



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

TESIS

**SUSTENTABILIDAD EN MÉXICO: UN ENFOQUE DE
MODELACIÓN A TRAVÉS DE INDICADORES**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

PRESENTA:

HELI JOCELYN NAJAR GUARNEROS

TUTOR DE TESIS:

EDGAR JAVIER GONZÁLEZ LICEAGA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2023.





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a todos mis seres queridos, a mi madre por darme todo el apoyo que necesite durante mi formación y por acompañarme siempre en mi proceso, por ser mi inspiración y mi motivación. A mi padre por apoyarme, acompañarme diariamente en mi camino hacia la universidad y hacia la vida. Gracias a ambos por todo el amor, el apoyo y lo que me han enseñado.

A Dayann por ser mi mejor amiga, y mi apoyo incondicional, por ser mi inspiración y ser un ejemplo a seguir de perseverancia y disciplina.

A mi abuela por ser una de las mujeres más fuertes y valientes que conozco, sin ella no estaría hoy en día aquí, gracias por todo lo que me enseñas, por cuidarme y por quererme.

A Francisco por todo el amor, el apoyo, paciencia, e interés en mi proceso universitario, quiero agradecerte por ser una inspiración y una motivación en mi vida... “cruza el amor, yo cruzaré los dedos Y, gracias por venir”.

A mis amigas Erandi, Liz y Fany que durante la carrera me brindaron su amistad, el apoyo y los mejores momentos, juntas logramos llegar hasta el final. Las quiero mucho y las llevo en mi corazón, admiro mucho su trabajo.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme.

Agradezco profundamente a mi asesor de tesis, el Dr. Edgar J. González Liceaga por guiarme, enseñarme, apoyarme y entenderme en todo este proceso. Admiro ampliamente su trabajo, y su disciplina, gracias por compartir todo su conocimiento en el tema.

Finalmente quiero agradecer a mis sinodales; Gian Carlo, Omar, Patricia y Guillermo por todos sus comentarios y enseñanzas.

Índice

INTRODUCCIÓN	5
Sistemas complejos	5
El concepto de Sustentabilidad	5
Indicadores de sustentabilidad	6
Marcos conceptuales	8
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS PARTICULARES	11
MÉTODO	12
Elaboración del modelo conceptual	12
Búsqueda de sistemas de indicadores de sustentabilidad y datos asociados	14
Selección de indicadores	15
Integración de la base de datos	15
Procesamiento de los datos	16
Imputación de los datos	16
Escalamiento de los datos	17
Análisis de Componentes Principales	17
Estructura de la red bayesiana	17
Elaboración de mapas por promedio de cada componente	18
RESULTADOS	18
Mapas de México para los PCA de cada componente	24
Institucional	24
Activos Antropogénicos	25
Fuerzas Humanas	25
Naturaleza	26
Economía	26
Servicios Ecosistémicos	27
Sociedad	28
Análisis de las relaciones entre los componentes	29
Componente Institucional	29
• Primera dimensión del componente Institucional	29
• Segunda dimensión del componente Institucional	30
Componente Activos antropogénicos	31
• Primera dimensión del componente Activos Antropogénicos	31
• Segunda dimensión del componente Activos Antropogénicos	32
Componente Fuerzas Humanas	33
• Primera dimensión del componente Fuerzas Humanas	33
• Segunda dimensión del componente Fuerzas Humanas	33
Componente Naturaleza	34
Componente Economía	35
• Primera dimensión del componente Economía	35

• Segunda dimensión del componente Economía	35
Componente Servicios Ecosistémicos	36
• Primera dimensión del componente Servicios Ecosistémicos	36
• Segunda dimensión del componente Servicios Ecosistémicos	37
Componente Sociedad	37
• Primera dimensión del componente Sociedad	37
• Segunda dimensión del componente Sociedad	38
Resumen de valores promedio entre componentes	39
Mapas de generales de sustentabilidad de cada componente por estado	40
Mapa de sustentabilidad del componente Institucional	40
Mapa de sustentabilidad del componente Activos Antropogénicos	41
Mapa de sustentabilidad del componente Fuerzas Humanas	41
Mapa de sustentabilidad del componente Naturaleza	42
Mapa de sustentabilidad del componente Economía	43
Mapa de sustentabilidad del componente Servicios Ecosistémicos	43
Mapa de sustentabilidad del componente Sociedad	44
Mapa de sustentabilidad general	45
DISCUSIÓN	45
Relaciones y PCA del componente Institucional	45
Relaciones del componente Activos antropogénicos	48
Relaciones y PCA del componente Fuerzas Humanas	49
Relaciones del componente Naturaleza	51
Relaciones y PCA del componente Economía	51
Relaciones y PCA del componente Servicios ecosistémicos	52
Relaciones y PCA del componente Sociedad	52
Consideraciones metodológicas	55
Discusión de los mapas de México por componente según el promedio	55
Institucional	55
Activos Antropogénicos	55
Fuerzas Humanas	56
Naturaleza	56
Economía	57
Servicios Ecosistémicos	57
Sociedad	58
General	59
Consideraciones sobre los indicadores que integran el modelo	60
Consideraciones sobre el modelo conceptual de dinámica socioambiental	61
CONCLUSIÓN	63
ANEXO	65
REFERENCIAS	69

INTRODUCCIÓN

El mundo que conocemos actualmente está cambiando súbitamente debido a crisis climáticas, económicas, alimentarias, guerras, etc. (ONU, 2022). Las dinámicas, que inicialmente ocurren en un determinado lugar del planeta, se extienden y terminan por impactar en sitios lejanos, ya sea de manera positiva o negativa, y pueden terminar alterando por completo las dinámicas de un sistema. Un ejemplo de ello es la pandemia por COVID-19, la cual tuvo origen en Wuhan, China, y terminó expandiéndose en todo el mundo en cuestión de semanas, lo cual trajo como consecuencia una crisis de salud, defunciones, pérdida de empleos, afectaciones en la economía, etc. (Ibarrarán, 2021). Es interesante ver que durante la misma pandemia la naturaleza se vio beneficiada en algunos aspectos: sitios con cierto nivel de degradación ambiental presentaron un fenómeno de sucesión ecológica, lo cual ayudó a la restauración parcial de dichos ecosistemas (Yin, 2021). Cuando se analiza todo el panorama, se puede notar que hay múltiples dinámicas ocurriendo en este sistema al que llamamos mundo, en donde algunas interacciones sin importar su magnitud resultan en beneficios o afectaciones para otras partes del sistema

Sistemas complejos

Para entender cómo funciona un sistema y los cambios a través del tiempo, es bueno retomar la teoría de sistemas complejos (Warren, 1998). Esta teoría entiende a los sistemas como adaptativos, dinámicos, no-lineales y con propiedades emergentes (*Ibid*). Un sistema no solo presenta interacciones entre los elementos que lo componen, también interactúa con otros sistemas del exterior, siendo así un sistema abierto en donde hay intercambio de materia o energía con el ambiente entre diferentes partes. Debido a lo anterior se entiende que los sistemas socioambientales son sistemas complejos, en los cuales se establecen relaciones bidireccionales en donde ambiente y sociedad interactúan y se retroalimentan entre sí (Zambrano, 2014). Conocer las características de los sistemas socioambientales y estudiarlos desde la perspectiva de sistemas complejos permite hacer un análisis más rico, encontrar puntos claves y proponer soluciones no lineales a los retos actuales, en el caso de la presente tesis la sustentabilidad en México.

El concepto de Sustentabilidad

En las últimas décadas, los ciclos naturales y las dinámicas que ocurren en el planeta han sido alterados por las acciones humanas las cuales responden a un modelo capitalista. Estos cambios han derivado en problemáticas tales como cambio climático, pérdida de biodiversidad, cambio de uso de suelo, contaminación, pérdida de la capa de ozono, escasez de agua potable, acidificación de los océanos, etc. (Clark, 2012). Ante el interés por reducir los impactos ambientales, han surgido diferentes discusiones y enfoques sobre cómo minimizar y evaluar estos impactos.

Es así como surge el concepto de sustentabilidad. La definición más conocida del término sustentabilidad es la del Informe Brundtland: “la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”. Típicamente la sustentabilidad es una propiedad emergente de un sistema complejo y está conformado por los subsistemas Sociedad, Naturaleza, Economía e Institucional.

El concepto de sustentabilidad plantea un futuro ideal sin dejar a nadie atrás. Sin embargo, hasta el día de hoy existen múltiples discusiones y debates en torno a cómo alcanzar la sustentabilidad, ya que no existe un acuerdo entre todos los actores involucrados, los cuales también tienen perspectivas diferentes sobre el propio término de sustentabilidad y el de desarrollo sustentable. Retomando este último punto, la definición más usada de sustentabilidad parte desde un enfoque de *status quo* y reforma (Delgado, 2019). Las implicaciones que tiene esto, es que el concepto y definición pueden estar excluyendo factores que impiden tomar mayor responsabilidad socioambiental, y que por el contrario, se opte por una mayor preocupación por el crecimiento económico. No obstante reconoce la necesidad de hacer cambios en políticas públicas y en los estilos de vida ostentosos, pese a esto los esfuerzos no suelen ser lo suficientemente elaborados para cambiar dinámicas y estructuras complejas como patrones de consumo, el modelo económico, etc.

Una de las discusiones en relación al tema, es la del concepto de sustentabilidad y sostenibilidad. Ambos términos son correctos y se pueden usar como iguales, ya que ambas hacen referencia al mismo concepto. Sin embargo otros autores los diferencian, entendiendo a la sustentabilidad como un término que hace referencia a que puede mantenerse por sí mismo y sostenibilidad como algo que puede cubrir las necesidades actuales y futuras (*Ibid*). Del mismo modo, sustentabilidad tiene una connotación temporal, y sostenibilidad una visión más económica (*Ibid*). En este trabajo se usará el término de sustentabilidad.

Indicadores de sustentabilidad

A partir del concepto de sustentabilidad, ha surgido la necesidad de evaluarla o medirla, lo cual originó la creación de indicadores de sustentabilidad. Un indicador es un parámetro que proporciona información para describir el estado actual de un fenómeno, ambiente o área (OECD, 2003). Una aproximación a la cuantificación de sistemas socioambientales son los indicadores, que son propuestos por distintas organizaciones con el fin de fijar metas y evaluar cómo nos acercamos a ellas, o para medir y conocer el estado actual de una variable (Ibañez, 2012).

Cualquier sistema de indicadores puede parecer incompleto al tratar de reflejar la complejidad de un sistema socioambiental, ya que la medición de la sustentabilidad puede ser subjetiva ya que depende de la visión y concepto que se tiene de sustentabilidad, así como las metas y objetivos que se consideran bajo este

mismo paradigma. Aunque la realidad no puede ser representada de manera exacta al utilizar simplificaciones como los indicadores, son una herramienta esencial, por ello se requiere de crear indicadores más descriptivos e interdisciplinarios, información de calidad así como suficiente a diferentes escalas espacio-temporales, marcos teóricos y conceptuales y herramientas de análisis que permitan la creación de nuevos estudios de análisis de sustentabilidad. La construcción de los indicadores no es arbitraria, pues distintos factores pueden frenar la creación de estos y de la obtención de datos, ya que puede ser costoso e inclusive no se cuentan con las capacidades y habilidades para recopilar datos en distintos contextos sociales, ambientales, culturales, etc. Adicionalmente los indicadores y sus datos pueden tener alto grado de incertidumbre.

No obstante a lo anterior, el número de indicadores de sustentabilidad ha crecido desde 1992. En este año, la conferencia de Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro, hizo un llamado a la creación e implementación de indicadores de sustentabilidad (ONU, 1992). Un ejemplo de indicadores de sustentabilidad desarrollados por instituciones son los asociados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que tienen como fin ayudar a cumplir metas y así lograr un mundo mejor y sustentable para todos (Wang, 2021). Este sistema de indicadores consiste de 17 metas que abarcan temáticas de salud, economía, bienestar, educación, igualdad, etc. Estos indicadores han sido replicados en distintos países del mundo. En el caso de México, además de existir los ODS, que pertenecen a la Agenda 2030, se han desarrollado otros sistemas de indicadores que también son importantes para la evaluación del estado actual de otros componentes. Este sistema de indicadores es muy reconocido; sin embargo, algunas observaciones en torno a sus indicadores es que si bien intentan representar las características de las dimensiones de sustentabilidad, dichas representaciones no reflejan necesariamente la realidad (Delgado, 2019).

Algunos ejemplos de indicadores e índices de sustentabilidad son: huella ecológica, huella hídrica, huella de carbono, análisis de ciclo de vida, análisis de flujo de materiales, la contabilidad de flujos de energía y materiales, análisis metabólicos de flujos de entrada y salida de energía y materia, Índice de sustentabilidad ambiental, Índice de comunidad sustentables (Delgado, 2019). La gran mayoría de los indicadores están desarrollados desde una visión *top-down*, es decir parten de un nivel general y van hacia las particularidades, esto puede deberse a que en su mayoría son organizaciones internacionales y gobiernos quienes participan en la construcción de indicadores e índices, y en menor medida la sociedad civil.

En México, a raíz de la *Agenda 21*, se impulsó la creación de indicadores con el fin de tomar medidas en materia de sustentabilidad (INEGI,2000). Algunas de las instituciones nacionales e internacionales que han desarrollado indicadores para

México son la ONU, FAO, SEMARNAT, INEGI, etc. (SEMARNAT, 2020). Otro de los sistemas de indicadores de sustentabilidad que existen en México es el marco MESMIS, el cual hace énfasis en indicadores de actividades primarias a escalas locales (MESMIS, 2023), y se ha utilizado en distintos estudios en México y Latinoamérica (Ibid).

Tomando todos estos antecedentes en cuenta, podemos decir que la evaluación de la sustentabilidad supone distintos desafíos y retos, entre los cuales encontramos: bases de datos de indicadores con información escasa, sesgo hacia ciertos indicadores, por ejemplo, existen más indicadores de sociedad y economía que de naturaleza, indicadores que no necesariamente reflejan la sustentabilidad, disminución de información disponible en la escala estatal en comparación con la escala nacional.

Marcos conceptuales

Existen distintas maneras de conceptualizar a los sistemas socioambientales, siendo los más conocidos los marcos conceptuales PER (Presión-Estado-Respuesta) (OECD, 2003) y el FPEIR (Fuerza Directriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta) (Vázquez, 2018). Ambos sistemas de indicadores estudian relaciones causa-efecto. Por ejemplo, en el modelo PER, se considera que las actividades humanas ejercen presión sobre el medio ambiente, cambiando así el estado en el que se encuentran, ante lo cual se produce una respuesta por parte de la sociedad para tomar acción. En el modelo FPEIR, las Fuerzas motrices/actividades humanas, también ejercen presión en el ambiente y en el estado del mismo, solo que en este modelo se considera que las respuestas recaen en las Fuerzas motrices, en la presión, en el estado, y en el impacto. Ambos son parecidos entre sí y son simples, pero no tienen la facultad de representar a los sistemas socioambientales pues son unidireccionales y esto limita el entendimiento que deseamos sobre los sistemas socioambientales y/o sustentabilidad, al ser estos sistemas que se retroalimentan.

Debido a lo anterior, se necesita de un marco conceptual que sea capaz de representar sistemas socioambientales y la retroalimentación de éstos en el modelo. Una alternativa es el Marco Conceptual de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, por sus siglas en inglés; Fig. 1), el cual tiene como objetivo lograr una visión integrada del conocimiento de políticas y diversidad biológica para estimular nuevas ideas (Díaz, 2015). Este es un modelo que simplifica las interacciones entre el mundo natural y las sociedades humanas. Los principales elementos de este modelo son: 1) calidad de vida; bienestar humano, 2) beneficios de la naturaleza para las personas, 3) activos antropogénicos, 4) instituciones y sistemas de gobernanza, 5) impulsores directos del cambio, y 6) naturaleza.

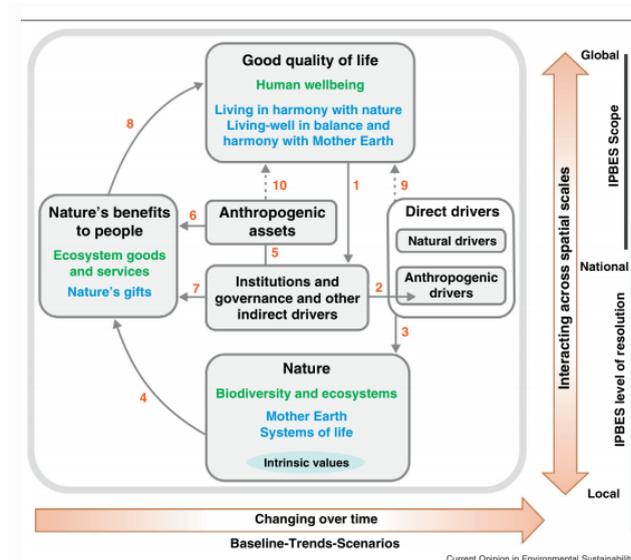


Figura 1. Marco Conceptual de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas. Tomado de Díaz *et al.* (2015).

Una forma de llevar estos modelos conceptuales a una modelación numérica es mediante el uso de redes bayesianas. Los modelos de redes bayesianas son usados en múltiples campos como economía, cuidados médicos, inteligencia artificial, etc., para describir las relaciones causales entre variables (Chai, 2020). Un modelo de redes bayesianas puede modelar un sistema complejo con una estructura simple, lo cual puede ser útil para entender relaciones entre subsistemas de un sistema. Además, permite conocer el nivel de fuerza de las causalidades entre variables y presentar predicciones.

Un estudio de caso que toma a los sistemas socioambientales y los analiza mediante una red bayesiana es el de Chai, *et al.* (2020), quienes se dieron a la tarea de evaluar la relación que existe entre alimentos, agua y energía dentro de un marco de sustentabilidad (Fig. 2).

