

## La escala geográfica como concepto integrador en la comprensión de problemas socio-ambientales

Recibido: 4 de marzo de 2015. Aceptado en versión final: 30 de junio de 2015.

Naxhelli Ruiz Rivera\*

Leopoldo Galicia \*\*

**Resumen.** El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento del concepto de escala para la comprensión geográfica e integral de los problemas de socio-ambientales en México. Este objetivo se lleva a cabo mediante la comparación de las dimensiones escalares de las políticas territoriales de adaptación al cambio climático y del cambio de uso de suelo, dos procesos socio-ambientales que representan dos vertientes diferentes de análisis geográfico. El trabajo presenta los principales elementos que se han debatido en los últimos años en la literatura anglosajona sobre el concepto de escala, así como los diferentes elementos y dimensiones que lo componen: la extensión, la resolución, el nivel, la jerarquía, el problema de la unidad de área modificable y las falacias espaciales. Al aplicar dichos principios a la comparación entre dos problemas geográficos de naturaleza epistemológica diferente, se pone de manifiesto la importan-

cia que tiene este concepto para el pensamiento geográfico y la necesidad de generar reflexiones sistemáticas en este sentido para la geografía que se produce en lengua española. Para la política de cambio climático, los resultados sugieren que la falta de integración conceptual y programática entre las políticas de los diferentes niveles, así como la relación concurrente entre ellas, genera un problema para producir resultados efectivos de adaptación. En relación con el cambio de uso del suelo, la visión escalar revela que las directas (próximas) e indirectas (subyacentes) operan en múltiples jerarquías; asimismo, sus consecuencias biofísicas, sociales y económicas se manifiestan en diferentes escalas de espacio y tiempo.

**Palabras clave:** Escala geográfica, jerarquía, adaptación, política de cambio climático y cambio de uso de suelo.

## Geographical scale as integrative concept for understanding socio-environmental problems

**Abstract.** The aim of this paper is to contribute to the knowledge of the concept of scale for an integrated geographical understanding of socio-environmental problems in Mexico. This objective is accomplished by comparing the

same scalar dimensions of two different problems: the first one is adaptation to climate change policies in Mexico, and the second is deforestation. This paper presents the main elements that have been discussed in recent years in the An-

\* Departamento de Geografía Social, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, México, D. F. E-mail: [nruiz@igg.unam.mx](mailto:nruiz@igg.unam.mx)

\*\* Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, México, D. F. E-mail: [lgalicia@igg.unam.mx](mailto:lgalicia@igg.unam.mx)

Cómo citar:

Ruiz R., N. y L. Galicia S. (2016), "La escala geográfica como concepto integrador en la comprensión de problemas socio-ambientales", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 89, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 137-153, [dx.doi.org/10.14350/rig.47515](http://dx.doi.org/10.14350/rig.47515)

glo literature on the concept of scale, particularly the extent, resolution, level, hierarchy, the problem of modifiable area unit and spatial fallacies. The properties of geographical concepts emerge and can be observed according to the combination of scalar elements. The most fundamental scalar principles discussed in the field refer to identify the combination of elements in which it is possible to observe each geographical phenomena's variability, characteristics and properties. One of the most relevant problems of the scalar thinking refers to the Modifiable Areal Unit Problem (MAUP), which stems from the data aggregation; the relevant values represented for each spatial unit relate to each other in different ways according to how they organized within a hierarchical structure. Data aggregation affects how the variability and heterogeneity of a phenomenon can be observed, given that the change of scale may show or hide specific properties of the dataset in a change of resolution. This problem is relevant for the inferences that stem from the data, given that individualistic or ecological fallacies may emerge if the dataset characteristics are not correctly interpreted in terms of representation, similarity or heterogeneity.

Applying these principles to the comparison between two different geographical problems of different epistemological nature, we show the importance of this concept for the geographical thought; the comparison highlights the need to generate systematic reflections in this regard for the Geography produced in Spanish language.

Regarding the socio-environmental problems addressed, the climate change adaptation policies in Mexico show a lack of conceptual and programmatic integration in different levels; the lack of an adequate concurrent relationship between them creates a problem to generate effective results for adaptation. We identify three policy levels (global, na-

tional and local), in which we briefly examine the relevant policy instrument and actor(s) that negotiate, design and/or implement it in each level. For the international level we briefly present the role of the Mexican government on the negotiation and adoption of the Kyoto Protocol principles and goals; for the national level, we examine the approach and jurisdiction of the Special Program of Climate Change and the related juridical field; for the local level, we discuss the Municipal Climate Action Programmes, their design and scope, as well as the lack density that has prevented these instrument to influence other policy levels. This section discusses the hierarchies between these levels, the extension (jurisdiction) under which each of them are relevant and the importance of each scalar level for visualizing the main characteristics of the different adaptation policies.

Regarding deforestation and land use change, the scale analysis reveals that might be direct (proximate) and indirect (underlying) and operate on multiple levels; also, its consequences are manifested in different scales of space and time. The spatial heterogeneity of land use change reveals the combination of biophysical and social, economic and political conditions, so the deforestation rate and causes change with observation scale. The implication of scale is that important land use processes could remain undetected, thus not monitored by traditional tools and aggregated land use categories typically applied. On the other hand, the choice of the time scale could undetect economic or social processes that change from year to year, which obscure the underlying causes of deforestation. It is therefore necessary to see change in land use with a view hierarchies.

**Key words:** Geographical scale, adaptation, climate change policy, land use change and deforestation.

## INTRODUCCIÓN

La escala es un concepto ampliamente utilizado en diversas disciplinas para referirse a las cualidades y extensión geográfica de los objetos de estudio, así como para precisar algunos factores metodológicos de la investigación científica, particularmente en relación con los procesos de muestreo e inferencia. Esto se deriva de que las propiedades de los objetos geográficos emergen o se visualizan de forma diferente de acuerdo con el nivel en el que el geógrafo lo define; cada objeto de estudio requiere que se defina en qué escala es posible observar su mayor variabilidad y entender mejor sus características y propiedades (McMaster y Sheppard, 2004:5). La utilización de una escala específica está determinada por las características del fenómeno, es decir, por una dimensión espacio-temporal del propio fenómeno. En algunos casos, el nivel y extensión de la

observación son escogidos deliberadamente para entender aspectos clave de los sistemas biofísicos o socio-políticos; sin embargo, frecuentemente son impuestos por las capacidades de percepción o por restricciones logísticas y tecnológicas, lo cual incide en la comprensión del fenómeno escogido.

En otros casos, la escala se define más como una herramienta metodológica que como una dimensión preestablecida (Reboratti, 2001; Gibson *et al.*, 2000; Sayre, 2005); por lo tanto, la escala es definida como un atributo de la observación científica del objeto, más que como una dimensión intrínseca al objeto observado. Por ejemplo, en el estudio de los patrones en los sistemas naturales se ha identificado que algunos mecanismos causales 'operan' en niveles diferentes de aquéllos en los que se 'observan' los patrones. O en otro sentido, los patrones observados en escalas cartográficas pequeñas no necesariamente están contenidos en

los patrones de escalas cartográficas grandes; es decir, en términos de jerarquía, los procesos que prevalecen y determinan los patrones en escalas pequeñas no necesariamente pueden ser inferidos a partir de los que prevalecen en escalas grandes y viceversa (Levin, 1992; Gibson *et al.*, 2000). Por ello, es clave entender cómo los fenómenos se generan y/o expresan de forma diferente de acuerdo con la escala; para determinar cómo y por qué cierta información es preservada y otra se pierde conforme el investigador se mueve de una escala a otra. En ese tenor, los objetivos de esta investigación son: *a)* reflexionar sobre el concepto de escala y sus componentes, y *b)* ejemplificar dos problemas ambientales que requieren del análisis integrado de diferentes escalas temporales y espaciales. La información de los dos casos de estudio nos permitirá entender el valor y las implicaciones del concepto de escala en la solución de problemas ambientales en México.

