incluso, al final persistieron algunas diferencias sobre el abordaje conceptual, lo cual es razonable porque la interdisciplina es un proyecto de largo alcance.

Así como el GII (integrado por dos biólogos, un ingeniero forestal, una geógrafa, una economista, y una socióloga rural), los conceptos básicos que se aplicaron en el proyecto fueron de naturaleza híbrida: el CCUS, que integra la representación espacial de procesos físicos y sociales; la vulnerabilidad, que en sus múltiples aristas involucra siempre los efectos de fenómenos naturales y sociales en su construcción; y el paisaje, que idealmente requiere de un abordaje monista, como señalan Urquijo y Barrera (2009).

La primera tarea consistió en construir un modelo conceptual acorde con una visión multidisciplinaria y multiescalar. De entrada, se enfrentaron dos vacíos conceptuales que, desde la perspectiva de las ciencias sociales, debían ser cubiertos: el enfoque espacial no consideraba una perspectiva histórica-estructural ni la influencia de las relaciones de poder —implícitas en la discusión de la gobernanza— en la construcción de la vulnerabilidad. Por esta razón, el GII decidió alejarse de las visiones tradicionales como la propuesta por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), centrada en la capacidad de respuesta del componente humano ante amenazas físicas y no en la concatenación de procesos, de índole antropogénica, que lleva a un grupo humano a ser susceptible de la afectación de los fenómenos naturales y a carecer de estrategias o capacidad para enfrentarse a éstos. Así, el concepto de referencia para el modelo metodológico fue uno que principalmente destacaba la vulnerabilidad como resultado de procesos, una construcción histórica y estructural, pero que también involucra la capacidad de respuesta local. Sin embargo, la complejidad conceptual en la que se sostiene el modelo contrastó con la dificultad para traducirlo en una propuesta que incorporase la dimensión geoestadística, en virtud de la carencia de insumos, como se expone más adelante, por lo que el resultado de este proyecto constituye un primer acercamiento metodológico que da cuenta de estas dificultades.

Una segunda tarea se sintetiza en la figura 3, que consistió básicamente en representar de forma espacial tanto los *estresores* ambientales derivados del CC como los socioeconómicos originados de los procesos de globalización con variables que pudieran usarse en la construcción de modelos de VP.

En la *Fase I. Análisis estatal*, la variable de respuesta o dependiente fue representada en los modelos por la tasa de deforestación o las pérdidas de cubiertas porque, conceptualmente, se consideró que el CCUS registra las respuestas espaciales de quienes toman decisiones ante los grandes *estresores* sistémicos. Sin embargo, en esta fase, los modelos construidos para estimar la VP presentan un gran vacío de información acerca de la capacidad de gobernanza de quienes toman decisiones. No fue posible integrar indicadores de participación ciudadana, cohesión social (incluyendo movilidad de la población), capacidad de gestión local o acceso a la oferta gubernamental, la principal razón es la carencia de bases de datos sobre estos temas a escala

detallada. El Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 trata de captar ciertos atributos relacionados con la gobernanza, como la participación de los productores en diversos tipos de organizaciones, sin embargo, la información generada no tiene continuidad de un censo a otro y no todos los reactivos aplicados en los cuestionarios están disponibles para consulta. En particular, la generación de indicadores de gobernanza a escalas detalladas, como las AGEB, representa un gran reto para el INEGI y sería una gran aportación a la construcción de sociedades más ciudadanizadas y entornos sionaturales más sustentables.

Los resultados de la Fase I, que consistieron sobre todo en los mapas de correlación RPG entre las variables que resultaron significativas y las pérdidas de cubiertas o la deforestación, fueron útiles para generar hipótesis sobre las relaciones entre los patrones de cambio en el nivel de cada entidad y las variables, que luego se probaron en cada ventana local para entender su dinámica a profundidad. En la *Fase II. Análisis local* fue posible llenar algunos vacíos de información sobre gobernanza a través de entrevistas, recorridos de campo con informantes claves y, eventualmente, con mapeos participativos. Así fue posible obtener detalles acerca de las manifestaciones locales de las relaciones espaciales identificadas en la escala estatal.

Por último, el desarrollo de los estudios estatales mostró, en distintos grados, la fortaleza de establecer hipótesis espaciales y profundizar en las explicaciones en el nivel local, a partir de técnicas de orden cualitativo. En la estrategia metodológica, merece particular atención la importancia de los SAEL que constituyeron un *parteaguas* y punto de referencia para el trabajo del GII. Una tarea pendiente es regresar a las comunidades participantes algunos productos —como mapas de cambio detallados y mapeos de usos de suelo—, útiles para propiciar una toma de decisiones informada, así como realizar talleres de reflexión sobre una de las principales conclusiones de los estudios de caso, común en las cuatro entidades: la creciente dependencia alimentaria y deterioro de tierras configurada en la actual estrategia de manejo dominada por las tendencias del mercado internacional y la política pública. En particular, este cierre pendiente de las actividades del GII con la población de las ventanas locales constituye el eje esencial de cualquier proyecto que se proponga incidir en la relación entre el grupo social y su medio; ningún esfuerzo en este sentido está completo hasta regresar la información generada a los actores locales para orientar sus decisiones y fortalecer su capacidad de gobernanza.