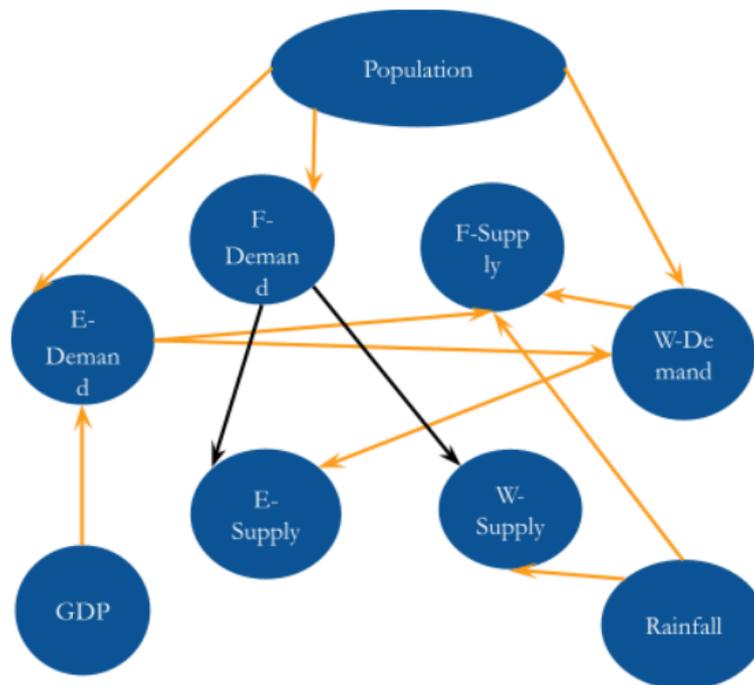


Figura 2. Topología de red bayesiana. Modificado de Chai *et al.* (2020).

Otro trabajo ejemplo de uso de redes bayesianas en el estudio de sustentabilidad es el de Requejo *et al.* (2018), que surge como parte de un plan de acción para cumplir con los 17 objetivos y las 169 metas de la Agenda 2030. En este artículo se menciona que, a pesar de la importancia de los indicadores en iniciativas de seguimiento, por sí mismos éstos no son adecuados para proporcionar una idea clara sobre las complejas relaciones de causa y efecto dentro de los problemas de desarrollo global. Es aquí en donde entran herramientas como redes bayesianas para integrar relaciones múltiples y simultáneas (Fig. 3).

1. Identificar sistemas de indicadores de sustentabilidad aplicados a México útiles para analizar la sustentabilidad.
2. Generar una base de datos que integre información proporcionada por los distintos sistemas de indicadores identificados
3. Generar un modelo dinámico para el sistema socioambiental, asociado a México
4. Generar índices que resuman la información de cada componente del modelo dinámico.
5. Modelar el sistema socioambiental de México con base en los datos disponibles.
6. Evaluar el estado actual de sustentabilidad de México a partir del modelo dinámico desarrollado en el presente trabajo.

MÉTODO

Elaboración del modelo conceptual

Con base en la revisión de los distintos modelos relacionados con el objetivo general, se realizó un modelo propio sobre una percepción de la sustentabilidad y su funcionamiento. Los componentes propuestos para el modelo fueron:

Económico (E)	Incluye actividades económicas, así como datos de importancia sobre la situación económica del país.
Institucional (I)	Incluye características de gobernanza relacionados a la administración y políticas públicas que impactan en la sociedad.
Social (S)	Incluye aspectos de la vida cotidiana de las personas que describan su situación en alguna de las categorías de salud, educación, alimentación, calidad de vida, etc.
Activos antropogénicos (A)	Incluye actividades como infraestructura, avances de conocimiento y tecnología, así como ciencia. (Díaz <i>et al</i> , 2015)
Fuerzas Humanas (F)	Incluye las acciones humanas que tienen un impacto ambiental.

Servicios ecosistémicos (SE) Incluye los beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas.

Naturaleza (N) Incluye aspectos como la biodiversidad, diversidad ecosistémica, cuerpos de agua, salud ambiental, capa de ozono, y cualquier otro componente del medio ambiente.

De acuerdo a los componentes propuestos para este modelo, se sugieren las siguientes interacciones entre dichos componentes:

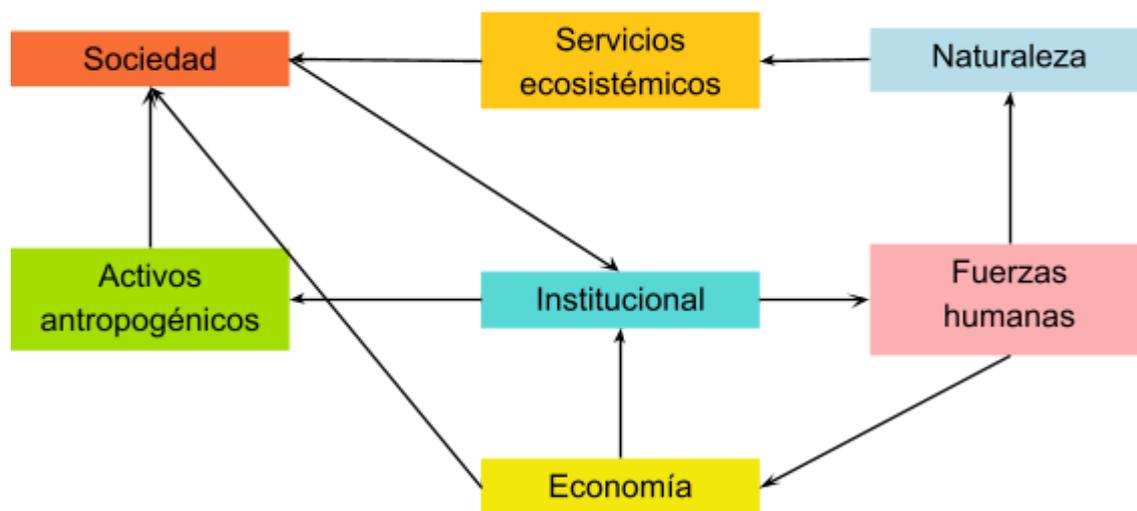


Figura 4. Modelo conceptual de la dinámica socioambiental desarrollado para esta tesis. Fuente: elaboración propia.

En este modelo de elaboración propia se tratan de representar las interacciones existentes en un sistema socioambiental, con base en el modelo propuesto por Díaz *et al.* (2015). Para empezar con la descripción del modelo, en el subsistema de *Naturaleza* se incluye a la biodiversidad, así como la diversidad ecosistémica. Este subsistema es transformado/aprovechado vía los *Servicios ecosistémicos*; por ejemplo, los bosques que son parte de un ecosistema son utilizados como recursos forestales maderables para la elaboración de muebles. Parte de 'aprovechar' los servicios ecosistémicos implican actividades primarias, y se traduce en desarrollo económico. El subsistema de *Economía* puede ser un mundo a la vez, pero en este caso se ha pensado que la economía está muy ligada al componente *Institucional* debido a los impuestos, PIB, entre otros, mientras que en *Sociedad* se incluye educación, calidad de vida, educación, etc., la cual es

afectada o beneficiada por cuestiones relacionadas con el componente *Institucional*. La *Sociedad* a su vez se relaciona con los *Servicios ecosistémicos* y con los fenómenos naturales incluidos dentro del componente *Naturaleza*. Los *Activos Antropogénicos* se relacionan con *Sociedad*, debido a que los incentivos dentro de los activos terminan por tener un impacto en la sociedad. A pesar de que se trata de obtener la mejor representación de la realidad posible, es importante remarcar que no es posible representar la realidad propiamente debido a limitaciones como pueden ser la cantidad de relaciones, la complejidad de la realidad, la cantidad y calidad de los datos disponibles, así que los siguientes pasos en la realización de esta tesis están dirigidos a tener el mejor modelo posible de acuerdo con la calidad de datos y entender las posibles limitaciones. Más adelante, el modelo, las relaciones y los indicadores serán una herramienta para estructurar una red bayesiana que pueda reflejar el modelo conceptual planeado.



Figura. 5. Ejemplificación de aspectos que se incluyen en cada componente del modelo.

Fuente: elaboración propia.

Búsqueda de sistemas de indicadores de sustentabilidad y datos asociados

Después de realizar una investigación bibliográfica en BIDI UNAM (Biblioteca Digital UNAM, acceso el 4/01/2020) y Google Scholar (Google, acceso el 04/01/2020) sobre sustentabilidad, indicadores de sustentabilidad e indicadores de sustentabilidad nacionales e internacionales aplicados a México, se encontraron cerca de 42 artículos. De los resultados obtenidos, los resúmenes de los artículos fueron leídos para tener una idea general sobre la sustentabilidad y la manera en la que se evalúa. En los textos se identificaron fuentes que alimentaran las bases de

datos de indicadores de sustentabilidad o de indicadores ambientales, económicos, etc. que se relacionarán con alguno de los típicos componentes de sustentabilidad.

Selección de indicadores

De acuerdo a la Guía metodológica de Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible (Schuschny, 2009), al hacer una selección de indicadores se deben tomar en cuenta su relevancia, calidad, frecuencia y disponibilidad. Esto puede ser una tarea difícil, en particular en América Latina, ya que una adecuada selección de indicadores puede verse afectada por la falta de información de calidad, así como por pocas estadísticas (*Idem*). Otra consideración al elegir indicadores es la cantidad de datos faltantes, ya que en algunas ocasiones con aquellos datos disponibles se pueden estimar los datos faltantes, pero en otros la falta de información puede ser tan grande que imposibilite la tarea de estimación.

Tal y como se ha mencionado, en los sistemas de indicadores se identificaron un gran número de indicadores relacionados a las temáticas de nuestro modelo conceptual (Fig .4), inicialmente 193 indicadores. Sin embargo, este número se redujo a 28 indicadores debido a 1) Falta de información suficiente en la escala de tiempo (2000-2019); la cual podía ser por diversas causas, entre ellas que era un indicador de reciente creación, o datos escasos/nulos para un estado o año y 2) Escala espacial no adecuada, ya que en esta investigación se eligió la escala Estatal. Referente al primer punto, si bien existen indicadores novedosos como el número de usuarios con teléfono móvil, acceso al internet, felicidad, acceso a áreas verdes. etc, la mayoría de estos indicadores son relativamente nuevos, razón por la cuál no hay registros suficientes que permitan cubrir toda nuestra escala temporal y espacial, ya que también varía el número de registros entre los Estados de la República. Por ello indicadores nuevos no pudieron ser considerados, debido a que imputar estos datos podría ser riesgoso derivado de la escasez información disponible para hacer los cálculos. Respecto al segundo punto, también hay indicadores que fueron descartados por practicidad, ya que el tener indicadores a diferente escala ampliará el tiempo de ajuste de escalas. Si bien se podrían sumar todos los registros municipales de un estado, esto implicaría un esfuerzo mayor; por otra parte, hay indicadores que solo están disponibles para el país en general, por lo cual no podría haber una comparación adecuada entre los estados. Así que, ya sea porque la escala fuera más grande o pequeña en comparación al nivel estatal, los indicadores que no cumplían con la escala adecuada fueron descartados.

Integración de la base de datos

De todos los indicadores encontrados, se seleccionaron aquéllos que cumplían con la escala de espacio y tiempo adecuados, en este caso se seleccionaron indicadores a nivel estatal y en el periodo de tiempo 2000-2019. Con los indicadores

seleccionados se integró una base de datos que incluye a los 28 indicadores acomodados por componente, así como por estado y año.

Procesamiento de los datos

Después de la descarga de datos asociados a los indicadores de cada componente, la primera modificación a los datos fue la imputación los datos para aquellos valores faltantes de los indicadores y la segunda el escalamiento de todos los indicadores mediante una transformación Z.

Imputación de los datos

El proceso de imputación fue necesario porque la mayoría de los indicadores utilizados en esta investigación tenían datos faltantes para los indicadores tanto en años como en estados. Se le llama imputación al proceso de estimación de datos faltantes, buscando que se tenga precisión al obtener los datos estimados (Araneda, 2021). Para este proceso se utilizaron como referencia los datos disponibles de cada indicador. Primero se clasificaron los indicadores en tres tipos de variables: A) porcentaje, B) positiva con ceros y C) positiva, de acuerdo con las unidades del indicador. Para cada tipo de variable se utilizó un modelo para imputar los datos faltantes.

A) Porcentaje

Para imputar los datos de los indicadores descritos por este tipo de variable se utilizó el paquete `glmmTMB` (Brooks, *et al*, 2017) para construir el modelo en R (R Core Team 202). Este modelo fue un modelo lineal generalizado mixto (GLMM, por sus siglas en inglés). En este modelo se incluyeron como efecto fijo el año y como efecto aleatorio el Estado, y la distribución de la variable, en este caso se supuso beta. Con este modelo se predijeron los datos para la variable de respuesta utilizando los años y estados cuyos valores se querían imputar.

B) Positivo con ceros

Para hacer las imputaciones de los indicadores que pertenecen a este tipo de variable, se hizo uso de la función `brm`, del paquete de R `brms` (Bürkner, 2018) para hacer modelos bayesianos multinivel. En este modelo se incluyeron como efecto fijo el año y como efecto aleatorio el Estado, y la distribución de la variable, en este caso se supuso lognormal con hurdle se incluyó la parte hurdle para acomodar los ceros.

C) Positivo

Al igual que en el caso A, se utilizó el paquete `glmmTMB` (Brooks, *et al*, 2017). Aquí la distribución usada fue la gamma.

Escalamiento de los datos

Al iniciar con el procesamiento de datos, se contaban con múltiples indicadores de distintas temáticas, y por lo tanto medidos en diferentes escalas como por ejemplo: hectáreas, pesos, porcentajes, kilómetros, etc. Para ajustar todos los datos a una misma escala, se hizo un escalamiento de datos, para que puedan ser comparados entre sí. Este escalamiento consistió en restar a los datos la media de estos y el resultado dividirlo entre su desviación estándar. Una vez que los datos están escalados, podemos comparar datos que tenían diferentes unidades (Lugon, 2023).

Análisis de Componentes Principales

Una vez escalados e imputados los datos, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés) para cada componente del modelo. El análisis de componentes principales para cada componente del modelo tuvo dos propósitos: el usarlos en la construcción de la red bayesiana y entender qué indicadores están más relacionados entre sí y agruparlos.

De cada PCA se tomaron sólo dos dimensiones por practicidad y se asociaron los indicadores a cada una de ellas según el valor más alto explicado por dicha dimensión. De esta manera, para aquellos componentes con el número suficiente de indicadores para hacer un PCA (5), se tienen dos dimensiones, y cada una de ellas incorpora mayoritariamente algún indicador. Con estos resultados se construyó otra base de datos que solo incluye las dos dimensiones por componente, para poder usarla en la realización de la red bayesiana.

Con esta información de los PCA también se realizaron mapas de México en donde se presentan los valores de cada componente. Asimismo, en la sección de resultados se muestran gráficos en forma de círculos los cuales representan los dos componentes, en donde se puede ver la posición de los indicadores con relación a éstos.

Estructura de la red bayesiana

Como se ha visto hasta ahora las redes bayesianas son una manera útil en la que se pueden llevar a la realidad modelos conceptuales, en este caso el modelo representado en la Fig. 4. En R se utilizó el paquete bnlearn (Nagarajan, 2013) para construir esta red bayesiana, por lo cual se configuró una red que considerara cada componente para cada año y las relaciones asociadas. Esta red inició con el componente Institucional como punto de inicio. Además de la red misma, se pueden observar valores promedio entre las relaciones de cada componente, y con esos valores promedio saber qué relaciones son más significativas, como se muestran en la sección *Análisis de relaciones*, en las Figs. 12-24.

Elaboración de mapas por promedio de cada componente

Se elaboraron mapas de México que representaron en qué estados se encuentran los valores más altos de cada componente, sin incluir a los valores de PCA. Es decir únicamente utilizando los valores promedio que tiene cada Estado de la República en todos los componentes. Con esta información podemos conocer en qué estados se tienen valores más altos o bajos y relacionar estos resultados con la literatura existente para poder interpretar dichos resultados, así como para saber si la literatura las apoya (o no).

Para realizar estos mapas se llevaron a cabo los siguientes pasos: 1) promediar el valor de cada indicador para cada estado, 2) agrupar a los indicadores por componente y promediar de nueva cuenta para cada estado, 3) hacer un promedio general; es decir un promedio nacional de cada componente. El valor del promedio nacional se le restó al valor promedio obtenido por ese estado, y el valor resultante se utilizó para hacer los mapas de México. Es importante mencionar que para estos promedios fue considerada la connotación positiva o negativa de los indicadores en términos de sustentabilidad; por ejemplo, Afectación por plagas tiene una connotación negativa, y Alfabetización una connotación positiva. Esta connotación fue realizada al apar de la obtención de los indicadores.

Finalmente, en R, se cargó esta información y, con ayuda del paquete mxmaps (Valle, 2022), se graficaron los distintos mapas presentados en la sección de resultados.

RESULTADOS

En la búsqueda de información de sustentabilidad y sistemas de indicadores, se encontraron cerca de 42 artículos y libros relacionados con el tema (Anexo 1). Estas fuentes de información permitieron encontrar sistemas de indicadores de sustentabilidad provenientes de instituciones y organizaciones como BADESNIARN (SNIAR-SEMARNAT, 2020), OCDE, FAO, BIENESTAR, ODS, SNIA, SNIIEG y Banco Mundial. Algunas de estas fuentes no fueron utilizadas parcial o totalmente ya que no son compatibles con los criterios de escala (estatal) y temporal (2000-2019). Al final se lograron usar 28 indicadores: 10 Sociales, 2 de Activos Antropogénicos, 4 de Fuerzas Humanas, 3 de Servicios Ecosistémicos, 1 de Naturaleza, 4 Institucionales y 4 Económicos. Estos indicadores y sus características se describen en la Tabla 1. Los indicadores seleccionados provienen de los ODS, INEGI y BADESNIAR.