A partir de lo expresado anteriormente, es posible identificar que la escala es tanto una cuestión metodológica inherente de observación científica, como una característica objetiva de interacciones complejas dentro y entre los procesos sociales y naturales. A la primera, se le identifica como el ‘momento epistemológico’, porque refiere a la forma como la escala forma parte de la construcción del conocimiento. A la segunda, se le llama el ‘momento ontológico’, porque se refiere a los elementos intrínsecos propios de los fenómenos tanto sociales como biofísicos (Sayre, 2005:278). Así pues, la escala geográfica se refiere a “las dimensiones espaciales, temporales, cuantitativas o analíticas usadas para medir y estudiar cualquier fenómeno” (Gibson, *et al.*, 2000:218).

Una de las características más relevantes de la escala es que se compone de diversos elementos; entre ellos se encuentra la resolución, la extensión, el nivel y la jerarquía, los cuales se explicarán detalladamente en la segunda sección de este trabajo. Estos elementos se combinan para mostrar las ‘propiedades emergentes’ de los fenómenos. Con propiedad emergente nos referimos a aquellos procesos que van ‘más allá de la suma de sus partes’, es decir, que no se observan científicamente a través de los elementos por separado o en un nivel

inadecuado de su jerarquía escalar. Por ejemplo, el cambio climático no puede observarse a partir de los registros climáticos de una sola región o por un periodo corto de tiempo; tampoco es posible comprender procesos como la transición demográfica estudiando las características de la población de un solo municipio. Cambio climático y transición demográfica son ejemplos de estas ‘propiedades emergentes’ que requieren ser observados en una escala espacial que se construya con amplias extensiones (varios países) y con una resolución alta (a partir de registros climáticos en un caso, y datos sociodemográficos en el otro). Si nuestra mirada no se posiciona correctamente no podremos observar estas propiedades emergentes; de ahí la importancia de la escala para explicarnos correctamente un fenómeno geográfico. Precisamente porque las propiedades de los objetos geográficos emergen o se visualizan de forma diferente de acuerdo con la combinación de elementos escalares, cada objeto de estudio requiere que se defina en qué escala es posible observar su variabilidad y entender sus características y propiedades (McMaster y Sheppard, 2004:5).

Para entender los problemas de cambio ambiental es necesario reconocer que éstos están conformados por fenómenos que se manifiestan en niveles globales y otros en niveles locales de manera simultánea. Los fenómenos globales son experimentados con relativa uniformidad en todo el mundo como el incremento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O en la atmósfera o la pérdida de biodiversidad. Los fenómenos locales o regionales son experimentados de diferente manera en diferentes lugares del mundo pero con alta frecuencia espacial como son el cambio de uso de suelo, la contaminación y la erosión de suelos. Es decir, que muchos fenómenos de cambio ambiental se expresan a lo largo de un gradiente de escalas de lo global a lo local; de esta manera, fenómenos que ocurren a escalas espaciales pequeñas se suman e interactúan entre sí de forma que se convierten en un fenómeno diferente si son estudiados desde la perspectiva de una escala mayor. La reflexión escalar requiere la problematización de las representaciones científicas de los fenómenos en espacio y tiempo, tanto como la comprensión de sus características intrínsecas.

Por otra parte, la dimensión del tiempo está inextricablemente entrelazada con la dimensión del espacio. Sin embargo, nuestra capacidad de ampliar el conocimiento sobre los problemas de importancia regional y mundial a partir de muestras de *N* pequeña, casos de estudio, o de fenómenos de extensión reducida y alta resolución, no está bien desarrollada. Por lo tanto, el desarrollo de nuestra base de conocimientos para evaluar de manera adecuada los problemas ambientales depende directamente de nuestra capacidad de construir una reflexión escalar; muchos fenómenos geográficos no pueden ser estudiados a partir de un re-escalamiento simple de las variables medidas a escala local a grandes áreas y largo tiempo (Schneider, 2001), dado que eso implicaría diferentes tipos de falacias geográficas.

Asimismo, el entendimiento y las soluciones a los problemas ambientales no pueden observarse a partir de los fenómenos puramente biofísicos, sino que necesita la integración de procesos sociales, económicos, políticos e institucionales que también precisan ser observados en su propia escala espacial. La interfaz entre estos dos tipos de fenómenos requiere una precisión aún mayor con respecto a los elementos escalares que los componen y la interacción entre ellos.

El artículo consta de cuatro partes principales. En la primera se presenta un recuento de los elementos epistemológicos y ontológicos del concepto de escala, con el objeto de explicitar los componentes analíticos de este término y los alcances de su utilización. En segundo término, se presentan dos ejemplos de objetos de estudio, dos ámbitos diferentes de la geografía analizados a partir de dichos principios escalares: en primer término, la política de adaptación al cambio climático; y en segundo lugar, la deforestación y cambio de uso de suelo. En la tercera parte se presenta una discusión de los aportes y limitaciones de la visión escalar para el conocimiento de problemas socio-ambientales, tanto desde la geografía física como desde la geografía social. La sección final presenta las principales conclusiones y hallazgos de la investigación.

## ELEMENTOS EPISTEMOLÓGICOS Y ONTOLÓGICOS DEL CONCEPTO DE ESCALA

Con base en la discusión elaborada previamente, en esta sección se revisaron los principales componentes que se discuten en la literatura geográfica y ecológica anglosajona, para elaborar una visión escalar de un determinado problema y optimizar tanto su observación como su interpretación geográfica. Dichos elementos son: *a)* la extensión, la resolución y el nivel, que se refieren a las magnitudes de los fenómenos y su categorización, *b)* la jerarquía y la dependencia escalar de un fenómeno, que tiene que ver con identificar las propiedades específicas de dicho fenómeno en un nivel específico, y cómo se diferencia respecto a otros niveles en que éste se manifiesta, y *c)* el problema de la unidad de área modificable, el cual se asocia al tipo de agregación de los datos, sea por tamaño o por la forma de la agregación; este último se asocia directamente a los tipos de falacias espaciales, que son importantes para definir los alcances de las inferencias que se hacen a través de los datos.

### La extensión, la resolución y el nivel

La extensión y la resolución son los dos elementos básicos para la expresión escalar de un fenómeno. La resolución espacial se refiere al granulado de los datos, mientras que la extensión se refiere a la dimensión o tamaño del área de estudio (McMaster y Sheppard, 2004:5). La resolución representa la unidad de observación más pequeña y depende de la variable con la que se observe un determinado fenómeno; “es la unidad de medida por debajo de la cual no hay una mayor heterogeneidad, o la que existe no es de interés” (Manson, 2008:778). La extensión es la magnitud y el límite del área discreta que es relevante al estudio de un fenómeno. Muchas veces, el término ‘escala’ se confunde con la ‘extensión’ (Atkinson y Tate, 2000:607-608), lo cual ha generado confusión incluso dentro de la geografía. Para evitarlo, Atkinson y Tate (2000:610) y Lloyd, (2014:11) distinguen ambos términos, y definen la ‘extensión’ la medida que define la cobertura espacial de la muestra de casos para el fenómeno de interés. Mientras tanto, el

nivel se refiere al “lugar (*locus*) de observación u organización” (Sayre, 2005:282). Nivel se refiere a una categoría que usa el observador geográfico para ubicar y clasificar un fenómeno dentro de una jerarquía (cuerpo, barrio, paisaje, región, nación), (Neumann, 2009:399), y que, por lo tanto, puede ser arbitrario y significar distintas cosas en diferentes contextos. ‘Nivel’ en ese sentido, es más una categoría que un referente empírico. Estos tres elementos básicos (resolución, extensión y nivel) dan lugar a problemas más complejos del pensamiento escalar (jerarquías, agregaciones y falacias).