Fuentes

- Alwang, Jeffrey, Paul B. Siegel y Steen L. Jørgensen. *Vulnerability: A View From Different Disciplines*, Social Protection Discussion Paper Series, Social Protection Unit, Human Development Network, The World Bank, 2001, 60 pp. (DE) <http://documents.worldbank.org/curated/en/636921468765021121/pdf/multi0page.pdf>, consultado el 24 de abril de 2017.
- Beck, Ulrich. *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Editorial Paidós, Barcelona, Buenos Aires, México, 2002.
- Di Palma, F., F. Amato, G. Nolè, F. Martellozzo y B. Murgante. "A SMAP Supervised Classification of Landsat Images for Urban Sprawl Evaluation", en: *International Journal of Geo-information*. (5) 109, 2016, pp. 1-19.
- García-Mora, T. J. y J. Mas. "Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México", en: *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. México, UNAM, 2008, pp. 7-19.
- Gereffi, Gary, J. Humphrey y T. Sturgeon. "The governance of global value chains", en: *Review of International Political Economy*. 12 (1), 2005, pp. 78-104.
- Harvey, David. *Diecisiete contradicciones y el fin del capitalismo*. Instituto de Altos Estudios de Ecuador, Quito, 2014, pp. 149-164.

- Huang, C., S. N. Goward, J. G. Masek, N. Thomas, Z. Zhu, y J. E. Vogelmann. "An Automated Approach for Reconstructing Recent Forest disturbance History Using Dense Landsat Time Series Data", en: *Remote Sensing of Environment*. (114), 2010, pp. 183-198.
- INEGI. *XII Censo de Población y Vivienda 2000*. 2001 (DE) <http://www.inegi.org.mx>, consultado el 20 de febrero de 2015.
- _____. *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007*. 2010 (DE) <http://www.inegi.org.mx>, consultado el 28 de octubre de 2016.
- _____. *Compendio de criterios y especificaciones técnicas para la generación de datos e información de carácter fundamental. Marco Geoestadístico Nacional*. 2010b (DE) http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/16-%20marco_geoestadistico_nacional.pdf, consultado el 19 de febrero de 2017.
- _____. *Censo de Población y Vivienda 2010. Resultados definitivos*. 2011 (DE) <http://www.inegi.org.mx>, consultado el 20 de febrero de 2015.
- IPCC. "Resumen para responsables de políticas", en, *Cambio climático 2007: impactos y vulnerabilidad*. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden y C. E. Hanson (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 2007, 12 pp.
- _____. *Cambio climático 2013. Base de ciencia física*. WGI, Technical Support Unit, WMO, UNEP, University of Bern, Suiza, 2013, 2 pp. (DE) http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_wg1_headlines_es.pdf, consultado el 1 de abril de 2017.
- Mas, J. F., R. González, R. Lemoine-Rodríguez, J. López-Sánchez, A. Piña-Garduño y E. Herrera-Flores. "Actualizaciones sucesivas de mapas de cubierta del suelo combinando segmentación de imágenes e interpretación visual", en: *Memoria en extenso SELPER-XXI*. México, UACJ, Ciudad Juárez, Chihuahua, 2015.
- Naredo, J. M. "Ideología político-económica dominante y claves para un nuevo paradigma", en: *Revista de Economía Crítica*. (16), 2013, pp. 108-143.
- SEMARNAT. *Degradación del suelo en la República Mexicana. Escala 1:250 000*. 2004 (DE) http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/degra250kgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no, consultado el 12 de febrero de 2017.
- Soja, E. W. *Seeking Spatial Justice*. University of Minnesota Press, 2010, 256 pp.
- Toledo, Víctor, Moguel Patricia. "Ecología, geografía y reproducción rural: el problema de conceptualización de la Naturaleza", en: *Relaciones*. 50, Vol. XII, 1992, pp. 7-22.
- Urquijo, P. S. y N. Barrera. "Historia y paisaje. Explorando un concepto geográfico monista", en: *Andamios*. (5) 10, 2009, pp. 227-252.
- Wilson, G. "Multifunctional 'quality' and rural community resilience", en: *Transactions of the Institute of British Geographers, Journal compilations of Royal Geographical Society*. NS 35 364-381, 2010, pp. 364-281.