Tabla 1. Indicadores seleccionados para describir el estado actual y tendencias de diversos aspectos de los componentes del sistema socioambiental asociado a México.

Componente	Nombre del indicador	Acrónimo	Unidades	Signo de sustentabilidad
Económico	Tasa de desocupación	Desocupación	%	-
	Relación entre ocupación y población en edad de trabajar	Población trabajadora	%	+
	Proporción de trabajadores por cuenta propia y los no remunerados	Trabajadores cuenta propia	%	-
	Proporción de mujeres en el total de asalariados en el sector no agropecuario	Mujeres asalariadas	%	+
Servicios Ecosistémicos	Superficie reforestada	Reforestación	ha	+

	Monto autorizado forestal maderable	Monto maderable	m ³	-
	Superficie beneficiada por el Programa Nacional de Suelos forestales de CONAFOR	Superficie CONAFOR	ha	+
	Proporción de niños de un año de edad con esquema básico completo de vacunación	Vacunación completa	%	+
	Tasa de mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades diarreicas	Enfermedades diarreicas	defunciones por cada 100 mil menores de 5 años	-
Sociedad	Tasa de mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades respiratorias agudas	Enfermedades respiratorias	defunciones por cada 100 mil menores de 5 años	-
	Tasa de incidencia asociada al paludismo	Paludismo	Por 100 mil habitantes	-

Proporción de niños de un año de edad vacunados contra el sarampión	Vacunación sarampión	%	+
Tasa de mortalidad relacionada con el SIDA	Mortalidad SIDA	Por 100 mil habitantes	-
Eficiencia terminal en la enseñanza primaria	Enseñanza primaria	%	+
Eficiencia terminal en secundaria	Enseñanza secundaria	%	+
Razón de mortalidad materna	Mortalidad materna	Defunciones de mujeres por cada 100 mil nacidos vivos	-
Porcentaje de población en un grupo de edad determinado que alcanza por lo menos un nivel fijo de competencia funcional en a) alfabetización y b) aritmética	Alfabetización	%	+

	elemental			
Institucional	Fondo de Desastres Naturales: Gasto federal autorizado con cargo al Ramo 23 y al Fideicomiso FONDEN por entidad federativa	Desastres Naturales	millones de pesos	+
	Presupuesto ejercido del Programa Nacional de Suelos forestales de CONAFOR	Presupuesto CONAFOR	Pesos	+
	Índice de Desarrollo Humano, PNUD	IDH	-	+
	Composición de los congresos locales por sexo	Diputadas	%	+
Naturaleza	Superficie forestal afectada por plagas: Superficie Total/Diagnóstico	Afectación plagas	ha	-

Activos Antropogénicos	Longitud de la red carretera por entidad federativa: pavimentada/total	Carretera pavimentada	km	+
	Longitud de la red carretera por entidad federativa: Total	Carretera total	km	+
Fuerzas Humanas	Producción de acuacultura por litoral y entidad federativa (toneladas)	Acuacultura	toneladas	-
	Proporción de la disposición estimada de residuos sólidos urbanos por entidad federativa Sitios controlados entre total de sitios controlados y no controlados más reciclaje	Residuos urbanos controlados	miles de toneladas	+
	Superficie total de riego cosechada	Cosecha riego	ha	-

	Superficie total de temporal cosechada	Cosecha temporal	ha	+
--	--	------------------	----	---

Mapas de México para los PCA de cada componente

Institucional

El componente Institucional en su primera dimensión de PCA estuvo integrada por los indicadores de Presupuesto de Desastres Naturales y Presupuesto CONAFOR (Fig. 6). Los estados más beneficiados con estos presupuestos fueron: Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Yucatán, Tabasco, Morelos, Hidalgo, Puebla, Zacatecas y Durango. La segunda dimensión de Institucional estuvo integrada por IDH y Diputadas, y tiene valores más altos en los estados de Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Tabasco, Michoacán, San Luis Potosí, Nayarit, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México.

Se encontró que los dos indicadores dedicados a cuestiones presupuestarias están más relacionados entre sí, y por ello conforman la primera dimensión, mientras que los indicadores de IDH y Proporción de Diputadas que describen cuestiones Institucionales/Sociales conforman la segunda dimensión. En la Figura 6, la escala en los mapas por estado es muy similar entre las dos dimensiones. Los estados que tienen valores altos en los dos casos son: Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Yucatán.

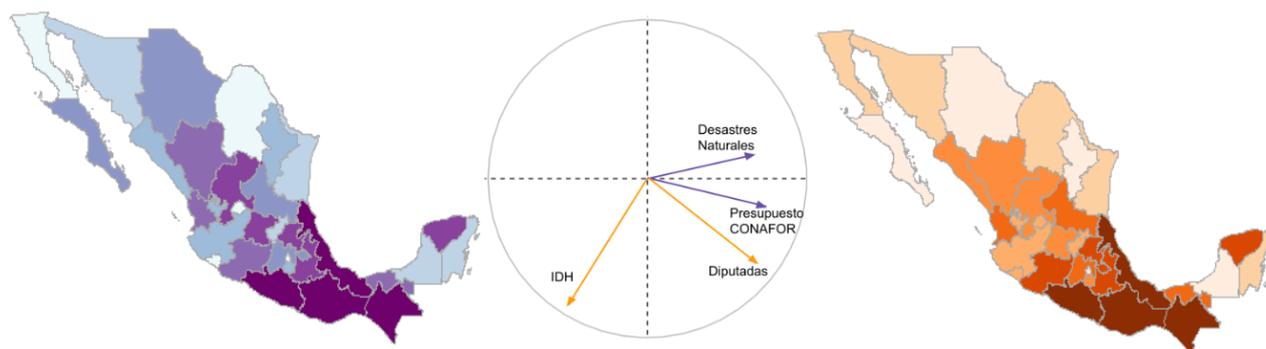


Figura 6. Los mapas representan los valores que toma la primera y segunda dimensión de PCA del componente Institucional para cada estado de la república. Al centro se muestran los indicadores asociados a cada una de las dos dimensiones del PCA; los indicadores asociados a la primera dimensión del PCA están representados por flechas moradas, los indicadores asociados a la segunda dimensión están representados por flechas naranjas. En los mapas, tonos más intensos corresponden a valores mayores de las dimensiones de PCA. Fuente: elaboración propia.

Activos Antropogénicos

Para el componente de Activos Antropogénicos no tuvo PCA, en su lugar se analizaron los dos indicadores de este componente. El indicador Carretera pavimentada (Fig. 7, izquierda) tuvo altos valores en la Ciudad de México, Nuevo León, Campeche, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Coahuila y Chihuahua. El indicador Carretera total (Fig. 7, derecha) tuvo valores más altos en Sonora, Durango, Chihuahua, Veracruz, Jalisco, Guerrero, Michoacán, Oaxaca y Chiapas.

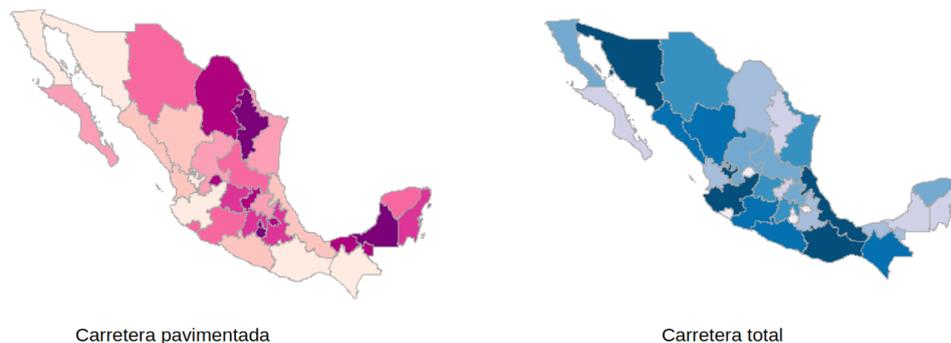


Figura 7. Los mapas representan los valores que toman los dos indicadores del componente Activos Antropogénicos, al lado izquierdo se muestra el indicador de Carretera pavimentada y a la derecha Carretera total. En los mapas, tonos más intensos corresponden a valores mayores de las dimensiones de PCA. Fuente: elaboración propia.

Fuerzas Humanas

La primera dimensión de Fuerzas Humanas estuvo integrada por Acuacultura y por Cosecha de riego y la segunda dimensión por Residuos urbanos controlados y Cosecha de temporal (Fig. 8). De acuerdo con el PCA, la primera dimensión toma valores más altos en Quintana Roo, Querétaro, Campeche, Baja California Sur, Baja California, Yucatán y Nuevo León. Al analizar cada indicador de esta dimensión se encontró que los valores más altos para Acuacultura se encuentran en Sonora, Sinaloa, Veracruz y Jalisco, mientras que los valores más altos para cosecha de riego están en Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Guanajuato, Tamaulipas y Michoacán.

En la segunda dimensión los valores más altos estuvieron en los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Durango, Yucatán, Guerrero, Jalisco e Hidalgo. Para Residuos Urbanos controlados los estados que destacaron fueron: Ciudad de México, Quintana Roo, Nuevo León, Aguascalientes y Baja California, mientras que Cosecha de temporal tuvo valores altos en Chiapas, Veracruz, Colima, Jalisco y Oaxaca. Algunos de los estados que se dedican a Acuacultura son estados costeros; estos estados no necesariamente destacaron en la cosecha de riego, pero sí en la de temporal, como es el caso de Jalisco, Veracruz y Guerrero.

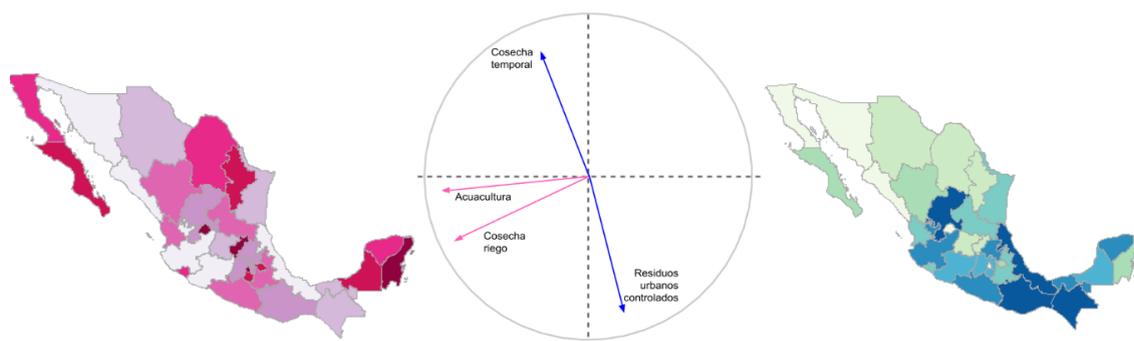


Figura 8. Los mapas representan los valores que toma la primera y segunda dimensión de PCA del componente Fuerzas Humanas para cada estado de la república. Al centro se muestran los indicadores asociados a cada una de las dos dimensiones del PCA, los indicadores asociados a la primera dimensión del PCA están representados por flechas rosas, los indicadores asociados a la segunda dimensión están representados por flechas azules. En los mapas, tonos más intensos corresponden a valores mayores de las dimensiones de PCA. Fuente: elaboración propia.

Naturaleza

El componente Naturaleza consistió en un único indicador: Afectación de plagas (Fig. 9). Este indicador tuvo mayores ocurrencias en Yucatán, Campeche, Sonora, Baja California, Nayarit, Veracruz, Chiapas y Ciudad de México. Los estados con menos afectaciones se encontraron en su mayoría al centro del territorio nacional, con excepción de la Ciudad de México, la cual es de las entidades más afectadas en el país.



Afectación plagas

Figura 9. Se muestra el único indicador del componente Naturaleza, y los valores que toma por estado en México. En el mapa, tonos más intensos corresponden a valores mayores de las dimensiones de PCA. Fuente: elaboración propia.

Economía

En el componente de Economía, los valores más altos para el PCA 1, al cual pertenecen los indicadores Trabajadores por cuenta propia y Desocupación, se encontraron en los estados del norte: Nuevo León, Coahuila, Aguascalientes,

Tabasco, Tamaulipas, Chihuahua, Sonora (Fig. 10, izquierda). Para los indicadores Población trabajadora y Mujeres asalariadas que integraron a la segunda dimensión del componente económico, los estados con mayor importancia fueron: Quintana Roo, Yucatán, Baja California sur, Nayarit, Colima, Baja California, Sinaloa y Sonora (Fig. 10, derecha).

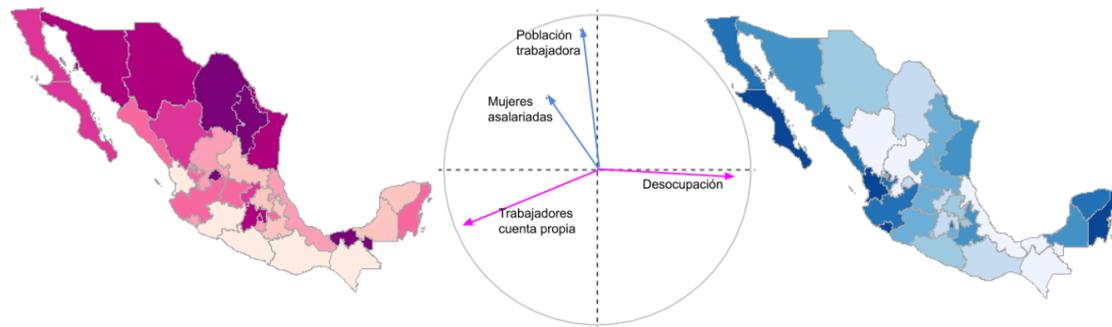


Figura 10. Los mapas representan los valores que toma la primera y segunda dimensión de PCA del componente Economía para cada estado de la República. Al centro se muestran los indicadores asociados a cada una de las dos dimensiones del PCA, los indicadores asociados a la primera dimensión del PCA están representados por flechas rosas, los indicadores asociados a la segunda dimensión están representados por flechas azules. En los mapas, tonos más intensos corresponden a valores mayores de las dimensiones de PCA. Fuente: elaboración propia.

Servicios Ecosistémicos

La primera dimensión de este componente incluyó a los indicadores Monto maderable y Superficie CONAFOR, mientras que la segunda dimensión incluyó únicamente al indicador Reforestación (Fig. 11). Los estados con valores más altos para los indicadores asociados a la primera dimensión son Guerrero, Michoacán, Chihuahua, Durango, Chiapas, Veracruz, Jalisco y Estado de México; mientras que para la segunda dimensión fueron Chiapas, Estado de México, San Luis y Potosí, Coahuila, Oaxaca, Guerrero, Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

Entre ambas dimensiones, algunos estados que coincidieron con valores altos fueron: Guerrero, Michoacán, Estado de México, Chiapas y Veracruz; estos son los estados más beneficiados en cuestión de presupuestos que apoyan a las áreas forestales.

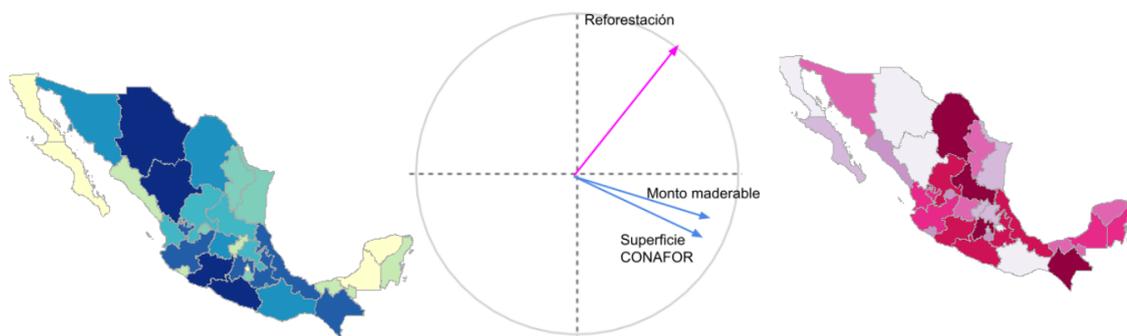


Figura 11. Los mapas representan los valores que toma la primera y segunda dimensión de PCA del componente Servicios Ecosistémicos para cada estado de la República. Al centro se muestran los indicadores asociados a cada una de las dos dimensiones del PCA, los indicadores asociados a la primera dimensión del PCA están representados por flechas azules, los indicadores asociados a la segunda dimensión están representados por flechas rosas. En los mapas, tonos más intensos corresponden a valores mayores de las dimensiones de PCA. Fuente: elaboración propia.

Sociedad

La primera dimensión del componente Sociedad incluyó a los indicadores Enfermedades Diarreicas, Enfermedades respiratorias, Enseñanza primaria, Enseñanza secundaria, Mortalidad materna y Alfabetización (Fig. 12). Los estados con valores más altos en el PCA para la primera dimensión fueron Colima, Aguascalientes, Baja California Sur, Nuevo León, Guanajuato, Querétaro, Coahuila, Sonora y Baja California.

La segunda dimensión del PCA del componente Sociedad estuvo integrada por los indicadores Vacunación completa, Paludismo, Vacunación sarampión y Mortalidad SIDA. Los valores más altos se encontraron en Michoacán, Guerrero, Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Campeche, Guanajuato, Sinaloa, Durango, Sonora y Morelos.