### **Jerarquía y dependencia escalar**

Uno de los componentes más debatidos dentro del estudio de las escalas geográficas es la jerarquía. La jerarquía se refiere a “un sistema de agrupación de objetos o procesos (conceptual o causalmente ligados) en una escala analítica” (Gibson *et al.*, 2000:218). Es decir, jerarquía se refiere a un mecanismo clasificatorio de objetos a partir de las propiedades emergentes que poseen, y que resulta en criterios de agregación o vinculación entre ellos. La noción de jerarquía es discutida porque desde algunas perspectivas geográficas, particularmente las constructivistas, ‘jerarquía’ se considera como una de las metáforas científicas dominantes que, sin embargo, simplifica y a veces no problematiza lo suficiente los supuestos con los cuales se extrapolan de un nivel a otro las propiedades de los elementos geográficos (McMaster y Sheppard, 2004:13).

A pesar de este punto de vista, los argumentos contenidos en estos debates no han impedido que el componente jerárquico sea relevante para construir tanto los puntos de observación como los de interpretación de los fenómenos geográficos. La jerarquía, al comprenderse como una relación entre ellos que organiza su observación e interpretación, es un elemento epistemológico muy poderoso; ello, siempre y cuando se tome en cuenta que existen diferentes tipos de relaciones jerárquicas. Gibson *et al.* (2000:218) diferencian las jerarquías inclusivas de las exclusivas y las constitutivas. Las jerarquías inclusivas son aquellos “grupos de objetos clasificados en posiciones más bajas del sistema, son contenidas en los rangos más altos, como en el caso de las clasificaciones taxonómicas modernas”, y las

jerarquías exclusivas son los “grupos de objetos que se clasifican en posiciones más bajas no son contenidos en los rangos más altos, como en el caso de los rangos militares”. Las jerarquías constitutivas son “los grupos de objetos o procesos que se combinan en nuevas unidades, y que a su vez se combinan en otras nuevas unidades con sus propias funciones y propiedades emergentes”. La diferenciación de estos tres tipos de jerarquías es relevante para establecer de mejor manera los sistemas clasificatorios y las propiedades que en cada investigación se definen como las significativas para definir un determinado problema geográfico y clasificar la información disponible para interpretarlo.

Por otro lado, la jerarquía también permite identificar la llamada dependencia escalar (Atkinson y Tate, 2000:608), la cual se define como la “influencia sobre la magnitud observada de la variación espacial”. De acuerdo con estos autores, la dependencia escalar se refiere a la posibilidad de observar la heterogeneidad o irregularidad de las variables de un fenómeno desde una determinada posición, mientras que la misma variable tiene un comportamiento homogéneo o regular en otra. La variación del comportamiento de una variable en función del posicionamiento escalar del investigador, conocido en la literatura como “re-escalamiento” (Atkinson y Tate, 2000; Bulkeley, 2005; Mansfield, 2005), es extremadamente importante para la construcción de los objetos geográficos, ya que pone de manifiesto que un mismo fenómeno tiene distintas capas o dimensiones, cuya problematización es el centro de la tarea geográfica.

### **El Problema de la Unidad de Área Modificable (MAUP) y las falacias espaciales**

La unidad de área modificable es uno de los problemas más relevantes del pensamiento escalar. El MAUP (*Modifiable Areal Unit Problem*, por sus siglas en inglés) es un problema derivado de la resolución, particularmente de la agregación de los datos; es decir, del agrupamiento de los valores de éstos en relación con los distintos niveles de una jerarquía. También se refiere a cómo la agregación de datos afecta la capacidad de observación de la variabilidad y heterogeneidad de un fenómeno determinado. Este cambio de nivel puede mostrar u ocultar

propiedades del conjunto de datos respecto a la resolución original (Robinson, 1950:357). Cuando este agrupamiento genera inferencias erróneas sobre los casos a partir de los datos agregados, se conoce como falacia ecológica (Meentemeyer, 1989:168; Lloyd, 2014:33). Por ejemplo, no es posible hacer ninguna inferencia sobre el comportamiento en una resolución municipal a partir de datos agregados por entidad federativa, debido a que la presentación de la información homogeniza en una medida de tendencia central los valores de dicha variable, sin mostrar la variabilidad de ésta en unidades territoriales más pequeñas. Por el contrario, “cuando los resultados obtenidos mediante el análisis de datos a nivel individual se usan para hacer inferencias sobre fenómenos a nivel agregado” se incurre en la falacia individualista (Landman, 2003:53); ejemplo de ello es inferir el comportamiento de una variable para una entidad federativa a partir de la información disponible para un solo municipio.

La identificación de estas falacias es muy importante para comprender la generalizabilidad espacial de un conjunto de datos. Las posibilidades de interpolación o extrapolación de ciertas relaciones espaciales, así como la jerarquía entre distintos elementos de un sistema espacial pasan necesariamente por la comprensión de la representatividad, similitud y/o heterogeneidad de los fenómenos visibles en cada nivel y sus relaciones escalares.

En síntesis, la escala representa un conjunto de relaciones espaciales entre elementos organizados en diferentes tipos de relaciones jerárquicas, los cuales son observados a través de una extensión y una resolución específicas. La escala es el instrumento epistemológico para identificar, observar e interpretar las propiedades emergentes de los fenómenos a estudiar. Para una mayor comprensión de los alcances de la reflexión escalar, en el siguiente apartado se discuten dos aplicaciones de estos elementos en dos problemas socio-ambientales diferentes, uno de carácter socio-político (la política de adaptación al cambio climático), y otro de carácter biofísico (deforestación).

## LA APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE ESCALA Y SUS DISTINTOS COMPONENTES EN LA COMPRESIÓN DE PROBLEMAS SOCIO-AMBIENTALES

### La política de adaptación al cambio climático

El término ‘adaptación’ se ha desarrollado desde diversos ámbitos académicos y desde distintos antecedentes teóricos y epistemológicos que incluyen la antropología, la psicología, las ciencias ambientales y la geografía. Estas raíces múltiples le dan a este concepto una variedad de significados que deben ser revisados y discutidos para su comprensión, y sin duda para entender la escala en la cual cada una de las distintas acepciones del concepto de adaptación es relevante e imperativo. Esta sección revisa brevemente cómo se ha usado el concepto de adaptación en el campo de las políticas para atender el cambio climático desde distintas escalas y lo que cada una de ellas implica para su entendimiento y operalización. La perspectiva escalar nos ayudará a visualizar la resolución, la extensión, los problemas jerárquicos y los fenómenos emergentes que queremos entender.

### *La adaptación en los discursos dominantes del cambio climático*

Actualmente, diversos autores líderes en la conceptualización de la adaptación al cambio climático (Schipper y Burton, 2009; Handmer y Dovers, 2009; Adger *et al.*, 2009; Janssen y Ostrom, 2006) coinciden en señalar que el término adquiere una nueva relevancia política a partir del Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático en 1992. Sin embargo, estos mismos autores reconocen que aún es necesaria la consolidación de una teoría coherente de la adaptación, tarea que se proponen abordar a partir de la exploración de conceptos asociados como vulnerabilidad, resiliencia y sustentabilidad. En particular, es notable que una gran cantidad de literatura sobre el tema presenta un límite borroso entre resiliencia y adaptación.

Ante este problema, ¿qué requiere el concepto de adaptación para convertirse en un instrumento adecuado para planear políticas territoriales efectivas para enfrentar el cambio climático? Una de las posibles respuestas es que ese requerimiento implica

comprender la adaptación como un conjunto de procesos que se dan en un sistema en diferentes escalas, y que, por lo tanto, es necesario entenderlo desde los diferentes componentes de la escala. De entre los elementos revisados en el apartado anterior, este análisis se construye a partir de los siguientes componentes: resolución, extensión, jerarquía, agrupación y propiedades emergentes.

#### *El cambio climático como fenómeno multi-escalar*

Una de las dimensiones más visibles del cambio climático es la negociación entre países para generar lineamientos de mitigación y adaptación. El más conocido de los instrumentos hasta ahora elaborados es el Protocolo de Kyoto, establecido en 1997 con el objetivo de reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero a una meta específica por grupos de países (desarrollados y en desarrollo), (Bolin, 2007:148). Las metas y los avances científicos se discuten a partir de un organismo líder internacional, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por su siglas en inglés), establecido en 1988 y del cual forman parte 195 países. El IPCC publica informes globales de evaluación sobre el cambio climático, los cuales sintetizan el estado del arte sobre este tema en el ámbito científico, así como en términos de política internacional;<sup>1</sup> el quinto de estos reportes fue publicado en 2014.