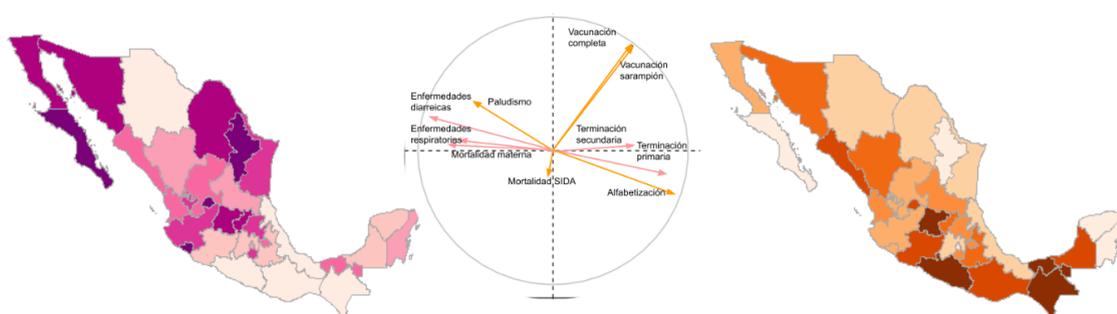


Figura 12. Los mapas representan los valores que toma la primera y segunda dimensión de PCA del componente Sociedad para cada estado de la república. Al centro se muestran los indicadores asociados a cada una de las dos dimensiones del PCA, los indicadores asociados a la primera

dimensión del PCA están representados por flechas rosas, los indicadores asociados a la segunda dimensión están representados por flechas naranjas. En los mapas, tonos más intensos corresponden a valores mayores de las dimensiones de PCA. Fuente: elaboración propia.

Análisis de las relaciones entre los componentes

Como parte del análisis se desglosaron las relaciones viendo qué indicadores se encontraban conformando a cada PCA, y ver qué tipo de relación (positiva o negativa) tenían con los indicadores contenidos en los PCA de otro componente de acuerdo con el modelo conceptual (Fig. 4). Cuando una relación entre indicadores es positiva significa que ambos indicadores reaccionan de la misma manera; aumentando o disminuyendo; por el contrario, una relación negativa significa que tienen una relación inversa, es decir, si uno aumenta el otro disminuye y viceversa.

Componente Institucional

- *Primera dimensión del componente Institucional*

La primera dimensión del componente institucional (I1) estuvo representada por dos indicadores, ambos relacionados a presupuestos/fondos. Este componente se relacionó a la vez con el Económico y el Social.

El indicador de Trabajadores por cuenta propia, que pertenece al componente Institucional, se relacionó de manera positiva con Presupuesto CONAFOR y con el Fondo de desastres naturales y de manera negativa con el IDH y Diputadas. Así, si incrementa Proporción de trabajadores por cuenta propia y no remunerados, aumenta el Presupuesto CONAFOR y Fondo de desastres naturales.

Tasa de desocupación se relacionó de manera negativa con los dos indicadores de esta primera dimensión del componente institucional, de manera que, si aumenta Desocupación, disminuye Presupuesto CONAFOR y Fondo de desastres naturales.

Tanto Población trabajadora como Mujeres asalariadas se relacionaron de manera negativa con la primera dimensión del componente Institucional, por lo que, si aumenta Presupuesto CONAFOR y Fondo de desastres naturales, disminuye Población trabajadora y Proporción de mujeres asalariadas.

Los indicadores Enfermedades diarreicas, Mortalidad materna y Enfermedades respiratorias se relacionaron positivamente con Presupuesto CONAFOR y Fondo de desastres naturales. Por el contrario, los indicadores Alfabetización, Enseñanza primaria, y Enseñanza secundaria se relacionaron negativamente con la primera dimensión del componente institucional, así que, cuando disminuye el presupuesto de los indicadores de la primera dimensión Institucional, Enfermedades diarreicas y Enfermedades respiratorias así como la

Mortalidad materna disminuyen, pero los indicadores Alfabetización, Enseñanza primaria y Enseñanza secundaria aumentan.

Finalmente, Vacunación completa, Vacunación sarampión y Paludismo se relacionaron negativamente con la primera dimensión del componente Institucional, mientras que Mortalidad SIDA se relacionó de manera positiva.

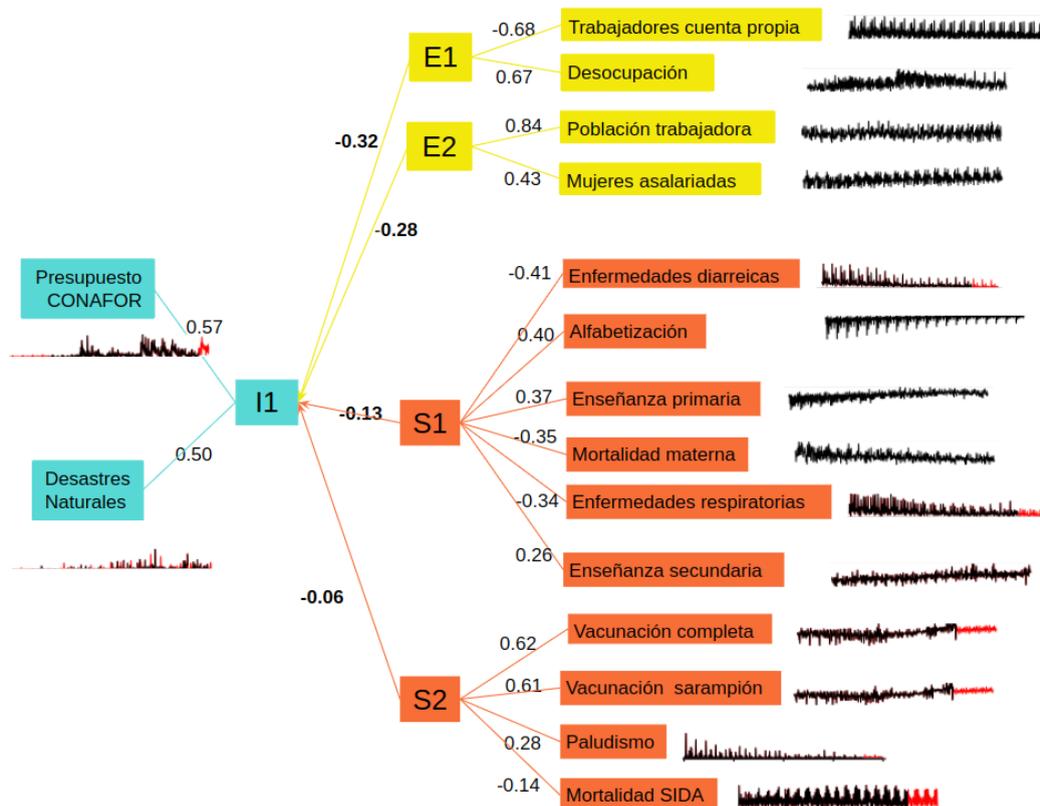


Figura 13. Relación entre la primera dimensión del componente Institucional (I) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA del componente Económico (E) y Sociedad (S). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

- *Segunda dimensión del componente Institucional*

La relación Trabajadores por cuenta propia con el IDH y la Proporción de diputadas fue negativa, i.e., si incrementa la proporción de trabajadores por cuenta propia, disminuye el IDH y las diputadas (Fig. 14). Por otro lado, un incremento en la Tasa de desocupación, significa una disminución en el IDH. En la dimensión 2 del componente Económico tenemos al indicador de Relación entre ocupación y población en edad de trabajar. De acuerdo con la red, si esta relación se incrementa, el IDH también disminuiría.

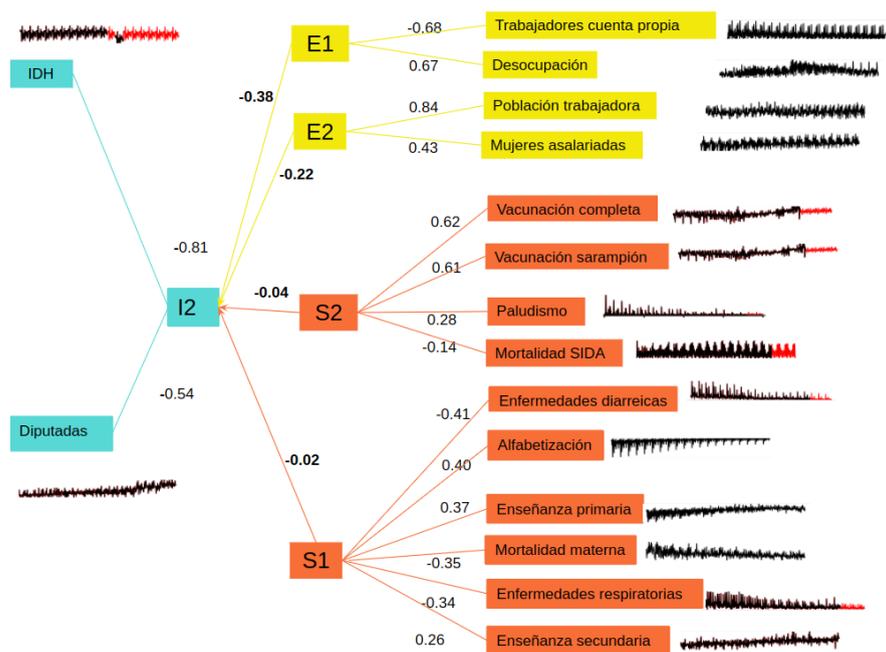


Figura 14. Relación entre la segunda dimensión del componente Institucional (I) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA de los componentes Económico (E) y Sociedad (S). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019 que componen a la dimensión I2, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

Componente Activos antropogénicos

- *Primera dimensión del componente Activos Antropogénicos*

De acuerdo con nuestro modelo, el componente Activos Antropogénicos se relaciona con el componente Institucional. El componente Institucional estuvo conformado por 2 PCA, cada uno de ellos integrado a su vez por ciertos indicadores (Fig. 15). Analizando estas interacciones se puede ver una relación positiva entre el IDH y Diputadas con Carretera pavimentada (Fig. 15). Además, Presupuesto CONAFOR y Fondo de desastres naturales se relacionaron negativamente con Carretera pavimentada. Esta relación positiva, sugiere que, si hay menor Índice de desarrollo humano y Diputadas también hay menor Carretera pavimentada. La relación A1-I1 fue negativa: si hay mayor Presupuesto ejercido del programa de suelos de CONAFOR, se esperaría menor Longitud pavimentada de carretera.

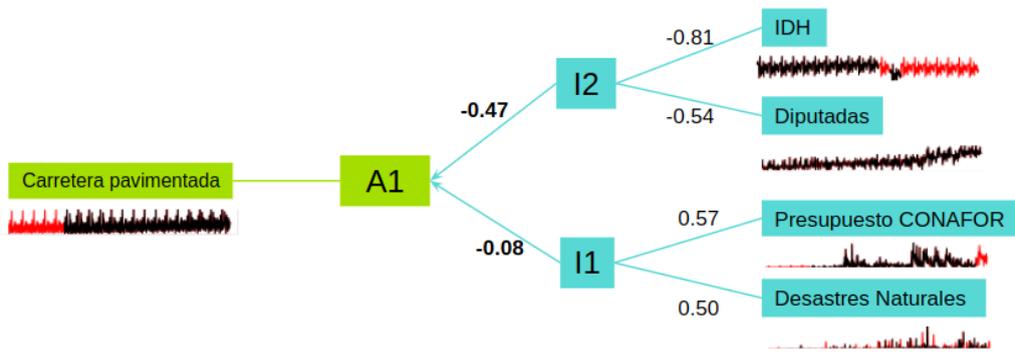


Figura 15. Relación entre el primer indicador del componente Activos Antropogénicos (A) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA del componente Institucional (I). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre PCA de los componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

- *Segunda dimensión del componente Activos Antropogénicos*

La siguiente relación fué aquella entre el segundo indicador del componente Activos Antropogénicos y las dos dimensiones del PCA Institucional (Fig. 16). En la dimensión I1, la interpretación fue que un incremento en el valor de los indicadores de esta dimensión llevaría a un aumento en Longitud de la de la red carretera total, lo que significa que si aumenta el Presupuesto ejercido de CONAFOR, aumenta Carretera total, lo mismo sucedió con el Fondo de desastres naturales y Carretera Total. En la dimensión I2, los valores que tomaron los indicadores asociados tuvieron una relación negativa. La interpretación fue que en los estados donde hay menor IDH y menor Proporción de diputadas, existe una mayor Longitud de carretera (no necesariamente pavimentada).



Figura 16. Relación entre el segundo indicador del componente Activos Antropogénicos (A) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA del componente Institucional (I). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de

la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

Componente Fuerzas Humanas

- *Primera dimensión del componente Fuerzas Humanas*

En las Figuras 17 y 18 se muestra la relación entre el componente Institucional y Fuerzas Humanas. En el caso de la segunda dimensión del componente institucional (Fig. 17) sucedió que Índice de Desarrollo Humano y Diputadas se relacionaron negativamente con Acuacultura y con Cosecha de riego, lo que significa que si disminuye índice de Desarrollo Humano y Diputadas, incrementa Acuacultura y Cosecha de riego.

Por otro lado, la relación F1-I1 fue positiva, por lo tanto, si incrementa el Presupuesto CONAFOR y Fondo de Desastres Naturales, también aumenta Acuacultura y Cosecha de riego.

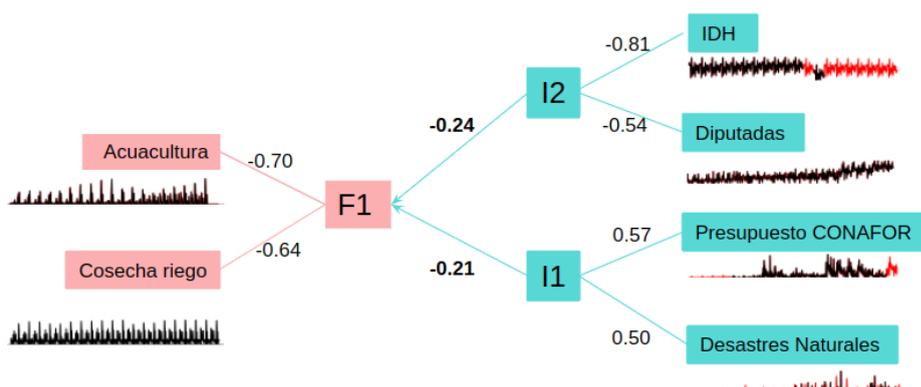


Figura 17. Relación entre la primera dimensión del componente Fuerzas Humanas (F) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA del componente Institucional (I). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

- *Segunda dimensión del componente Fuerzas Humanas*

En la Figura 18, se muestra la relación entre ambas dimensiones del componente Institucional con la segunda dimensión del componente Fuerzas humanas. La interpretación de la relación F2-I1 es que una disminución de los Residuos urbanos controlados estuvo relacionada con un aumento en Presupuesto CONAFOR así como en Fondo de desastres naturales.

En la relación F2-I2, si hubo un aumento en la Cosecha de temporal se relacionó con una disminución en los indicadores IDH y Diputadas.

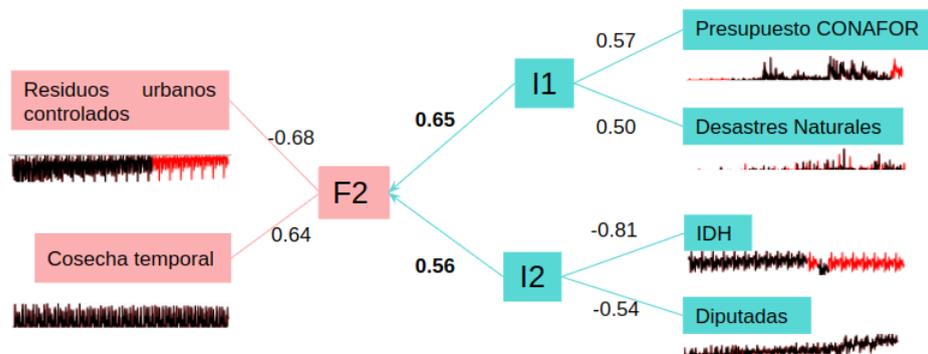


Figura 18. Relación entre la segunda dimensión del componente Fuerzas Humanas (F) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA del componente Institucional (I). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

Componente Naturaleza

En el componente de Naturaleza, integrado únicamente por Afectación por plagas, éste se relacionó con el componente Fuerzas Humanas (Fig. 19). La relación entre el componente Naturaleza y tres de los indicadores de Fuerzas humanas es positiva. Lo que significa está relación es que, si aumenta Afectación de plagas, disminuye Producción de acuicultura, Cosecha de riego, así como Residuos urbanos controlados; sin embargo, aumentaría Cosecha de temporal.

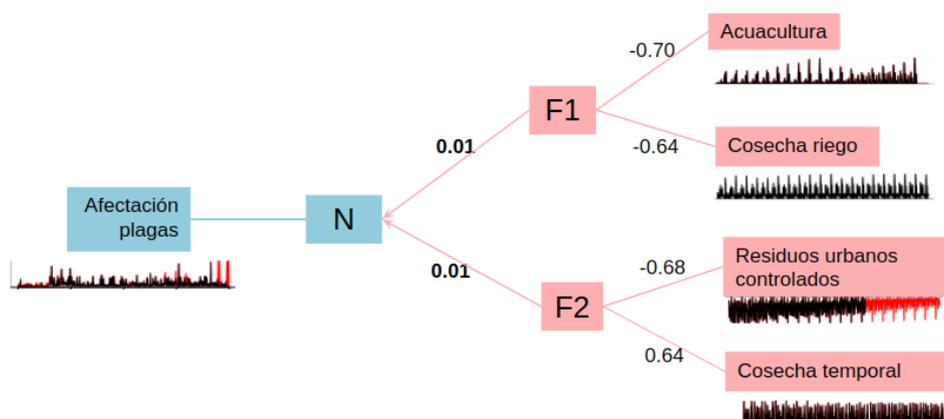


Figura 19. Relación entre el componente Naturaleza (N) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA del componente Fuerzas Humanas (F). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

Componente Economía

- *Primera dimensión del componente Economía*

De acuerdo al modelo conceptual (Fig. 4), otra de las relaciones existentes es la de Economía-Fuerzas Humanas. La relación entre la primera dimensión del componente Economía y la segunda dimensión de Fuerzas humanas fue la más significativa de acuerdo al valor entre ambas (Fig. 20). Esto significa que, si aumenta Trabajadores por cuenta propia y los no remunerados, disminuye la proporción de Residuos urbanos controlados y aumenta Cosecha de temporal; mientras que el aumento de Desocupación estuvo relacionado con la disminución de Cosecha de temporal y el aumento de Residuos sólidos urbanos.