Sin embargo, las negociaciones en el marco de los grupos de trabajo y las cumbres que se celebran anualmente durante el mes de diciembre en distintas sedes,<sup>2</sup> encarnan algunas de las tensiones más relevantes entre los países en términos de diferencias diplomáticas y relaciones comerciales, ya que

<sup>1</sup> Los Reportes de Evaluación del IPCC se dividen en tres grupos de trabajo. El primero se enfoca en los aspectos físicos del cambio climático; el segundo se centra en analizar la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos y naturales, y los procesos de adaptación; finalmente, el tercero estudia las opciones para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para mayor detalle consultar la página [http://www.ipcc.ch/working\\_groups/working\\_groups.shtml](http://www.ipcc.ch/working_groups/working_groups.shtml); último acceso: 19 de enero de 2015.

<sup>2</sup> Estas cumbres son llamadas Conference of the Parties (COP), y son los encuentros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

las metas que se establecen en estas negociaciones necesariamente afectan la distribución de recursos, las políticas energéticas y la organización de los mercados internos de los países participantes.

Dichas negociaciones parten de un principio innegable: “los países son desiguales en riqueza, poder relativo, conocimiento, habilidades de negociación, vulnerabilidad a desastres de origen hidrometeorológico, responsabilidad por el cambio climático y en esfuerzos para promover la limpieza de la atmósfera” (Roberts y Parks, 2006:8; Tudela, 2004). En ese sentido, las responsabilidades de cada país en la emisión de gases de efecto invernadero son diferentes a las consecuencias tanto catastróficas como positivas para las sociedades humanas de éstos en el sistema climático global. Hay una desigualdad evidente en la capacidad de los países para negociar y asumir los costos de la reducción de emisiones, y para diseñar estrategias globales que ayuden a los países con mayores niveles de exposición a amenazas hidrometeorológicas a generar políticas efectivas de adaptación.

En el examen escalar, el cambio en la relación entre elementos hace visibles otras dimensiones de la adaptación al cambio climático. Cuando el nivel de la observación cambia de las negociaciones internacionales a la política nacional del cambio climático para el caso mexicano, otras dimensiones de la adaptación emergen. En el caso de México, este cambio en el nivel de observación permite comprender cómo se ha re-organizado el gobierno federal en los distintos sectores, cuáles son las estrategias que el país propone en su legislación (Ley General de Cambio Climático) y en los programas nacionales (Programa Nacional de Cambio Climático) o la capacidad de ejecución de los compromisos internacionales suscritos por el país; por ejemplo, la Contribución Nacional Prevista Determinada (*Intended Nationally Determined Contribution*) que define el nivel de reducción de emisiones comprometida. En este nivel también es posible ver cuáles son los discursos legítimos y los conocimientos en los que se fundamentan las acciones generales emprendidas en este campo.

En el caso de México, en 2005 se crea la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC),

junto con la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto en el país (Álvarez, 2011:341). Esta comisión coordina diversas acciones que se articulan en un Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC), un arreglo institucional en el que se definen las acciones de diferentes agentes de los diferentes poderes de la Unión, y los tres niveles de gobierno.<sup>3</sup> Para los propósitos del Programa Especial de Cambio Climático y de la Ley General de Cambio Climático, adaptación significa:

Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos (PNCC, Glosario; LGCC, Art. 3 Fracc. 1).

El mandato así establecido se traduce en ‘medidas y ajustes’ heterogéneos por sector de actividad y por entidad federativa. Por ejemplo, solo once de las 32 entidades federativas tiene una Ley Estatal de Cambio Climático, y solo ocho de las 32 legislaciones estatales incluye contenido sobre los riesgos específicos asociados al cambio climático. Si bien algunas entidades, como el Distrito Federal, tienen ya Programas Estatales de Cambio Climático y otras hacen acuerdos regionales para generar esos planes (como en el caso de la Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático de la Península de Yucatán), si se toman las entidades federativas como las unidades en las cuales los procesos de institucionalización de las acciones ante el cambio climático toman forma, las diferencias entre ellas hacen imposible hablar de una ‘jerarquía inclusiva’ en relación con dichos procesos (Gibson *et al.*, 2000:218).

Por otro lado, Aragón (2011:132) señala que la organización sectorial de la atención al cambio climático impide la integración de las acciones en este ámbito con otras a las que ineludiblemente está ligado, como la Protección Civil (cuya responsabilidad primaria está en la Secretaría de Gobernación). Esta falta de integración en sí misma representa un problema para la adaptación en el nivel nacional

<sup>3</sup> Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 28 de abril de 2014.

en términos de un alineamiento de estrategias, la puesta en común de conocimiento entre distintos sectores sociales y económicos, así como en el ajuste de los discursos sobre cambio climático que supere una visión exclusivamente técnica y biofísica del problema hacia una aproximación más plural, en la cual el componente político sea valorado como el factor relevante que es dentro de este campo.

Finalmente, para conocer los efectos de estos procesos en la sociedad mexicana, a través de las organizaciones de productores, de activistas ambientales, los gobiernos municipales, o los agentes de protección civil locales, es necesario reorientar nuevamente los componentes escalares del problema. Para el caso de los municipios de México se generó un programa llamado PACMUN (Planes de Acción Climática Municipales), que se enfoca en la elaboración de un documento municipal en el que se identifican localmente los tres tipos de factores que abordan los equipos de trabajo del IPCC. Por un lado, se genera un inventario local de emisiones; en segundo lugar, se hace la identificación de los sectores clave en los que se puede incidir para generar medidas de mitigación; y en tercer lugar, se desarrolla una evaluación sectorial de vulnerabilidad a la variabilidad climática para los sectores presentes en el municipio. De acuerdo con los datos enlistados por la agencia responsable de su implementación, actualmente existen 57 Planes concluidos, y 185 en construcción.<sup>4</sup> No hay aún una evaluación disponible de los procesos de implementación de estos planes en los municipios beneficiados, los cuales, como cualquier otra política orientada a los gobiernos municipales en México, deben insertarse en dinámicas de poca estabilidad en términos de recursos humanos profesionalizados y con escasa continuidad de políticas públicas o visión a largo plazo.

<sup>4</sup> La agencia responsable, ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, con el apoyo técnico del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el financiamiento de la Embajada Británica en México, publicó la relación municipios participantes en la página <http://pacmun.org.mx/municipios-participantes/>. Los números aquí tomados en cuenta se extraen de la lista publicada en su página oficial. Es importante recordar que México tiene 2 457 municipios; último acceso: 20 de enero de 2015.

De acuerdo con la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (2012:94) menciona, además del programa PACMUN, otros avances en adaptación al cambio climático, como el Programa Municipio Seguro Resistente a Desastres. Dicho programa operó hasta el 2012 y de acuerdo con la información oficial, incorporó a 60 municipios hasta el último informe presentado por el Gobierno Federal.<sup>5</sup> Asimismo, dentro de las políticas municipales de cambio climático se tiene previsto que las actualizaciones de Planes de Desarrollo Urbano que financian las instancias del gobierno federal incorporen a la planeación urbana factores para la mitigación y adaptación al cambio climático.

A partir de estos datos es posible observar que en el nivel asociado a las políticas locales de adaptación, los municipios como unidades de observación tienen comportamientos heterogéneos en términos de políticas locales ante el cambio climático. Una proporción mínima de ellos está involucrada en los procesos de planeación de acciones de adaptación al cambio climático, mientras que la mayoría no lo está. Aun en el conjunto de aquéllos que han desarrollado dichos planes, es difícil conocer hasta qué punto las estrategias contenidas se han traducido en acciones de gobierno y coordinación institucional para la adaptación. Asimismo, cabe destacar que aun en los casos en los que dichos instrumentos se han desarrollado localmente, las diferencias geográficas, políticas y en términos de capacidad institucional influyen los posibles resultados de éstos para generar resultados de adaptación al cambio climático.