La relación entre Acuicultura y Cosecha de Riego con Trabajadores por cuenta propia fue positiva, mientras que con Desocupación fue negativa. Por ello si aumenta la Proporción de trabajadores por cuenta propia, aumenta Acuicultura y Cosecha de Riego. Por el contrario si aumenta Desocupación, disminuye Acuicultura y Cosecha de Riego.

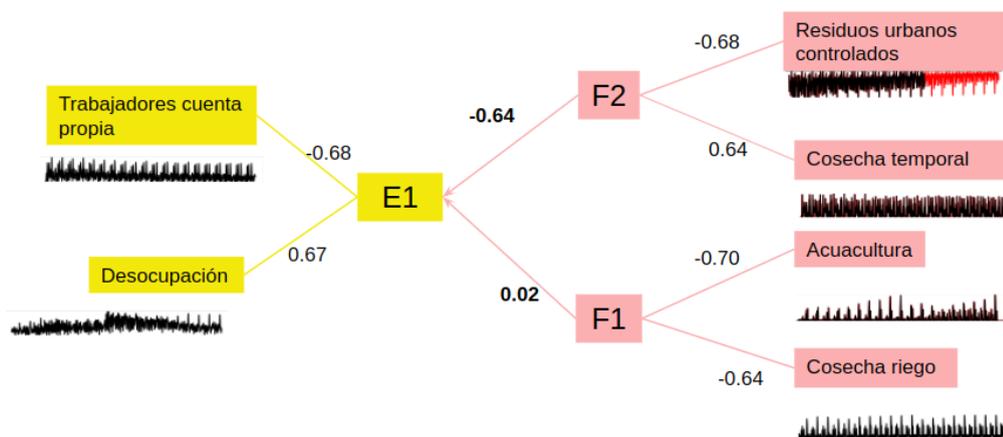


Figura 20. Relación entre la primera dimensión del componente Económico (E) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA del componente Fuerzas Humanas (F). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

- *Segunda dimensión del componente Economía*

Siguiendo con el modelo conceptual (Fig. 4), la siguiente relación es entre la segunda dimensión del componente económico y las dos dimensiones del componente Fuerzas Humanas (Fig. 21).

La relación entre la segunda dimensión del componente Economía y la

segunda dimensión de Fuerzas humanas se explica de la siguiente manera: Residuos urbanos controlados se relacionan positivamente con Población trabajadora y con Mujeres asalariadas, mientras que Cosecha de temporal se relaciona de manera negativa con estos mismos indicadores del componente Economía. Por lo que se puede decir que, si aumenta Población trabajadora y Mujeres asalariadas, hay un aumento en el número de Residuos urbanos y una disminución en Cosecha de temporal.

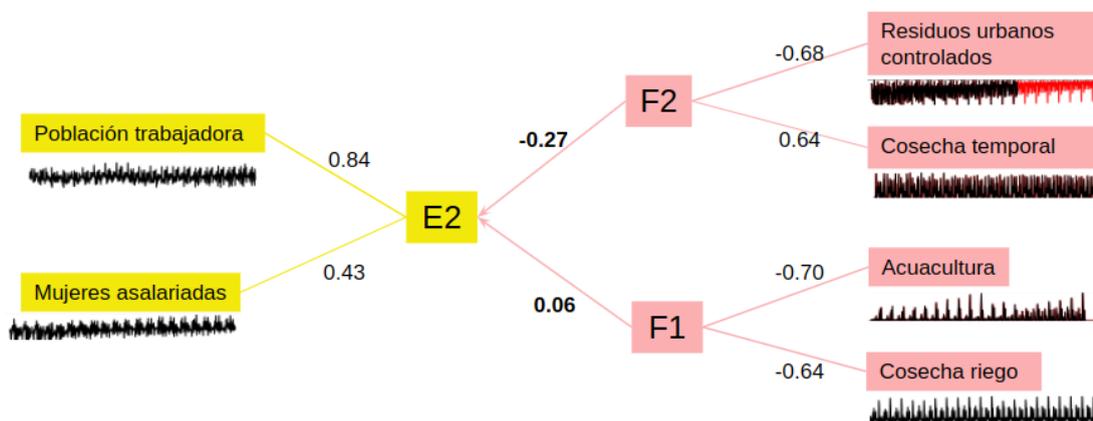


Figura 21. Relación entre la segunda dimensión del componente Económico (E) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA del componente Fuerzas Humanas (F). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

Componente Servicios Ecosistémicos

- *Primera dimensión del componente Servicios Ecosistémicos*

La relación entre la primera dimensión de Servicios ecosistémicos y Naturaleza, el cual solo tiene un indicador, fue negativa (Fig. 22), la interpretación para esta relación es que si aumenta el monto maderable y la superficie beneficiada por CONAFOR, disminuye Afectación de plagas o, por el contrario, si hay mayor Afectación de plagas, entonces Monto maderable y Superficie beneficiada por CONAFOR serán menores.



Figura 22. Relación entre la primera dimensión del componente Servicios Ecosistémicos (SE) y el indicador asociado al componente Naturaleza (N). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se

incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

- *Segunda dimensión del componente Servicios Ecosistémicos*

La segunda dimensión de este componente solo estuvo compuesta por un indicador, al igual que el componente naturaleza (Fig. 23). La relación SE2-N fue negativa, por lo cual un aumento en Afectación de plagas, implica una disminución en la Reforestación o, viceversa, si incrementa la Reforestación, disminuye Afectación por plagas.



Figura 23. Relación entre la segunda dimensión del componente Servicios Ecosistémicos (SE) y el indicador asociado al componente Naturaleza (N). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

Componente Sociedad

- *Primera dimensión del componente Sociedad*

La primera dimensión del componente Sociedad estuvo compuesta de seis indicadores. Este componente se relaciona con los componentes: Activos antropogénicos, Economía y Servicios ecosistémicos (Fig. 24); sin embargo solo se describirán las relaciones que tuvieron mayor peso.

El indicador del componente Sociedad, Enfermedades diarreicas se relacionó positivamente con Trabajadores por cuenta propia, Carretera total, Carretera pavimentada, Reforestación, Monto maderable y Superficie CONAFOR, pero se relacionó negativamente con Tasa de desocupación, Población trabajadora y Mujeres asalariadas. Lo mismo ocurrió con los otros indicadores de Economía, Enfermedades respiratorias y Mortalidad materna, debido a que éstos también tuvieron un signo negativo que hizo que las relaciones fueran iguales a las de Enfermedades diarreicas.

De manera que, si los valores para los indicadores de Enfermedades diarreicas, Enfermedades respiratorias y Mortalidad materna aumentan, también se espera que los valores de Trabajadores por cuenta propia, Carretera total, Carretera pavimentada, Reforestación, Monto maderable y Superficie CONAFOR aumenten, y disminuyan los valores de Población trabajadora, Desocupación y Mujeres asalariadas.

El indicador Alfabetización se relacionó de manera positiva con Desocupación, Población trabajadora y Mujeres asalariadas, y de manera negativa con Trabajadores por cuenta propia, Carretera total, Carretera pavimentada, Reforestación, Monto maderable y Superficie CONAFOR. Estas mismas relaciones ocurrieron con los otros indicadores de Sociedad que también tuvieron un signo positivo asociado como Enseñanza primaria y Enseñanza secundaria.

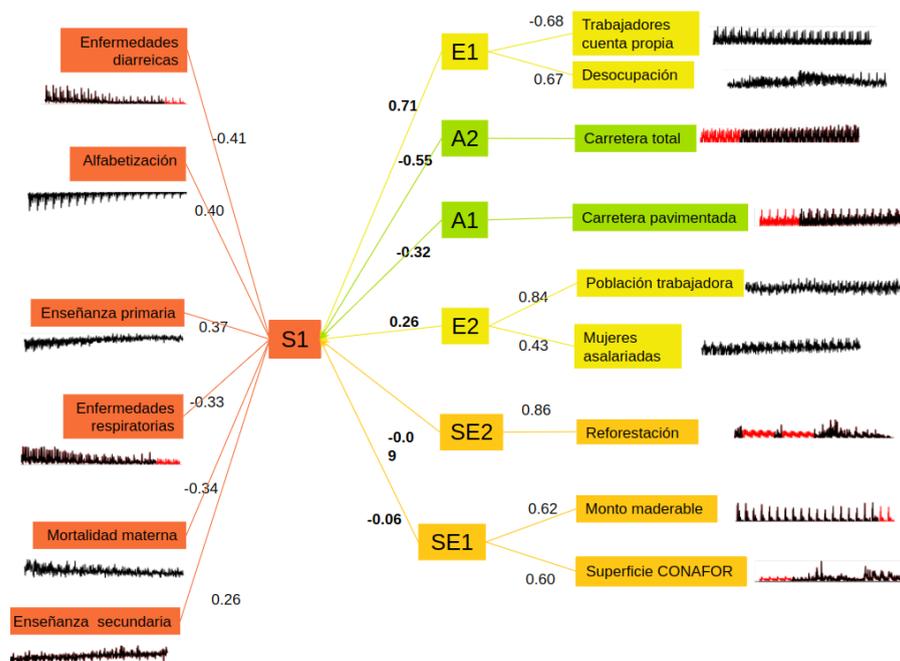


Figura 24. Relación entre la primera dimensión del componente Sociedad (S) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA de los componentes Activos Antropogénicos (A) y Económico (E) Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

- *Segunda dimensión del componente Sociedad*

Entre S2 y E1 la relación fue negativa; así, si aumenta Tasa de desocupación, disminuye Esquema de vacunación, así como Paludismo. Por otro lado, un aumento en Trabajadores por cuenta propia, implica un decremento en Esquema de vacunación completo y Paludismo.

El indicador Esquema de vacunación completo se relacionó positivamente con Trabajadores por cuenta propia y Reforestación, y negativamente con Desocupación, Población trabajadora, Mujeres asalariadas, Carretera pavimentada y Carretera total. De igual manera, estas relaciones positivas se repitieron con Paludismo y Vacunación contra el sarampión.

Por último, Mortalidad relacionada al SIDA se relacionó negativamente con Desocupación, Trabajadores por cuenta propia, Reforestación, Monto maderable y Superficie CONAFOR, y positivamente con Población trabajadora, Mujeres asalariadas y Carretera total.

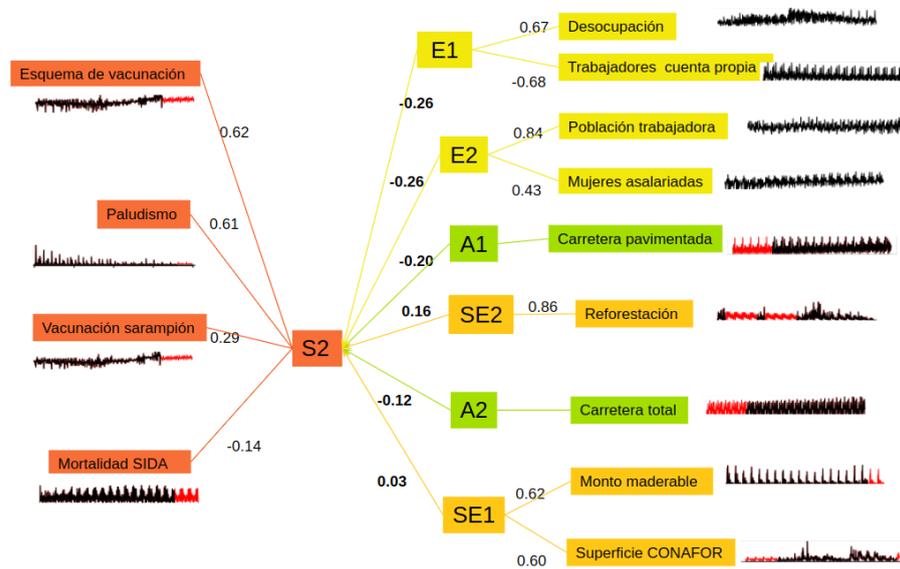


Figura 25. Relación entre la segunda dimensión del componente Sociedad (S) y los indicadores asociados a las dos dimensiones del PCA de los componentes Activos Antropogénicos (A), Económico (E) y Servicios Ecosistémicos (SE). Los números representan el peso del indicador en el PCA. Los números en negritas representan la intensidad de la relación entre componentes. Se incluye la serie de tiempo de los indicadores durante el periodo 2000-2019, indicando en rojo los datos imputados. Fuente: elaboración propia.

Resumen de valores promedio entre componentes

Después de haber revisado todas las relaciones entre los componentes y entre sus dimensiones de la sección anterior (Fig. 13-25), se promediaron aquellos valores marcados en negritas en estas figuras que representan el valor de las relaciones, esto con el fin de tener un panorama más amplio de la intensidad de la relación entre los componentes (Fig. 26). La relación más significativa fue entre el componente Institucional y Economía, con un valor de -0.30, le siguió Activos Antropogénicos-Sociedad y Naturaleza-Servicios Ecosistémicos, mientras que las relaciones más débiles fueron: Fuerzas Humanas-Naturaleza, Sociedad-Institucional y Servicios Ecosistémicos-Sociedad.

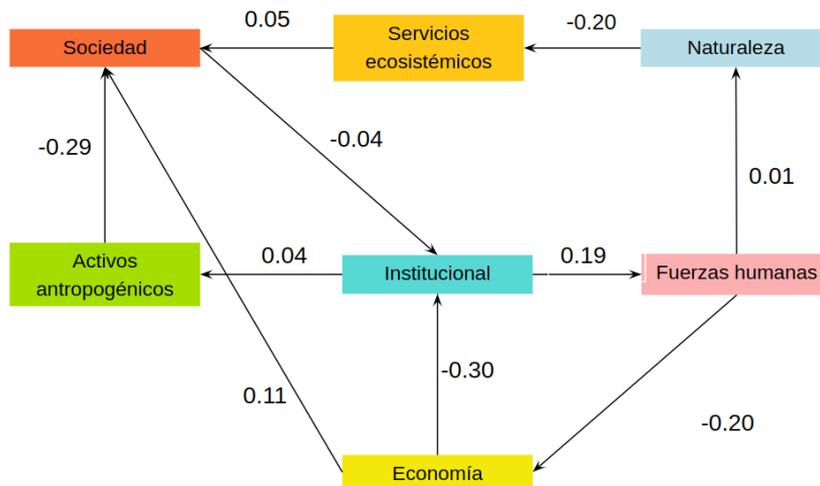


Fig. 26 Modelo Conceptual con los valores promedio para las relaciones de los componentes.
Fuente: elaboración propia.

Mapas de generales de sustentabilidad de cada componente por estado

Como resultado de analizar los indicadores que corresponden a cada componente del modelo, se hicieron promedios que mostraron el nivel de los indicadores y componentes para cada estado, en términos de sustentabilidad. A continuación, se presentan una serie de mapas que contienen una escala de colores, en donde los estados coloreados con mayor intensidad son aquéllos con los mejores desempeños en dicho componente. Estos mapas se diferencian de los anteriores, porque en éstos hemos tomado en cuenta que los indicadores tienen un carácter positivo o negativo (Tabla 1).

Mapa de sustentabilidad del componente Institucional

El componente Institucional tuvo mejores valores en promedio para Ciudad de México, Baja California Sur, Nuevo León, Chiapas (Fig. 27). No hay un claro patrón del por qué estos estados fueron los que tuvieron mayor ocurrencia en el componente Institucional, ya que estos estados están alejados geográficamente entre sí.

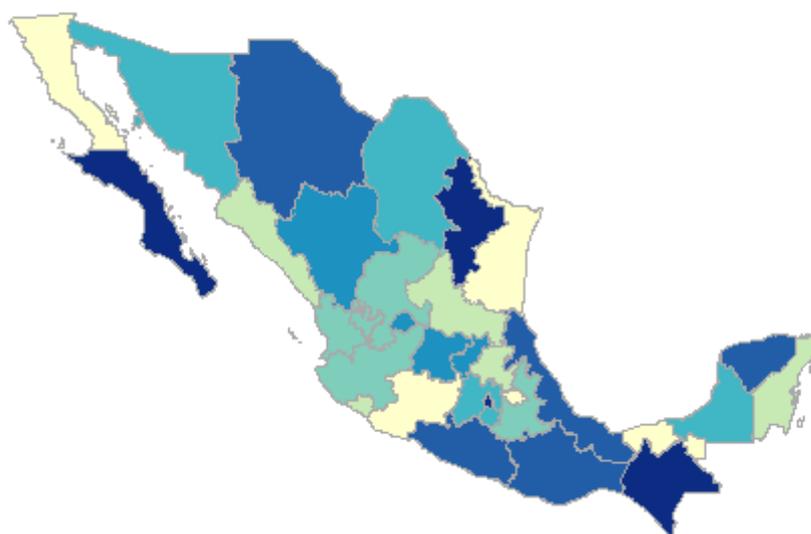


Figura 27. Mapa de México en el que se muestran los valores promedio para el componente Institucional. Fuente: elaboración propia.