Sin embargo, ello no significa que las medidas generadas hasta el momento no representen un proceso político significativo para los estudiosos de las políticas públicas municipales. El hecho de que la gestión del cambio climático a nivel local sea fragmentada y heterogénea, implica que quienes la estudiamos debemos construir una jerarquía (agrupación de elementos a partir de sus características más relevantes) que no se basa en patrones generales

<sup>5</sup> El último informe del Programa está disponible en el sitio web [http://www.municipioseguro.segob.gob.mx/work/models/MunicipioSeguro/archivos/pdf/Informe\\_de\\_Actividades\\_2011.pdf](http://www.municipioseguro.segob.gob.mx/work/models/MunicipioSeguro/archivos/pdf/Informe_de_Actividades_2011.pdf); último acceso 19 de enero de 2015.

para todos los casos, sino en diferenciar los casos que muestran comportamientos críticos, aquellos casos que revelan los límites del fenómeno de interés (en este caso, la generación de políticas locales para la adaptación al cambio climático; Flick, 2004:83).

Todo ello se resume en el Cuadro 1, donde las primeras columnas muestran la extensión y la resolución de tres niveles de políticas de adaptación al cambio climático. La extensión se refiere a la magnitud y alcance geográfico de cada política, es decir, a su jurisdicción entendida como el espacio de operación entre leyes, instituciones y agentes que espacializan categorías políticas y constituyen la base del ejercicio de autoridad con un marco espacial (Ford, 1999:851). En la extensión se define no solo el espacio geográfico propiamente dicho, sino también el marco institucional que define su alcance: tal es el caso de las instituciones desconcentradas como INECC, a partir de las cuales se define ámbito geográfico de actuación.

Por otro lado, la resolución se refiere a las unidades de gestión territorial en las cuales se aplican diferentes componentes programáticos de las políticas de adaptación al cambio climático, tales como las UMAS (Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre), o los municipios y las entidades federativas como unidades territoriales con compromisos específicos de reducción de emisiones e implementación de acciones de mitigación a través de los PACMUN. En ese sentido, el cuadro muestra no solo los componentes de los distintos niveles (global, nacional, local), sino los ámbitos de aplicación de los diferentes elementos de política de adaptación, no siempre coincidentes entre sí.

Finalmente, en las últimas dos columnas se muestran los 'procesos emergentes', los cuales se refieren a los fenómenos que son relevantes y visibles únicamente en cada una de las tres escalas señaladas. Por ejemplo, mientras que la falta de capacidades institucionales para restringir actividades que generan gases de efecto invernadero en un municipio en particular no es relevante globalmente, las negociaciones para definir la Contribución Nacional Prevista Determinada definitivamente no pueden entenderse en un contexto municipal.

En el siguiente apartado se aborda la deforestación como un fenómeno ecológico también

Cuadro 1. Componentes de escala de las políticas de adaptación al cambio climático

Nivel	Extensión		Resolución/ agregación	Procesos emergentes	
	Tiempo	Espacio (jurisdicción)		Causa (normativo)	Consecuencia (actual)
Global	1988 →	Conjunto de países signatarios	Países	Negociaciones de política energética. Determinación del nivel de emisiones de gases de efecto invernadero.	Desigualdad entre países para implementar medidas de prevención y ajuste a los efectos del CC.
Nacional	1998 →	Congresos estatales (entidades federativas) Instituciones del Gobierno Federal Instituciones descentradas (INECC)	Entidades federativas (leyes y programas) INECC: Entidades federativas (compromisos de mitigación) UMAS	Construcción de la legislación nacional y estatal. Legitimación de discursos sobre cambio climático. Mecanismos interinstitucionales para tomar medidas de mitigación y adaptación.	Cambio en los discursos normativos sobre CC. Falta de alternativas para reducir el uso de combustibles fósiles. Vinculación interinstitucional fragmentada y sectorial.
Local	2011 →	Regiones (Estrategias regionales) Municipios	Regiones Municipios Localidades	Vinculación entre la IP y los gobiernos municipales. Incorporación de acciones de mitigación de emisiones de GEI a la planeación del uso de suelo. Vinculación con otros documentos de ordenamiento territorial.	Falta de capacidades locales para implementación. Falta de cobertura de programas. Falta de vinculación con Planes de Desarrollo Urbano y Programas de Protección Civil.

Fuente: elaboración propia.

multi-escalar, con el propósito de presentar un análisis paralelo con los mismos elementos analíticos. Dicho análisis pretende aportar un punto de contraste para comprender la aplicabilidad de dichos elementos analíticos en el análisis geográfico tanto físico como social.

*Deforestación y cambio de uso de suelo: un fenómeno geográfico de diferentes escalas*

La relación entre deforestación y el cambio de uso del suelo en ecología se estudia a través de dos tipos de causas: directas (próximas) e indirectas (subyacentes), (Lambin *et al.*, 2001:216). Como se mencionó en la introducción, la dimensión escalar

del cambio de uso de suelo es crucial porque los fenómenos que inciden en las dinámicas físicas del uso del suelo operan en múltiples escalas; es decir, que para comprenderse necesitan ser analizadas desde diferentes combinaciones de los elementos escalares en términos de resolución, extensión y formas de agregación, tanto en términos de causas como de consecuencias (Turner 1989; Lambin y Ehlich, 1997).

Las causas próximas o directas están constituidas por actividades humanas o acciones inmediatas que originan los cambios en el uso del suelo y generalmente operan a nivel local (ranchos, ejidatarios o comunidades), (Lambin *et al.*, 2001). Las causas

subyacentes o indirectas están relacionadas con factores sociales, demográficos, económicos, tecnológicos, culturales y biofísicos, y operan más difusamente (a distancia) en niveles regionales (provincias o países) o incluso a nivel global. Las distintas causas del cambio de uso de suelo por sí solas difieren en su origen, naturaleza, extensión geográfica, duración e intensidad; pueden actuar independientemente o en sincronía con algunas otras (Lambin *et al.*, 2001; Antrop, 2005); y a menudo interactúan con otras o más causas próximas (MEA, 2005).

Integrando ambas causas se puede entender que el cambio de uso de suelo se asocia a un conjunto de fenómenos que ocurren primordialmente en nivel local, pero con una alta frecuencia espacial, por lo que se ha convertido en un fenómeno global (Cuadro 2). Localmente, la principal causa del cambio de uso de suelo en los bosques y selvas es la introducción de las actividades agrícolas y ganaderas para la subsistencia alimentaria y de materiales de las personas que viven de estos ecosistemas (Lambin *et al.*, 2001). Por ejemplo, en el 2000, 271 millones de hectáreas fueron usadas en el mundo para cultivo de uso comercial y local en ecosistemas tropicales. La demanda de pobladores rurales sin tierra sobre bosques tropicales es otra

causa próxima de cambio de uso de suelo; Lambin *et al.*, (2001:219) determinaron que en diversas zonas de Sudamérica y África, dichos pobladores tienen un papel importante en la degradación de las unidades forestales, principalmente por medio de la técnica de roza-tumba-quema; asimismo, las actividades industriales tienen un papel crucial en la degradación de coberturas vegetales (Pisanty *et al.*, 2009:722).

Sin embargo, estos patrones de la magnitud del cambio de uso de suelo varían espacial y temporalmente. Por ejemplo, la región noroeste de México, que tiene mayor desarrollo tecnológico en los sistemas de producción agrícola de exportación, y también la mayor área de deforestación; por el contrario, en la región sur la actividad agrícola es de subsistencia y donde se concentran los principales conflictos sociales del país; sin embargo, muestra proporcionalmente una menor área de cambio de uso de suelo (Sánchez y Propin, 1999). En la escala temporal deben tomarse en cuenta los ciclos estacionales con duración de meses, y que éstos se manifiestan en usos de suelo que cambian cada año; es decir, el cambio de uso de suelo opera bajo sucesivas etapas económicas y procesos de cambio en grandes áreas y largos periodos de tiempo (si-

Cuadro 2. Ejemplo de las causas y consecuencias de la deforestación y cambio de uso de suelo a diferentes escalas de espacio y tiempo

Nivel	Extensión		Resolución	Procesos Emergentes	
	Tiempo	Espacio		Causas	Consecuencias
Local	1-3 año	1-100 ha	Municipal	Introducción de agricultura y ganadería La roza-tumba quema	Erosión de suelos
Paisaje	3 - 10 años	> 100 000 ha		La migración campo ciudad	Alteración del ciclo hidrológico Fragmentación
Nacional	10- 30 años	2 000 000 km <sup>2</sup>	País	Política Plan Chontalpa Crisis económicas	Pérdida de selvas y bosques Pérdida de la diversidad
Global	> 30 años	2 000 000 000	Continente Biosfera	Políticas de Globalización Flujos de capital, inversión, empleo Relaciones de poder	Cambios en la composición química de la atmósfera Cambio climático

Fuente: elaboración propia.

glos). Por ejemplo, en la regiones tropicales como en el occidente del país, las selvas se rozan (corte de la vegetación del sotobosque) y se tumba (derribo de árboles), seguido de la quema y la introducción del maíz por dos o tres años, pero debido a la reducción de la producción y la fertilidad del suelo se convierten a pastizales (Hernández *et al.*, 1994).

Por otro lado, el acelerado crecimiento de la población y la infraestructura, así como el desarrollo del turismo, son las principales causas del cambio de uso de suelo a nivel paisaje-región (MEA, 2005). En los últimos treinta años (1980-2010) México ha experimentado un acelerado aumento de la población rural sin acceso a la tierra, o que se desplaza internamente por razones económicas, ambientales (degradación o la experiencia de un desastre climático), o políticas (violencia y desplazamiento forzado). Algunas de las áreas más vulnerables de colonización ante la migración rural-rural son las partes bajas y planas de los bosques tropicales, que generalmente coinciden con los perímetros de los principales macizos forestales, ocasionando casi siempre una deforestación extensiva desde la frontera de los bosques (Veldkamp y Lambin, 2001). Sin embargo, a nivel estatal diferentes estudios no han mostrado una relación entre la población rural y el área dedicada a actividades agrícolas, pero sí con las actividades ganaderas (Bonilla *et al.*, 2013), lo cual sugiere que los usos de suelo agregados para su representación a nivel estatal están determinados por factores como la demanda externa de productos alimenticios, los cuales pueden jugar un papel relevante en la transformación del suelo a gran escala.

En escala temporal, la transformación a áreas urbanas tiene una mayor permanencia en el tiempo y de hecho es irreversible. Sin embargo, el aumento de las áreas urbanas ha sido altamente variable; algunas entidades federativas han aumentado tanto la población urbana como la rural, mientras que otras han mostrado una reducción en la población rural (Bonilla *et al.*, 2012), es decir, las migraciones pueden ser responsables de la reducción de la cobertura vegetal a nivel global. Sin embargo, diversos estudios a nivel nacional y regional reportan la incipiente recuperación de áreas forestales debido al abandono de las tierras de cultivo marginales y la consecuente revegetación, como resultado de la

migración campo-ciudad de los agricultores más pobres (García *et al.*, 2009; Skutsch *et al.*, 2014).

A nivel nacional, las políticas de recolonización de selvas en los setenta y de PROCAMPO en los ochenta, han sido documentadas como precursoras de la deforestación en las áreas tropicales del sureste y occidente del país. El Plan Chontalpa, en el cual el estado fue un agente activo de deforestación de la selva baja y el cambio de uso de suelo en Tabasco, con objeto de controlar las inundaciones y convertirlo en una zona de irrigación que resultó en un desastre. Las grandes transformaciones de la cubierta forestal primaria en regiones tropicales se dieron de manera vertiginosa a partir de 1970, cuando el Estado impulsó una política de colonización de las regiones tropicales para la dotación de tierras y la siembra de maíz. Por otra parte, las actuales políticas en materia agropecuaria y ambiental expresadas en programas concretos como PROCAMPO, ha propiciado la deforestación y el cambio de uso de suelo para la introducción de la palma africana y los programas de reforestación, los cuales han motivado a los campesinos a mantener, extender, cambiar o incluso incursionar en nuevos usos del suelo. En sentido temporal, la manifestación del cambio de uso del suelo ocurre en el orden de 30 años, en el que lleva la implementación de la política y su evaluación en amplias regiones geográficas en el país.

Mientras que a escala global, el cambio de la demanda de productos agrícolas, los cambios tecnológicos y las tendencias del mercado dictadas por el modelo económico, dan lugar a precios y vías de distribución que inciden en la expansión del horizonte agropecuario y a mayores tasas de deforestación (Lambin *et al.*, 2003:218). El cambio de dieta ha provocado cambios en la demanda de alimentos (particularmente carne) y ha propiciado grandes transformaciones de selvas altas perennifolias a potreros para la producción ganadera, la deforestación del Amazonas para la producción de soya y la transformación de selvas para la producción de biocombustibles. En el orden temporal, los últimos cincuenta años han sido responsables de que entre el 33 y el 50% de la superficie terrestre haya sido transformada por las actividades humanas (FAO, 2011).

En la actualidad, los estudios sobre estos procesos dinámicos de los cambios en la cobertura del suelo y la deforestación son importantes y necesarios porque proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada; debido a su alta frecuencia espacial tiene impactos en el funcionamiento global del planeta. La conversión de la vegetación natural en espacios antrópicos causa un deterioro de los ecosistemas (Challenger, 1998) por alterar composición e interacción de especies, los procesos ecológicos y los regímenes de perturbación en todos los niveles (MEA, 2005).

De la misma manera que las causas de los cambios de uso de suelo, las consecuencias de la deforestación también se manifiestan en diferentes escalas espaciales y temporales. Por ejemplo, a nivel local el cambio de uso de suelo reduce de la fertilidad del suelo y modifica negativamente el microclima. En el sentido temporal, estos impactos ocurren en meses o estaciones, y pueden ser reversibles (Galicia, 2014). En contraste, a escala del paisaje, una de las manifestaciones más claras del cambio de uso del suelo es la alteración del régimen hidrológico y la fragmentación de los bosques y selvas (*Ibid.*). Por ejemplo, la remoción de la vegetación natural en la cuenca de captación del río Tocantins en Brasil ha ocasionado un incremento de 230% en los sólidos transportados y un incremento de 25% en el volumen de las descargas.

A nivel global, el cambio de uso de suelo ha sido responsable de transformación del 50% de la superficie terrestre libre de hielo; provocando la pérdida de la diversidad y el cambio en la composición química de la atmósfera (MEA, 2005). De hecho, se estima que el 29% de las emisiones de carbono a la atmósfera en el trópico pueden atribuirse únicamente al cambio de uso de suelo, y éste ha sido el factor más significativo para la pérdida de biodiversidad en los últimos 50 años y lo seguirá siendo durante el siglo XXI.

A nivel nacional, la consecuencia del cambio de uso del suelo es la pérdida de bosques y selvas, y de la diversidad de flora y fauna. Un estudio de los patrones y de las tasas de deforestación en México estima que la superficie deforestada de 1976 a 1993

fue de 175 000 hectáreas anuales y aumentó entre 1993 y 2000 a 319 000 hectáreas anuales (Velázquez *et al.*, 2010). En cambio, para el periodo de 2000 a 2005, la FAO reportó una deforestación de 314 000 hectáreas anuales en comparación de 401 000 hectáreas para los noventa (FAO, 2011; Cuadro 2).