Mapa de sustentabilidad del componente Activos Antropogénicos

Este componente toma valores altos para Ciudad de México, Estado de México, Jalisco, Veracruz, Chihuahua y Sonora (Fig. 28). Este componente incluye a los indicadores que tratan de longitud carretera, algunos de los estados que sobresalen en actividades terciarias tienen altos promedios para este componente.

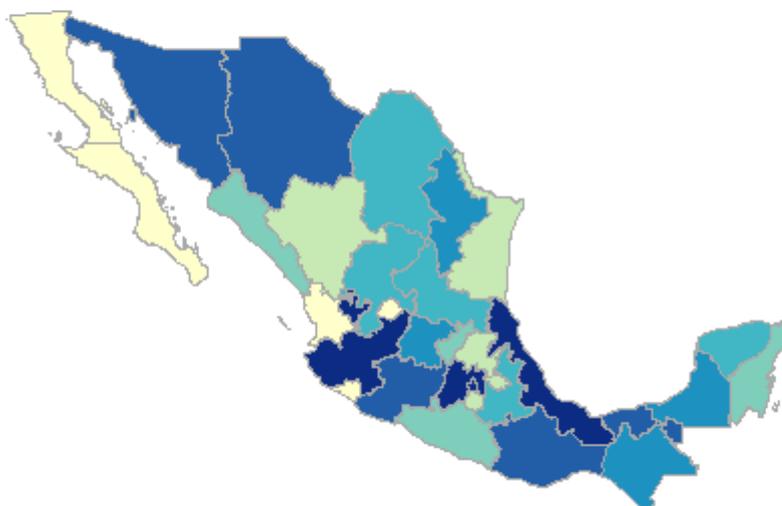


Figura 28. Mapa de México en el que se muestran los valores promedio para el componente Activos Antropogénicos. Fuente: elaboración propia.

Mapa de sustentabilidad del componente Fuerzas Humanas

En este componente están los indicadores Acuicultura, Residuos urbanos controlados, Cosecha riego y Cosecha temporal, estos indicadores en conjunto tienen mejor desempeño en Nuevo León, Tlaxcala, Puebla, Yucatán, Durango, Zacatecas, Guerrero y Quintana Roo (Fig. 29). Los estados con los promedios más

bajos son Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Michoacán y Tabasco, en donde las Fuerzas Humanas no tienen alto grado de sustentabilidad.

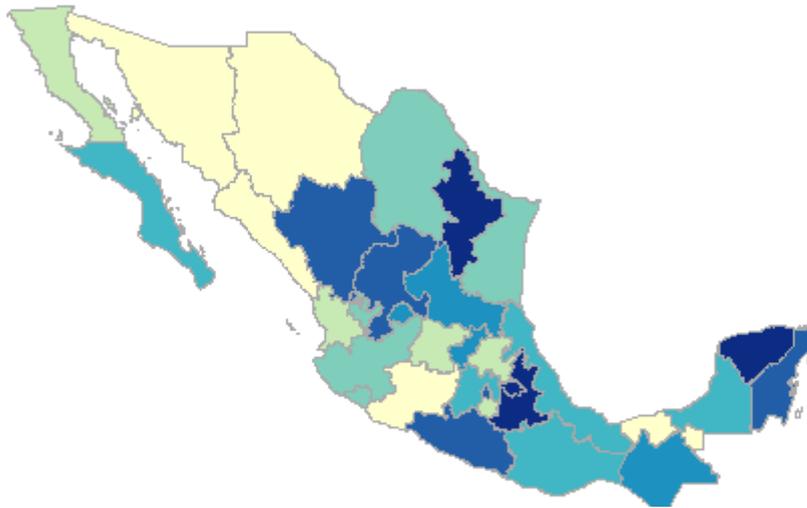


Figura 29. Mapa de México en el que se muestran los valores promedio para el componente Fuerzas Humana. Fuente: elaboración propia.

Mapa de sustentabilidad del componente Naturaleza

Este componente habla sobre Afectación por plagas, y tuvo mayor valor promedio para los estados de Tlaxcala, Puebla, Nuevo León, Tamaulipas, Durango y Baja California Sur (Fig. 30). Por otra parte, los menores promedios se encontraron en Sonora, Tabasco, Campeche y Yucatán. En este caso, se tiene que considerar que el indicador tiene un carácter negativo, y en el mapa la escala es diferente, es decir que los estados más coloreados son los menos afectados, y los más sustentables en este aspecto.

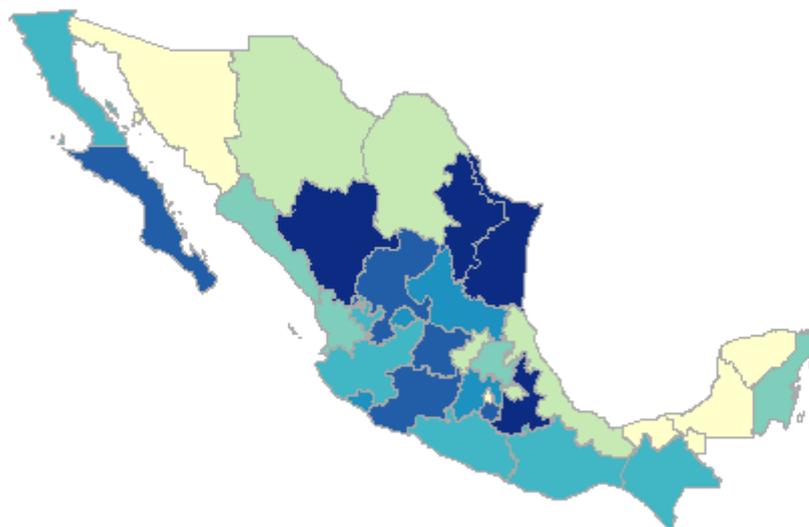


Figura 30. Mapa de México en el que se muestran los valores promedio para el componente Naturaleza. Fuente: elaboración propia.

Mapa de sustentabilidad del componente Economía

Los estados con mayores valores para el componente Economía fueron Baja California Sur, Nayarit, Colima, Quintana Roo, Yucatán, Ciudad de México, Sinaloa, Sonora y Baja California (Fig. 31). Por el contrario, los estados con menor valor promedio en Economía fueron: Veracruz, Chiapas, Estado de México, Tabasco, Zacatecas y Durango.

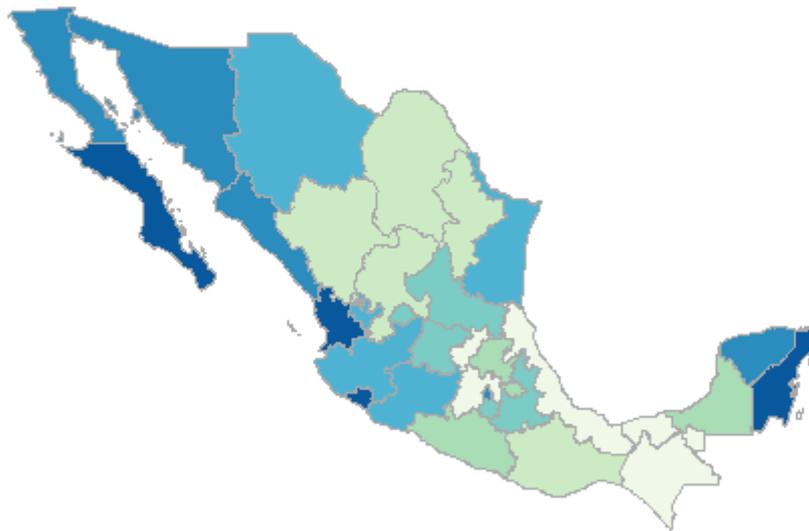


Figura 31. Mapa de México en el que se muestran los valores promedio para el componente Economía. Fuente: elaboración propia.

Mapa de sustentabilidad del componente Servicios Ecosistémicos

En este componente se observa que los valores más altos se encontraron en los estados de Puebla, Tlaxcala, Guanajuato, Guerrero, Nayarit, Zacatecas, Coahuila, Sonora y Chiapas (Fig. 32). La mayor parte de Servicios Ecosistémicos corresponde a sitios de bosques tropicales y de coníferas, como por ejemplo Puebla, Tlaxcala, Guerrero y Chiapas. Esto se debe a que los indicadores de este componente están relacionados a bosques.

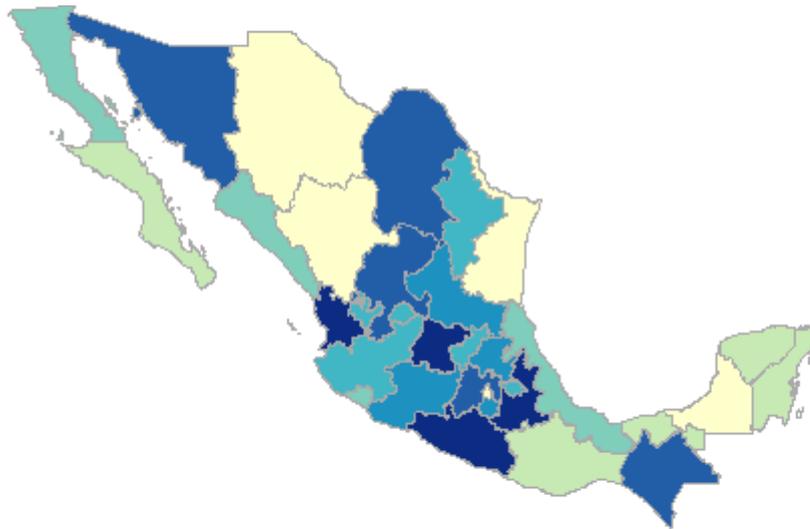


Figura 32. Mapa de México en el que se muestran los valores promedio para el componente Servicios Ecosistémicos. Fuente: elaboración propia.

Mapa de sustentabilidad del componente Sociedad

Los valores más altos para Sociedad se encontraron en Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Baja California Sur, Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí (Fig. 33). Es importante recordar que Sociedad incluyó indicadores relacionados a salud y educación. Los estados con los valores más bajos en Sociedad correspondieron a: Chihuahua, Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Yucatán. En general son los estados del sur de México los que no alcanzaron un alto grado de sustentabilidad en materia de Sociedad.

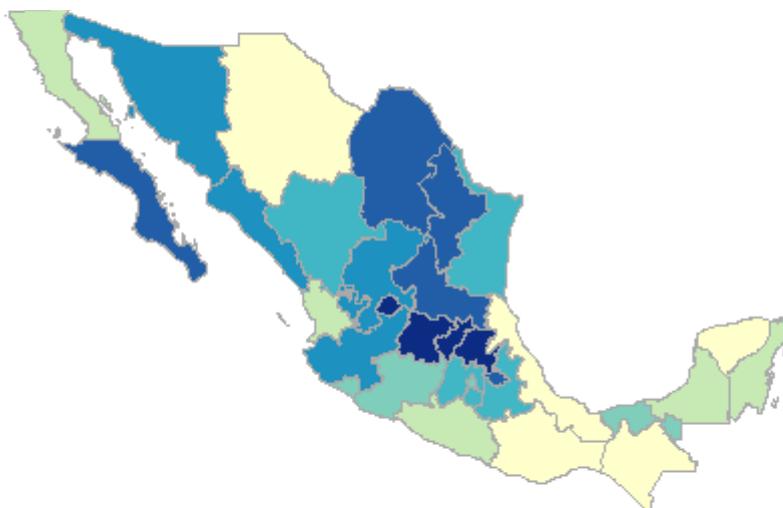


Figura 33. Mapa de México en el que se muestran los valores promedio para el componente Sociedad. Fuente: elaboración propia.

Mapa de sustentabilidad general

También se realizó un mapa de México con todos los componentes (Fig. 34) en donde se puede ver cuáles

fueron los estados que obtuvieron un mejor promedio para todos los componentes y éstos fueron: Nuevo León, Jalisco, Guanajuato y Guerrero, mientras que los estados con promedios más bajos para todos los componentes fueron: Sonora, Sinaloa, Campeche, Yucatán y Tabasco.

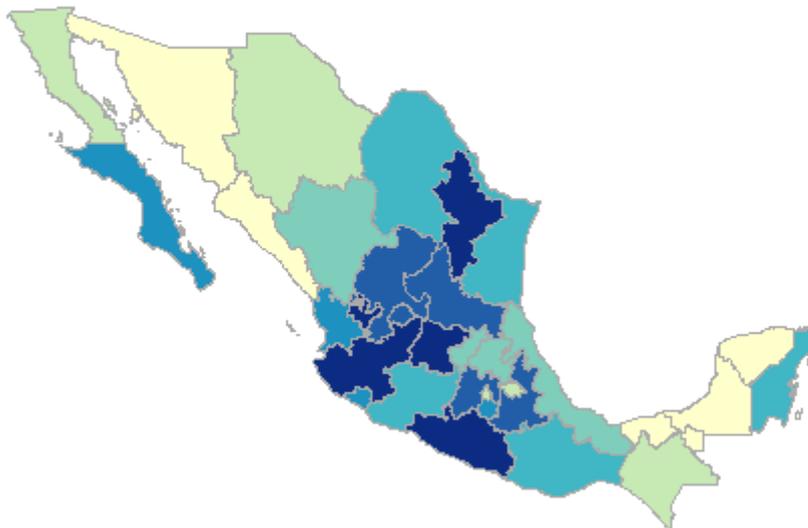


Figura 34. Mapa de México en el que se muestran los valores promedio general. Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

En esta sección se discuten los resultados de la investigación, comparándolos con la literatura, noticias e información adicional existente. Primero se discuten las relaciones planteadas en el modelo conceptual haciendo uso de las dimensiones provenientes de los análisis de componentes principales. Posteriormente, se discuten los mapas de México por promedio de cada componente, y en la parte final de esta sección se discute la conceptualización de la sustentabilidad y su relación con este trabajo, así como las limitaciones y consideración del modelo y el método.

Relaciones y PCA del componente Institucional

Retomando la Tabla 1, el componente Institucional conformado por los indicadores de Presupuesto CONAFOR y Fondo de Desastres Naturales (primera dimensión), se relaciona con los componentes Economía y Sociedad (Fig. 26).

De acuerdo con los datos del componente Economía, en México la mayor parte de los trabajadores por cuenta propia se ubican en Quintana Roo, Baja

California Sur, Colima, Yucatán y Jalisco (Fig. 10). Así mismo, la mayoría de los trabajadores por cuenta propia se dedican a cuestiones relacionadas con agricultura, comercio, turismo y construcción (OLA, 2022). Con respecto a Presupuesto de suelos forestales CONAFOR, los estados con mayor presupuesto son Guerrero, Sonora, Puebla, Veracruz, Nayarit y Chihuahua. De acuerdo con el modelo realizado, la relación es positiva; esto significa que, si aumenta el porcentaje de Trabajadores por cuenta propia, incrementa el presupuesto CONAFOR. Esta relación se puede explicar porque estos trabajadores por cuenta propia en el ámbito de agricultura están estrechamente ligados, ya que reciben apoyo gubernamental. Algo que apoya esta relación es que en los últimos dos años (2021-2022), el presupuesto de CONAFOR ha sido el más bajo registrado (Forbes, 2021) y del mismo modo la cantidad de despidos en esta institución ha aumentado (El Sol de Tlaxcala, 2019), reforzando así la idea de que si uno de estos indicadores disminuye/aumenta, el otro también lo hace.

Otra relación entre Economía e Institucional es Población trabajadora y Presupuesto CONAFOR, la cual es negativa y por lo tanto si aumenta la población en edad de trabajar, el presupuesto CONAFOR disminuye. Esta interpretación es consistente con los resultados, debido a que estados con valores altos para Presupuesto CONAFOR y Desastres Naturales, tienen valores bajos en Población trabajadora y en Mujeres asalariadas; este es el caso de Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Zacatecas (Fig. 6 y 10).

Continuando con las relaciones, siguen aquellas entre Mujeres asalariadas con Presupuesto de CONAFOR y Fondo de Desastres Naturales, las cuales son negativas (Fig. 13). De acuerdo a la OCDE, México actualmente tiene una de las menores tasas de participación laboral femenina (OCDE,2021) a pesar de que entre 2005 y 2019 esta participación había logrado aumentar (Castillo, 2023). En dichos años esto concuerda con lo planteado por nuestra relación ya que, si Mujeres Asalariadas aumentaba, Presupuesto CONAFOR y Fondo de Desastres Naturales disminuirían. Sin embargo, esta relación cambió desde el 2019 (año en que acaba nuestra serie de tiempo de datos disponibles); esta dinámica cambió porque a partir del 2019 el número de Mujeres Asalariadas disminuyeron como una consecuencia de la Pandemia por COVID-19 (Castillo, 2023). De esta manera, después del 2019 disminuyeron las Mujeres Asalariadas, pero también disminuyó el Presupuesto CONAFOR y el Fondo de Desastres Naturales, cambiando así la concordancia entre nuestra relación planteada y la realidad.

En la segunda dimensión del componente Institucional hay dos indicadores, el primero de ellos es el Índice de desarrollo humano de PNUD (IDH) y el segundo es la Proporción de mujeres en los congresos locales (Diputadas), ambos indicadores tienen las relaciones más significativas con Población trabajadora, Trabajadores por cuenta propia y Desocupación. En el caso de los trabajadores por

cuenta propia y no remunerados, si la proporción de este indicador aumenta, disminuye el IDH. Esto es consistente con la literatura, ya que se reporta que los trabajadores por cuenta propia tienen menor IDH en comparación con los asalariados y empleadores (PNUD, 2010). Adicionalmente, las mujeres en general tienden a tener una menor proporción de IDH, ya sean asalariadas o trabajadoras por cuenta propia (PNUD, 2010). El desarrollo humano es la ampliación de las opciones de las personas, acrecentando las funciones y capacidades humanas (López & Velez, 2003). El PNUD cada año calcula el IDH, basándose en tres indicadores: esperanza de vida al nacer, nivel de educación y el nivel de ingreso per cápita ajustado.