### **Discusión del concepto de escala para el conocimiento de los problemas socio-ambientales**

El análisis escalar de los ejemplos de la política de adaptación a cambio climático y el de cambio de uso de suelo utilizaron el concepto de escala como una combinación específica de elementos (resolución, extensión, jerarquía, agregación), como elemento indispensable para la construcción de los objetos geográficos. En primer lugar, se sugiere que los estudios socio-ambientales deberían analizarse desde una perspectiva escalar, es decir, aquel objeto geográfico que genera sus propias funciones, heterogeneidad y propiedades emergentes. Es decir, con el cambio de escala la observación de un objeto con una combinación diferente de elementos permite ver la heterogeneidad espacial de un mismo fenómeno. Por ejemplo, los estudios comparativos de uso de suelo en diferentes regiones pueden permitirnos inferir distintas causas y distintos indicadores de las consecuencias, lo que podría favorecer el entendimiento de patrones regionales. Estos estudios regionales deben integrar los estudios locales que representan una mayor variabilidad espacial subyacentes, ya que el conjunto de factores que impulsan el cambio de uso de suelo son diversos en todo el mundo (van Asselen y Verburg, 2012). Por ejemplo, los propietarios rurales toman decisiones sobre el uso de suelo a un nivel local, mientras que los factores como la gobernanza, instituciones y observancia de los derechos de propiedad funcionan en jurisdicciones (extensiones políticas) ocurren es escalas mayores.

En segundo lugar, se sugiere que la diferencia entre los términos 'escala' y 'nivel' debe ser particularmente resaltada; la confusión entre ambos puede limitar el entendimiento de jerarquías y patrones. El análisis del cambio de uso de suelo es muy distinto de acuerdo con si dicho análisis parte

del nivel municipal o del estatal; los componentes escalares de cada nivel (por ejemplo, la resolución y la agregación de los datos) revelan distintas causas y consecuencias de dicho análisis. Por ejemplo, en un nivel estatal podría concluirse que la emigración es una causa única del abandono de tierras (Bonilla *et al.*, 2013), cuando en realidad, en el nivel local se observan múltiples factores que interactúan entre sí, como la urbanización, la industrialización o la producción agrícola orientada al mercado. Todo ello genera una comprensión diferente sobre la intensidad, magnitud y dirección del cambio de uso de suelo, y sobre la relación entre la agricultura rentable en las mejores tierras y la agricultura de agricultores marginados (García *et al.*, 2009; Skutsch *et al.*, 2014).

Sin embargo, los datos espacial y temporalmente consistentes para muchos factores de conducción de cambio de uso de suelo (como por ejemplo, la influencia de mercado de alimentos) no están fácilmente disponibles en la extensión global y en la resolución espacial requerida para entender a detalle los efectos de los factores que impulsan el cambio de uso de suelo en múltiples escalas. La mayoría de los estudios se han desarrollado a nivel local, porque hay una mayor disponibilidad de datos espaciales precisos y fiables para áreas pequeñas, pero desde los años setenta el desarrollo de técnicas de teledetección han permitido un número creciente de estudios regionales y globales. Pero cabe señalar que debido al Problema de la Unidad de Área Modificable explicado anteriormente, y a la resolución de información a nivel municipal, las causas y consecuencias del cambio de uso de suelo se oscurecen y homogenizan cuando se intentan agregar a niveles estatales y regionales.

En este mismo sentido, el análisis de políticas socio-ambientales muestra que principios y problemas similares con respecto a la escala deben tenerse en consideración. Dado que los instrumentos de adaptación al cambio climático a nivel local son heterogéneos y se presentan de forma irregular en el territorio, su estudio en otros niveles debe ser cuidadosamente problematizado para evitar que distintas falacias espaciales incidan en la calidad de las inferencias. Por ejemplo, los Planes de Acción Climática local aún no tienen la densidad espa-

cial suficiente para tener un impacto en el nivel nacional en la reducción de emisiones prevista en la Contribución Nacional Prevista Determinada. Por otro lado, los procesos globales e incluso nacionales de negociación de metas de adaptación y mitigación no explican los procesos en niveles inferiores; si bien inciden en ellos, las particularidades de los procesos políticos locales requieren ser comprendidos en el marco de información con alta resolución y agregación adecuada a la jurisdicción de la que se trate. Por ejemplo, la incorporación de acciones de mitigación en la planeación del uso de suelo municipal responde a múltiples procesos políticos locales, como la participación ciudadana, la autonomía municipal o la alternancia partidista, los cuales son influenciados pero no determinados por las negociaciones globales y nacionales para la reducción de gases de efecto invernadero.

El análisis multi-escalar (integrando análisis globales, regionales y locales) debe ayudar a identificar procesos generales, puntos críticos del cambio y definir políticas regionales o nacionales; mientras que análisis locales pueden confirmar o revisar los resultados obtenidos en las extensiones más amplias, tratando de informar y orientar decisiones efectivas locales de gestión y programas. El principal problema de las evaluaciones a niveles global, nacionales o regionales (o en paisajes altamente heterogéneos) es que pueden enmascarar fácilmente variaciones críticas en fenómenos que se manifiestan en posiciones inferiores de la jerarquía (Lambin y Geist, 2006). Por esta razón, con el fin de comprender adecuadamente la variabilidad geográfica de un fenómeno dado, es común el uso de estratificaciones espaciales o jerarquías para analizar por separado el objetivo de estudio. Estos marcos espaciales pueden construirse utilizando diversos criterios para definir los niveles, como las regiones ecológicas, cuencas hidrográficas o categorías protección. Además, en este tipo de problemáticas existe una interacción de objetos de estudio que se visibilizan en escalas diferentes y que no emergen en las mismas condiciones jerárquicas; por lo tanto, la escala operacional de los procesos sociales y biofísicos no suelen ser proporcionales o correspondientes entre sí.

La revisión y aplicación de la escala como elemento epistemológico para entender los problemas socio-ambientales sugiere que estos problemas no pueden ser analizados en ausencia de métodos que relacionen adecuadamente los procesos que los componen en diferentes escalas temporales y espaciales. Los desafíos metodológicos que se abordan en este estudio sugieren que los estudios que analizan los fenómenos multi-escalares no solo deben integrar diferentes escalas espaciales y temporales, sino diferentes niveles de organización, diferentes paradigmas disciplinarios e identificación de las unidades de análisis adecuados, que requieren de nuevas perspectivas metodológicas (sistemas complejos, modelos basados en multiagentes, etc.).

## CONCLUSIONES

La solución y el entendimiento de aspectos como el manejo de recursos, la implementación de políticas públicas y el cambio ambiental requieren del estudio de fenómenos que ocurren en diferentes escalas de espacio, tiempo y organización ecológica y socioeconómica. Esta integración es posible gracias al concepto de escala, que es un concepto unificador que nos permite comprender las interrelaciones de fenómenos que están estructurados jerárquicamente. La escala es una forma de construir objetos de estudio geográfico, es decir, elegir el nivel de agregación y simplificación, así como sus límites; lo cual significa que la escala es el instrumento conceptual que trasciende la mera ubicación y extensión de un fenómeno como el elemento definitorio de su condición geográfica, y por el contrario, visibiliza las relaciones espaciales sociales y biofísicas que lo constituyen.

Este trabajo pone a prueba la capacidad del concepto de escala para explicar dos objetos de estudio de naturaleza distinta pero que comparten una naturaleza multiescalar; es decir, requieren ser estudiados a partir de diferentes combinaciones de componentes escalares. En el caso de la política de adaptación al cambio climático, el componente de extensión se asemeja más al concepto de jurisdicción que al de magnitud espacial, debido

a que son las condiciones institucionales las que definen los alcances territoriales de la política; sin embargo, en términos epistemológicos, es comparable con la escala cartográfica utilizada para dimensionar la deforestación, ya que tiene una función de delimitar espacialmente del objeto de estudio. Con estos ejemplos se espera contribuir a una mejor comprensión del concepto de escala y, con ello, mostrar diferentes vías para utilizar los elementos escalares como instrumentos epistemológicos y metodológicos para la construcción de objetos geográficos adecuadamente delimitados y que integren el conocimiento generado por diferentes ámbitos científicos y disciplinares.