La relación entre Tasa de desocupación e IDH fue positiva. En la literatura se reporta que el empleo se relaciona con un mejor desarrollo humano. La falta de empleo o su mala calidad es tal vez la relación más clara entre vulnerabilidad y pobreza ya que los ingresos económicos derivados del trabajo simbolizan la fuente más importante para la sobrevivencia de los hogares (CEPAL, 2000). Para muchas familias contar con un empleo estable garantiza la estabilidad económica. De aquí la importancia de tomar en cuenta el IDH en el tema de sustentabilidad, ya que es un índice que trata de integrar diferentes aspectos elementales de la vida del ser humano. De acuerdo con los resultados mostrados, los estados con mayor Tasa de desocupación son Chihuahua, Coahuila, Querétaro, Tabasco, Tamaulipas, Aguascalientes, Sonora, Nuevo León, Estado de México y Ciudad de México. Los estados con mayor IDH son la Ciudad de México, Baja California, Nuevo León, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Coahuila, Aguascalientes y Tamaulipas. La relación positiva entre ambos indicadores toma entonces sentido. Por ejemplo, si se toman como referencia a los estados de la región norte de México, hay un alto grado de participación en actividades primarias como agricultura, ganadería, pesca, minería, explotación forestal así como maquiladoras, manufactura y en algunos casos a la extracción de petróleo. Parece ser que, en donde hay más desocupación hay mayor diversidad de actividades económicas y un mayor IDH ya que ambos indicadores coinciden para dichos estados como ocurre en Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Ciudad de México.

En la Figura 14, se muestra la relación entre Población trabajadora y Mujeres asalariadas con IDH, la cual es positiva en ambos casos. Esto quiere decir que, si aumenta alguno de los indicadores de esta dimensión de Economía, aumenta el IDH o viceversa. En general los estados con mayor número de mujeres asalariadas son la Ciudad de México, Sinaloa, Sonora, Nayarit e Hidalgo, las cuales se desempeñan principalmente en servicios sociales, domésticos, restaurantes, servicios de alojamiento, comercio y gobierno. En 2022, Ciudad de México, Baja California, Baja California Sur, Colima, Nuevo León, Quintana Roo, Querétaro, Coahuila y Jalisco fueron los estados con mayor participación de mujeres trabajadoras, mientras que dos de los estados con menor participación femenina fueron Chiapas y Veracruz

(IMCO, 2022). Estos estados también coinciden con los que tienen los mayores valores para el IDH, ya que donde hay más oportunidades laborales, suele ser más alto el IDH, como resultado de que el trabajo permite a las personas ganarse el sustento y tener seguridad económica (PNUD, 2015). La relación que hay entre la población trabajadora y las mujeres asalariadas es importante porque uno de los factores que podrían impulsar al incremento del IDH es una mayor población ocupada (PNUD, 2010), y es la misma sociedad la que tiene potencial para generar desarrollo mediante las condiciones de mercado (PNUD, 2015)

El segundo indicador de la segunda dimensión del componente Institucional es la Proporción de diputadas. En México, el 48.4% de los parlamentarios están ocupados por mujeres (INMUJERES, 2022). La relación entre Diputadas y Trabajadores por cuenta propia es negativa, mientras que con Desocupación, Población trabajadora y Mujeres asalariadas es positiva, esto significa que cuando aumenta la proporción de diputadas, disminuye la proporción de trabajadores por cuenta propia, aumenta la desocupación, la población trabajadora y las mujeres asalariadas. De acuerdo con el INEGI, en 2018 los estados con mayor número de mujeres en ayuntamientos fueron Chiapas, Querétaro, Tabasco, Tamaulipas, Quintana Roo, Zacatecas, Nuevo León y Coahuila. También se ha reportado que la mayoría de las mujeres diputadas pertenecen a la clase media y que cuentan con estudios medios-superiores o profesionales, casadas y en su mayoría nacidas en la Ciudad de México (Castro, 1998). Parece ser que hasta ahora no hay una relación directa que explique por qué hay más mujeres diputadas en los estados mencionados anteriormente ya que para ser diputado se accede por elección popular o por designación de partido político; aún así es importante notar que México ha tenido grandes avances en la inclusión de mujeres en posiciones de poder, ya que casi hay una representación del 50% de mujeres en algún puesto político (Banco Mundial, 2022).

Relaciones del componente Activos antropogénicos

En el componente de Activos Antropogénicos, hay dos indicadores asociados a la infraestructura carretera del país, los cuales se relacionan únicamente con el componente Institucional, de acuerdo a lo planteado por el modelo conceptual (Fig. 4). Recordemos que los Activos antropogénicos hacen referencia al conocimiento, tecnología, activos financieros, infraestructura etc. que, junto a la naturaleza, traen beneficios para las personas, por lo que hay más literatura e investigaciones que caen en este componente de las que han sido analizadas aquí. En este caso se han visto indicadores de carreteras, los cuales hacen referencia a la transformación del paisaje natural para la construcción de superficies pavimentadas (IPBES, 2019). Como se menciona en el IPBES, los activos antropogénicos enfatizan que la calidad de vida incrementa si hay una co-producción de beneficios entre naturaleza y personas. En el caso de este modelo (Fig. 4) el componente Institucional es el que

tiene la capacidad de incidir en el componente de Activos Antropogénicos y éste en la Sociedad y de nueva cuenta este último en el componente Institucional.

La relación entre Carretera pavimentada con IDH y Diputadas es positiva, esto concuerda con la literatura, por que pavimentar las calles y carreteras tiene un impacto positivo en la vida de las personas, en particular en inversión de bienes duraderos, adquisición de un vehículo, el valor de las propiedades y mejoras en el hogar (J-Pal, 2009). Así el aumento de la infraestructura influye directamente en el bienestar de la sociedad y por ello supone una mejora para el IDH.

Continuando con el segundo indicador de Activos antropogénicos, los resultados arrojaron que, cuando aumenta Carretera total (no necesariamente pavimentada), también lo hace Presupuesto CONAFOR y Fondo de desastres naturales, pero disminuye el IDH y la Proporción de diputadas. A pesar de que no hay mucha información que relacione directamente esta explicación, se puede ver una retroalimentación dentro del modelo debido a que la infraestructura carretera es una pieza fundamental para el desarrollo e inversión (Perez, 2008), influyendo así de manera directa en los salarios, transportes, educación, salud, etc. y mejorando la vida de las personas. Por lo tanto, si hay mayor desarrollo, habrá más carreteras.

Relaciones y PCA del componente Fuerzas Humanas

En el componente de Fuerzas Humanas se incluyen tres indicadores relacionados con actividades primarias, Cosecha de temporal, Cosecha de riego y Acuacultura, y uno relacionado al control sanitario, Residuos urbanos controlados.

Los resultados sugieren que, en donde hay valores más altos de IDH, hay menor Acuacultura, Cosecha de riego y Cosecha de temporal, pero hay mayor proporción de Residuos urbanos controlados (Figs. 17 y 18). Recordando que los estados con mayores valores de IDH son la Ciudad de México, Baja California, Baja California Sur, Nuevo León, Sonora y Sinaloa, es importante notar que también son sitios en donde se encuentran algunas de las ciudades más pobladas del país, y por lo tanto hay mayor proporción de desechos sólidos, debido a que albergan a grandes ciudades. Sin embargo, también los resultados sugieren que al haber mayor IDH en esos estados, las actividades agropecuarias serían mínimas lo cual no coincide por completo ya que Sinaloa y Sonora son dos estados con gran importancia en la agricultura y también tienen altos valores de IDH, aunque sí coinciden para otros estados como por ejemplo Oaxaca y Chiapas que no tienen valores altos de IDH pero sí tienen actividades como cosecha de temporal; lo mismo ocurre con Veracruz y Tabasco.

Los sectores agrícola y pesquero dependen de los recursos naturales para su producción y explotación (FAO, 2012). De acuerdo con CONAGUA, la mayor parte de la agricultura en México es de riego con un porcentaje de 95.6% en comparación

a la de temporal con un 4.4%. Aunque la agricultura en su conjunto aporta 3.7% al PIB nacional (INEGI,2014), su importancia va más allá de lo económico, y es importante señalar que las actividades agropecuarias se realizan principalmente en zonas rurales, en donde también vive el mayor porcentaje de personas en situación de pobreza (Corona, 2016). Esto coincide con los resultados, ya que en sitios donde es menor el IDH, es mayor la Cosecha de riego y temporal.

El segundo indicador que ocurre en específico en las zonas urbanas ayuda a remarcar la importancia de las ciudades como el mayor consumidor de insumos primarios de energía y agua, así como el principal sitio de emisiones de gases de efecto invernadero. Un manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos abre una oportunidad para mitigar los efectos del cambio climático y generar beneficios para la salud pública y el medio ambiente local. Por ello el manejo de los residuos sólidos ha tomado tal relevancia en particular en las ciudades, ya que son las ciudades un frente de batalla para prácticas sustentables (McPhearson, 2016). Los sitios con mayor IDH son los sitios con mayor porcentaje de Residuos urbanos controlados; esto como resultado de que en las ciudades es donde hay mayor calidad de vida y una mayor infraestructura para el tratamiento de residuos en comparación con las zonas rurales. Adicionalmente, los estados en donde hay mayor recolección de basura son: Estado de México, Ciudad de México, Jalisco, Veracruz, Nuevo León, Guanajuato y Puebla (INEGI, 2019).

El presupuesto CONAFOR se relaciona negativamente con Residuos urbanos controlados, y positivamente con Cosecha de temporal, Acuacultura y Cosecha de riego; esto como resultado de que aquellos sitios en donde hay más bosques o sitios destinados para recibir presupuesto de CONAFOR, son los sitios en donde también prevalecen actividades primarias, que por lo regular son zonas rurales, mismas en las que no hay tanta producción ni recolección de residuos en comparación con las zonas urbanas. Lo mismo ocurre con el Fondo de desastres naturales que se relaciona positivamente con la cosecha de riego, la acuacultura, cosecha de temporal y negativamente con los residuos urbanos controlados.

La Proporción de diputadas se relacionan de manera negativa con Acuacultura, Cosecha de riego, Cosecha de temporal y de manera positiva con Residuos urbanos controlados. De acuerdo a los PCA, la segunda dimensión del componente Institucional en donde se encuentra Diputadas tiene valores altos para los estados de Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, mientras que Acuacultura y Cosecha de riego toman valores altos en Quintana Roo, Campeche, Yucatán, Querétaro, Aguascalientes y Ciudad de México y valores bajos en Sinaloa, Sonora, Jalisco, Michoacán, Veracruz, Tabasco y Chiapas. En este sentido, la relación positiva entre la Proporción de diputadas y Residuos Urbanos Controlados existe porque se espera que en los estados con mayor cantidad de ciudades haya más

avances en políticas y esfuerzos de equidad de género, ya que las ciudades son los grandes centros de desarrollo.

Relaciones del componente Naturaleza

El componente de naturaleza se relaciona con Fuerzas humanas, en donde Acuacultura, Cosecha de riego y Residuos urbanos controlados se relacionan negativamente con Superficie afectada por plagas. Así, si aumenta Afectación por plagas, disminuye la producción de Acuacultura, Cosecha de riego y Residuos urbanos controlados, mientras que si aumenta Cosecha de temporal, también aumentan la Afectación por plagas.

La cosecha de temporal depende de las lluvias y de la capacidad del suelo para captar el agua. Algunos de los cultivos de temporal más sobresalientes son el maíz, el limón y el sorgo (SADER, 2012). De acuerdo con la FAO (2019) cerca de un 40% de la cosecha a nivel mundial se pierde a causa de las plagas, además de que empeora la calidad de los cultivos. Por ello se han contratado seguros en México y en el año de 2018 se aseguró más del 50% de la superficie agrícola (Agroasemex, 2019), siendo los más asegurados los cultivos de maíz, trigo y sorgo, que también son los principales tipos de cultivo de temporal.

Como se ha mencionado anteriormente, los sitios más afectados por plagas son aquellos en donde hay más actividades agrícolas; más cosechas y por lo tanto son aquellos sitios rurales donde hay menos producción de residuos sólidos.

Relaciones y PCA del componente Economía

En la relación entre Economía y Fuerzas Humanas se puede observar que Residuos urbanos controlados se relacionan de manera negativa con Trabajadores por cuenta propia (Fig. 20). Por otro lado, Cosecha de temporal, Acuacultura y Cosecha de riego se relacionan positivamente con Trabajadores por cuenta propia.

En la literatura se ha reportado que los tres estados que más contribuyen al PIB son los que más producen residuos sólidos urbanos, ya que son sitios en donde hay más concentración de población. Adicionalmente, los trabajadores por cuenta propia tienden a tener menores remuneraciones económicas, y regularmente tienen preocupaciones como el acceso a la salud y el cuidado de la misma debido a la falta de seguros de salud (Areous, 2011). Otro aspecto a considerar sobre los trabajadores de cuenta propia es el lugar en donde ejercen, los trabajadores que tienen lugares ambulantes/informales de trabajo tienden a tener menos salarios que aquellos que ocupan un lugar fijo.

Los Residuos urbanos controlados se relacionan positivamente con Desocupación y los que se relacionan negativamente con Desocupación son Cosecha de temporal, Acuacultura y Cosecha de riego.

Por último, Residuos controlados y Cosecha de temporal se relacionan positivamente con Población trabajadora y con Mujeres asalariadas. Como se ha visto hasta ahora, los sitios con mayor número de residuos controlados fueron: Ciudad de México, Baja California, Baja California Sur, Nuevo León, Quintana Roo y Aguascalientes, y los sitios con mayor población trabajadora fueron Ciudad de México, Baja California Sur, Quintana Roo, Yucatán, Jalisco, Colima y Nuevo León, mientras que los estados con mayor número de mujeres asalariadas fueron Ciudad de México, Sinaloa, Baja California Sur, Quintana Roo, Jalisco, Colima, Nayarit y Querétaro. Esta relación parece coincidir ya que algunos estados se repiten en los tres indicadores. Estos tres indicadores de residuos, población trabajadora y mujeres asalariadas se ven influenciados porque todos ellos tienen valores más altos en donde hay estados con mayor participación económica.

Relaciones y PCA del componente Servicios ecosistémicos

Retomando el único indicador del componente Naturaleza, Afectación por plagas, éste se relaciona con Servicios ecosistémicos de manera negativa con los indicadores que lo componen: Monto maderable, Superficie CONAFOR y Reforestación (Figs. 22 y 23). Los bosques son un sustento importante para la humanidad porque proveen de bienes y servicios ambientales (FAO, 2018), sin embargo su salud se ve afectada por diversas causas entre ellas la tala, las plagas, la sobreexplotación, incendios forestales, pastoreo, etc. (FAO, 2011), las cuales se ven favorecidas como respuesta ante el cambio climático. Al comprometerse el estado de los bosques también se ve afectada la producción maderable en estos sitios; esta es la razón de que el cuidado y bienestar de los bosques sea un tema de importancia en el contexto de la sustentabilidad. En el país los estados con más problemas que afectan a los bosques son Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Hidalgo y Jalisco (Vega, 2022). Adicionalmente, a pesar de que la Afectación de plagas aumenta, el Presupuesto CONAFOR ha disminuido. En general, en México el presupuesto de CONAFOR ha disminuido mientras que la afectación por plagas ha aumentado.

Relaciones y PCA del componente Sociedad

El componente Sociedad, relacionado con los componentes de Economía, Activos antropogénicos y Servicios ecosistémicos presenta las siguientes relaciones.

La primera dimensión del componente Sociedad tiene una mayor relación con la primera dimensión del componente Economía, conformada por los indicadores de Trabajadores por cuenta propia y Desocupación. Los Trabajadores por cuenta propia se relacionan negativamente con la Alfabetización, Enseñanza primaria y Enseñanza secundaria, Mortalidad relacionada al SIDA. Por otro lado, este indicador se relaciona de manera positiva con Enfermedades diarreicas, Enfermedades

respiratorias, Mortalidad materna, Esquema de vacunación, Paludismo y Sarampión, así que si disminuyen los Trabajadores por cuenta propia, estos últimos también.

La Tasa de desocupación, al estar relacionada positivamente con la Alfabetización, la Enseñanza primaria y secundaria, indica que si aumenta la Desocupación, también aumentan los indicadores mencionados anteriormente, pero disminuyen las Enfermedades diarreicas y respiratorias así como la Mortalidad materna, Esquema de vacunación, Paludismo, Vacunación sarampión y la Mortalidad relacionada al SIDA.

El siguiente componente más relacionado es Activos Antropogénicos, conformados por Carretera total y Carretera pavimentada (pavimentada/total), en donde los indicadores relacionados positivamente con Carretera total son Enfermedades diarreicas, Enfermedades respiratorias, Mortalidad materna y Mortalidad SIDA y de manera negativa Alfabetización, Enseñanza primaria, Enseñanza secundaria, Esquema de vacunación, Paludismo y Vacunación sarampión. En el caso de Carretera pavimentada los relacionados positivamente son Enfermedades diarreicas, Enfermedades respiratorias, Mortalidad materna, Mortalidad SIDA; y de manera negativa Alfabetización, Enseñanza primaria, Enseñanza secundaria, Esquema de vacunación, Paludismo, Vacunación y Sarampión. En ambos indicadores ocurren cosas similares, ya sea que si aumentan Carretera pavimentada o Carretera total, aumentarán las Enfermedades diarreicas, Enfermedades respiratorias, Mortalidad materna y Mortalidad SIDA y disminuirán Alfabetización, Enseñanza primaria, Enseñanza secundaria, Esquema de vacunación, Paludismo y Vacunación sarampión.