## REFERENCIAS

- Adger, N., I. Lorenzoni and K. O'Brien (2009), "Adaptation now", in Adger, N., I. Lorenzoni and K. O'Brien (eds.), *Adapting to Climate Change. Thresholds, Values, Governance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Álvarez, M. (2011), "Políticas públicas ante el cambio climático", en Lucatello, S. y D. Rodríguez (coords.), *Las dimensiones sociales del cambio climático: un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?*, Instituto de Investigaciones José María Luis Mora, UNAM, México, pp. 310-335.
- Antrop, M. (2005), "Why landscapes of the past are important for the future", *Landscape and Urban Planning*, vol. 70, pp. 21-34.
- Aragón-Durand, F. (2011), "Adaptación al cambio climático y gestión del riesgo de desastres en México. Obstáculos y posibilidades de articulación", en Graizbord, B., A. Mercado y R. Few (coords.), *Cambio climático, amenazas naturales y salud en México*, El Colegio de México, México, pp. 131-158.
- Atkinson, P. and N. Tate (2000), "Spatial Scale Problems and Geostatistical Solutions: A Review", *Professional Geographer*, vol. 52, no. 4, pp. 607-623.
- Bolin, B. (2007), *A History of the Science and Politics of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Bonilla Moheno, M., T. Mitchell Aide and M. L. Clark (2012), "The influence of socioeconomic, environmental and demographic factors on municipality scale land", *Land Use Policy*, vol. 39, pp. 388-389.
- Bonilla Moheno, M., D. Redo, M. Aide, M. Clark and R. Grau (2013), "Vegetation change and land tenure in Mexico: a country-wide analysis", *Land Use Policy*, vol. 39, pp. 355-364.

- Bulkeley, H. (2005), "Reconfiguring environmental governance: Towards a politics of scales and networks", *Political Geography*, vol. 24, pp. 875-902.
- Challenger, A. (1998), *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología-UNAM y Agrupación Sierra Madre S. C., México.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (2102), *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*, INECC-SEMARNAT, México.
- FAO (2011), *La situación de los bosques del Mundo 2011*, Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [www.fao.org, consultado el 25 de marzo de 2012].
- Flick, U. (2004), *Introducción a la investigación cualitativa*, Ediciones Morata, Madrid.
- Ford, R. (1999). "Law's Territory. A History of Jurisdiction", *Michigan Law Review*, no. 97, pp. 843-930.
- Galicia, L. (2014), "El cambio de uso de suelo: consecuencias en el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua", *AZ Revista de Educación y Cultura*, vol. 82, pp. 15-18.
- García Barrios L., Y. Galván Miyoshi, A. Valdivieso Pérez, O. Masera, G. Bocco and J. Vandermmmer (2009), "Neotropical forest conservation, agricultural intensification and rural out-migration: the mexican experience", *Bioscience*, vol. 59, no. 10, pp. 863-873.
- Gibson, C., E. Ostrom and T. K. Ahn (2000), "The concept of scale and the human immersions of global change: a survey", *Ecological Economics*, vol. 32, pp. 217-239.
- Handmer, J. and S. Dovers (2009), "A typology of resilience: rethinking institutions for sustainable development", in Schipper, L. and I. Burton (eds.), *The Earthscan Reader on Adaptation to Climate Change*, Earthscan, London, pp. 187-2010.
- Hernández Xolocotzi, E., L. M. Arias R. y L. Pool N. (1994), "El sistema agrícola de rozatumba-quema en Yucatán y su capacidad de sostenimiento", en Rojas R., T. (coord.), *Agricultura indígena: pasado y presente*, CIESAS, México.
- Janssen, M. and E. Ostrom (2006), "Resilience, vulnerability and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change", *Global Environmental Change*, vol. 16, pp. 237-239.
- Lambin, E. F. and D. Ehlich (1997), "The identification of tropical deforestation fronts at broad spatial scales", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 18, pp. 3551-3568.
- Lambin, E. F., B. L. Turner and H. J. Geist (2001), "The causes of land-use and land cover change: Moving beyond myths", *Global Environmental Change*, vol. 11, pp. 261-269.
- Lambin, E. F., H. J. Geist and E. Lepers (2003), "Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions", *Annual Review of Environmental Resources*, vol. 28, pp. 205-241.
- Lambin, E. F. and H. J. Geist (2006), *Land-use and Land-cover change: local processes and global impacts spring*, Berlin.
- Landman, T. (2003), *Issues and methods in comparative politics. An Introduction*, Routledge, London.
- Levin, S. A. (1992), "The problem of pattern and scale in ecology", *Ecology*, vol. 73, pp. 1943-1967.
- Lloyd, Ch. (2014), *Exploring Spatial Scale in Geography*, Wiley Blackwell, Oxford.
- Mansfield, B. (2005), "Beyond rescaling: reintegrating the 'national' as a dimension of scalar relations", *Progress in Human Geography*, vol. 29, no. 4, pp. 458-473.
- Manson, S. (2008), "Does scale exist? An epistemological scale continuum for complex human-environment systems", *Geoforum*, vol. 39, no. 2, pp. 776-788.
- McMaster, R. and E. Sheppard (2004), "Introduction: scale and geographic inquiry", in Sheppard, E. and R. McMaster (eds.), *Scale and geographic inquiry: nature, society and method*, Blackwell Publishing, Oxford, pp. 1-22.
- MEA (2005), "Ecosystems and Human Well-being: Synthesis", *Millennium Ecosystem Assessment*, Island Press, Washington.
- Meentemeyer, V. (1989), "Geographical perspectives on space, time and scale", *Landscape Ecology*, vol. 3, no. 3-4, pp. 163-173.
- Pisanty, I., M. Mazari y E. Ezcurra (2009), *El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas* (ed. Pisanty, I.), CONABIO, México, pp. 719-759.
- Reboratti, C. E. (2001), "Una cuestión de escala: sociedad, ambiente, tiempo y territorio", *Sociologías*, vol. 5, pp. 80-93.
- Roberts, J. T. and B. Parks (2007), *A climate of injustice. Global inequality, North-South politics and climate policy*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Robinson, W. S. (1950), "Ecological correlations and the behavior of individuals", *American Sociological Review*, vol. 15, pp. 351-357.
- Sánchez Crispín, A. y E. Propin (1999), "Valoración medio ambiental de los niveles de asimilación de la Riviera Mexicana: homogeneidad geográfica y heterogeneidad económica", *Observatorio Medio Ambiental*, núm. 2, pp. 295-309.
- Sayre, N. (2005) "Ecological and geographical scale: parallels and potential for integration", *Progress in Human Geography*, vol. 29, núm. 3, pp. 276-290.

- Schipper, L. and I. Burton (2009), "Understanding adaptation: origins, concepts, practice and policy", in Schipper, L. and I. Burton (eds.), *The Earthscan Reader on Adaptation to Climate Change*, Earthscan, London, pp. 1-10.
- Schneider, D. (2001), "The rise of the concept of scale in ecology", *Bioscience*, no. 51, pp. 545-553.
- Skutsch, M., J. F. Mas, G. Bocco, B. Bee, G. Cuevas and Y. Gao (2014), "Deforestation and land tenure in Mexico: A response to Bonilla Moheno *et al.*", *Land Use Policy*, vol. 39, pp. 390-396.
- Tudela, F. (2004), "México y la participación de países en desarrollo en el régimen climático", en Martínez, J. y A. Fernández (coords.), *Cambio climático: una visión desde México*, Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 155-175.
- Turner, M., V. Dale and R. Gardner (1989), "Predicting across scales: theory development and testing", *Landscape Ecology*, vol. 3, no. 3-4, pp. 245-252.
- Velázquez, A., J. F. Maas, G. Bocco and J. L. Palacio Prieto (2010), "Mapping land cover changes in Mexico, 1976-2000 and applications for guiding environmental management policy", *Singapore Journal of Tropical Geography*, vol. 31, pp. 152-162.
- Veldkamp, A. and E. Lambin (2001), "Editorial, Predicting land-use change", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 85, pp. 1-6.