Continuando con la segunda dimensión del componente Economía, Población trabajadora y Mujeres asalariadas se relacionan positivamente con la alfabetización, enseñanza primaria y secundaria, así como con la Mortalidad relacionada al SIDA, y negativamente con Enfermedades diarreicas, Enfermedades respiratorias, Mortalidad materna, Esquema de vacunación completo, Paludismo y Sarampión.

De acuerdo con los puntos anteriores, las enfermedades diarreicas son mayores en aquellos sitios en donde hay menores actividades económicas (componente economía). En la literatura se ha descrito que algunos factores determinantes para que los niños enfermen son: nivel escolar y edad de la madre, desnutrición y el nivel económico (Olaiz,2020), por lo que un factor importante es nivel socioeconómico en el que se desarrollan los niños, siendo más vulnerables aquellos que viven en situación de pobreza, o falta de acceso a recursos. En México, algunos de los estados que han presentado mayor número de Enfermedades diarreicas son: Zacatecas, Nayarit, Nuevo León, y Tamaulipas. Algunos de estos estados tienen altas tasas de pobreza; sin embargo, otro factor importante para la propagación de estas enfermedades son las altas temperaturas

que prevalecen en algunos estados, ya que altas temperaturas incrementan el número de virus, bacterias y otros organismos asociados a enfermedades diarreicas.

En México, los estados con mayor porcentaje de población analfabeta son Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz y Chiapas, mientras que el que tiene menos es la Ciudad de México (INEGI, 2021); esto coincide con los resultados, ya que los estados con menos alfabetización son aquellos en donde la economía es menos favorable, principalmente en asentamientos rurales.

La enseñanza primaria y secundaria es mayor en donde los indicadores económicos tienen mayor éxito; el estado con menores valores para secundaria es Chiapas, y el máximo la Ciudad de México. En el caso de Enseñanza primaria, los valores mínimos están en Veracruz, Chihuahua y Tamaulipas, y el mayor de nueva cuenta en la Ciudad de México. Se ha encontrado que factores que influyen en esta desigualdad educativa son el contexto socioeconómico, el contexto geográfico, la distribución del ingreso, el gasto público en educación, etc. (Morán, 2019). Esta desigualdad suele ser mayor en los estados del sur de México, por ello en esos sitios se reportan los menores niveles de Enseñanza Primaria y Secundaria.

De acuerdo con los resultados, se espera que haya menos enfermedades respiratorias agudas en los sitios con más carreteras, y más en sitios donde hay mayor actividad económica. Las enfermedades respiratorias en niños pueden ser originadas por diversas causas entre ellas: bajo peso al nacer, lactancia materna poco eficaz, hacinamiento, exposición al humo, desnutrición, vacunación incompleta (Secretaría de Salud, 2015). En México los sitios con mayor número de niños afectados por éstas son Estado de México, Jalisco y Ciudad de México, lo cual está causado por su cercanía a vialidades concurridas y a otros contaminantes atmosféricos en las ciudades, así como el uso de combustibles contaminantes en la cocina (OMS, 2018).

En México, la muerte materna es menos común en las localidades más desarrolladas. Sin embargo, en las poblaciones más pobres y con una alta proporción de población indígena, sigue siendo un fenómeno frecuente (UNFPA, 2018), lo cual coincide con los resultados, los cuales plantean que es menor la Mortalidad materna en donde hay mayor desarrollo económico.

La Mortalidad relacionada al VIH-SIDA tiene mayores tasas en Quintana Roo, Colima y Campeche. Las entidades con las tasas más bajas son Tlaxcala, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán, Durango, Aguascalientes, Coahuila e Hidalgo (INEGI, 2020). La Mortalidad por SIDA es mayor en sitios donde hay más Trabajadores por cuenta propia, Carreteras, Población trabajadora y Mujeres asalariadas, y en donde hay menor Desocupación. Es importante mencionar que la mayor mortalidad por SIDA ocurre en personas con menos recursos económicos

(ONU, 2011). Esto es consistente con los resultados pero solo para algunos estados, ya que quizá la mortalidad no sea mayor solo por la situación económica del estado y quizá esté más relacionada a cuestiones culturales, y el diagnóstico oportuno de la enfermedad.

Consideraciones metodológicas

Como consideraciones sobre la metodología usada, algunos de los componentes del modelo conceptual carecían de indicadores e información para poder alimentar de mejor manera los componentes y las relaciones. De igual manera, la falta de información en determinados periodos de tiempo o para ciertos estados supone una dificultad para poder imputar de una manera más óptima. Sería bueno hacer el ejercicio de ampliar la búsqueda de más indicadores, y que estén actualizados. Algunos de los indicadores han desaparecido de la fuente de datos original debido a actualizaciones en las fuentes que los alimentan, por lo tanto no podría ser replicado este ejercicio con los mismos metadatos, sin embargo se puede acceder a las versiones actualizadas de dichos indicadores.

Discusión de los mapas de México por componente según el promedio

Institucional

Cómo se ha mencionado anteriormente, los estados con mayores valores para el componente Institucional son Nuevo León, Baja California Sur, Chiapas, Ciudad de México y Yucatán. La aparición de dichos estados se debe a distintas razones. Una de ellas es que el IDH es alto en la ciudad de México, Nuevo León y Baja California Sur, mientras que la aparición de Chiapas con uno de los mejores promedios para el componente institucional se debe a sus valores altos en Presupuesto CONAFOR y Fondo de Desastres Naturales.

Los estados peor calificados para este componente son Michoacán, Tlaxcala, Tamaulipas y Tabasco, los cuales son algunos de los estados en México que salieron con valores más bajos para el IDH. Este componente tiene tres indicadores dedicados a cuestiones presupuestales, lo cual supone un sesgo para los estados, ya que no todos reciben el mismo presupuesto; además, el otro indicador de este componente que trata de equidad de género (Composición de congresos locales por sexo), también responde a cuestiones socioculturales que no se encuentran consideradas dentro de los indicadores y del modelo.

Activos Antropogénicos

De acuerdo a la Red Nacional de Caminos, en 2022 los estados con mayor longitud de carreteras fueron: Chihuahua, Sonora, Veracruz, Jalisco, Chiapas, Oaxaca, Durango, Michoacán, Tamaulipas y Guerrero (IMT, 2022). Algunos de ellos

coinciden con los datos disponibles hasta el 2019. Estos estados se caracterizan por ser estados que exportan productos hacia el resto del país, o fuera de éste; esto se relaciona con el hecho de que el sector más beneficiado por la inversión sea el industrial en esas mismas áreas. Pero es importante saber que las carreteras también responden a cuestiones de densidad poblacional y a la geografía del territorio, por lo cual en algunos sitios, si bien existen caminos, éstos no están pavimentados en su totalidad, o en otras zonas la geografía hace casi imposible la tarea de realizar caminos. Como podemos ver, la construcción de nuevos caminos y carreteras responde a demandas principalmente económicas como son la exportación e importación, así como a la extensión del territorio urbano, razón por la cual sitios vulnerables podrían verse excluidos de la construcción de nuevos caminos y carreteras. Recordando que este componente incluye infraestructura, avances de ciencia y tecnología, se podría ampliar el catálogo de indicadores con información relacionada a estas cuestiones.

Fuerzas Humanas

Como se ha visto, en este componente integrado por Acuacultura, Residuos Urbanos, Cosecha de Riego y Cosecha de temporal, los estados más destacables fueron Nuevo León, Yucatán, Puebla, Tlaxcala y Quintana Roo. De estos estados, Puebla es uno de los seis estados en México que encabezan la producción anual en el sector agropecuario (CEDRSSA, 2020). Yucatán es uno de los principales productores en Acuacultura (SADER, 2020), aunque algunos de los otros Estados con mayor presencia en esta área son Morelos, Nayarit, Jalisco y Veracruz (SADER, 2022).

En cuanto a Residuos urbanos controlados los que generan mayor cantidad son el Estado de México, Ciudad de México, Jalisco, Veracruz y Nuevo León. Es interesante el hecho de que existe una relación entre estos estados, ya que también son aquéllos que contribuyen en mayor medida al PIB nacional (SNIARN, 2012). Como se ha mencionado, el componente de Fuerzas Humanas incluye a las actividades humanas y su influencia en el entorno, por lo cual sería útil ampliar la información de este componente con indicadores de turismo, seguridad, violencia, etc.

Naturaleza

Los estados menos afectados por plagas según los datos disponibles del 2000 al 2019 son Tlaxcala, Puebla, Nuevo León, Tamaulipas y Durango, y de acuerdo con CONAFOR (Gómez, 2022), los estados con más afectaciones son Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Hidalgo y Jalisco.

De acuerdo con CONAFOR (2021), de las 25 mil hectáreas afectadas por plagas, la mayoría corresponden a plantas parásitas, insectos descortezadores y defoliadores (CMICEF, 2021); además, se ha mencionado, que algunas

problemáticas para frenar las plagas son cuestiones sociales como inseguridad y la tenencia de las tierras (CMICEF, 2021). Estos aspectos no están incluidos dentro de este estudio, y sería bueno integrarlos, así como integrar más indicadores de Naturaleza como lluvias, biodiversidad, suelos, etc., ya que un solo indicador en Naturaleza no puede representar el estatus de cada estado en este componente.

Economía

Es importante recordar que los indicadores presentes en esta investigación no necesariamente explican a los estados con las mejores economías del país. Sin embargo, hasta el año 2021 los estados con mayor PIB son: Ciudad de México, Estado de México, Nuevo León, Jalisco, Veracruz, Guanajuato y Baja California (STATISTA, 2023).

De acuerdo con el INEGI (2020), Jalisco, Michoacán, Sinaloa y Sonora son los principales estados en aportar en actividad primaria al PIB nacional (agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza). En actividades secundarias (minería, manufacturas, construcción y generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y suministro de gas), los estados que más destacan son Nuevo León, Jalisco, Estado de México, Coahuila y Sonora. En actividades terciarias los estados más notables son Ciudad de México, Nuevo León, Jalisco, Veracruz, Guanajuato, Puebla, Baja California, Chihuahua, Tamaulipas y Michoacán. En el mapa del componente Economía (Fig. 32), los estados que se desempeñan mejor son Quintana Roo, Yucatán, Baja California Sur, Nayarit, Colima, Ciudad de México, Sinaloa, Sonora, Jalisco, Michoacán y Tamaulipas. Algunos de estos estados coinciden con aquellos que más contribuyen al PIB nacional; sin embargo, los indicadores de economía describen cuestiones de carácter más socioeconómico, en lugar de ser totalmente económicos, esto debido a la falta de indicadores adecuados para la escala espacial y temporal.

Servicios Ecosistémicos

Aunque México es un país con una gran biodiversidad, los estados en los que hubo mayor actividad relacionada a Servicios Ecosistémicos fueron: Guerrero, Nayarit, Puebla, Guanajuato, Chiapas, Coahuila, Zacatecas, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, San Luis Potosí y Nuevo León. Esto como resultado de que dichos indicadores únicamente son de carácter forestal. La mayor parte de los Servicios Ecosistémicos corresponde a sitios de bosques tropicales y de coníferas, además también muchos de los estados del centro del territorio nacional son los que más destacan en este ámbito. Es importante hacer la reflexión de que se necesitan otros indicadores que diversifiquen este componente, para que así la importancia de otros ecosistemas y sus servicios ecosistémicos resalte, ya que aquí solo logran resaltar aquellos estados relacionados a alguna actividad forestal.

Sociedad

Recordemos que en el componente Sociedad los indicadores corresponden a salud o educación, y se encuentran representados en un mapa de promedios (Fig. 33). Como se ha mencionado anteriormente, algunos de los estados con mejores promedios fueron: Nuevo León, Jalisco, Guanajuato y Guerrero. Es importante notar que hay estados que quizá tienen buen promedio en temáticas de educación pero no en temáticas de salud, y su promedio disminuye, tal es el caso de la Ciudad de México, de la cual se esperaría un alto grado de educación y salud.

En cuestiones de educación, CONEVAL reportó que en 2020 Chiapas, Oaxaca y Michoacán son los estados con mayor rezago educativo, y que los estados con mayor porcentaje de educación son la Ciudad de México, Estado de México y Coahuila (CONEVAL, 2022). Así mismo, otros de los estados con mayor promedio de educación son Aguascalientes, Guanajuato, Queretaro e Hidalgo (INEGI, 2020). Todos estos datos son consistentes con los promedios. A pesar de que existe el derecho a la educación, muchos niños y niñas del país no tienen oportunidad de acceder a ella o tienen alto riesgo de abandonarla. Algunas de las causas principales son la falta de recursos, lejanía de escuelas, bajos recursos, bajo desempeño (UNICEF, 2017). En este sentido, es de esperarse que aquellos estados con mayor pobreza, también tengan bajos niveles de educación, tal es el caso de Oaxaca, Michoacán, Chiapas, etc. El factor educación tiene un papel elemental en el desarrollo, ya que es considerada como un factor clave en la disminución de la pobreza (Tapia, 2016).

Siguiendo con la línea de salud, un panorama general de México en salud es que el gasto público para esta área es muy bajo de acuerdo a lo recomendado por la ONU (Medina, 2020), lo cual es un posible impedimento para disminuir la ocurrencia de algunas enfermedades y por lo tanto un impedimento para mejorar la calidad de vida de las personas afectadas. Hasta antes de la pandemia por Sars-Cov-2, las principales causas de defunción en México se relacionaban a enfermedades del corazón, diabetes mellitus, tumores malignos, influenza y neumonía (INEGI, 2021). Las enfermedades diarreicas han disminuido a lo largo del tiempo, excepto en el estado de Zacatecas (Secretaría de Salud, 2022), el cual ha estado relacionado a olas de calor (Rojas, 2017); estas olas de calor se han mantenido durante años, y factores como el cambio climático podrían empeorarlas. Mientras que la mortalidad relacionada al SIDA también ha disminuido en general, los contagios en Baja California, Quintana Roo y Veracruz han aumentado.

La importancia de la salud impacta no sólo al componente Sociedad, también impacta a la economía. Algunas investigaciones han demostrado que mejoras en la salud generan mejoras en el desarrollo económico de un país (Lustig, 2007). De igual manera un mayor acceso a la educación puede mejorar la salud de los habitantes. Ya que muchos de los indicadores de salud o educación son enfocados

a los niños y niñas, no podemos dejar pasar los desafíos a los que se enfrentan, y sería bueno agregar más indicadores sobre aspectos de las infancias en México, así como complementar con otros indicadores de salud.

General

En términos de sustentabilidad, los estados con mayor puntuación fueron Nuevo León, Jalisco, Guanajuato, Oaxaca y los que tuvieron valores más bajos fueron Sinaloa, Sonora, Campeche, Yucatán y Tabasco. Los informes de evaluación de sustentabilidad más recientes en México se enfocan en ciudades, tal es el caso de la serie de documentos informativos “Índice de Ciudades Sostenibles” realizados por el Laboratorio Nacional de Políticas Públicas (ICS, 2021). Si bien no es correcto comparar directamente ciudades con estados, esta información puede ser útil para saber qué estados tienen mayor número de ciudades sostenibles, ya que las ciudades son un sitio clave para investigación y acción ante la vulnerabilidad climática (Solecki, 2021).

Adicionalmente, diferentes factores influyen en los promedios altos o bajos por estado de sustentabilidad. Como se esperaba, un estado no se comporta de igual manera en todos los componentes. Tal es el caso de la Ciudad de México en donde esperaríamos un mayor promedio general de sustentabilidad; sin embargo no tiene altos puntajes en Naturaleza, Servicios Ecosistémicos y Sociedad. Es entendible que la Ciudad de México, al tener una menor extensión territorial, la mayor parte de su territorio está urbanizado, dejando poco lugar en comparación a otros estados para la Naturaleza y los Servicios Ecosistémicos. En el otro extremo, no se esperaba que Guerrero tuviera un alto grado de sustentabilidad; sin embargo es un estado que se desempeña bien en Servicios Ecosistémicos, Naturaleza, Institucional y Fuerzas Humanas, logrando así aparecer dentro de los estados con mayor promedio.

Cuando vemos el mapa general de promedios de sustentabilidad (Fig. 34), podemos notar que una minoría de los estados en México obtuvieron un promedio muy bajo, que la mayoría se mantienen en un nivel medio, y que son pocos los que presentan valores promedio altos de sustentabilidad. Por lo que al tener un panorama general se podría pensar que estamos en un punto medio en cuanto a sustentabilidad. Estos resultados contrastan con información del CINU México, en donde se menciona que México tiene un índice de cumplimiento de 70.4 de 100 en los ODS (CINU México, 2021). Si bien esta estadística no es absoluta ni la única, este índice brinda una medición de los países de acuerdo al logro de los ODS, de los cuales algunos indicadores fueron utilizados en este trabajo. Aún así, aún queda un largo camino para lograr alcanzar la sustentabilidad en México mediante mejores prácticas, así como en su evaluación y el desarrollo de otras metas futuras.

De acuerdo con los datos integrados en esta tesis, para ser un estado con un grado de sustentabilidad promedio es necesario estar por encima del promedio en la mayoría de los componentes, aunque claro es importante considerar que el número de indicadores que son usados en esta investigación es desigual para cada componente, por ejemplo, Naturaleza solo consta de un indicador,, mientras que el componente Sociedad tiene 10 indicadores, esto puede abrir una brecha a hacer interpretaciones que no son muy claras a simple vista. Además sería bueno considerar nuevos indicadores que hablen sobre problemáticas más diversas a lo largo del país, ya que todos los estados son únicos en territorio, clima, biodiversidad, seguridad, etc.

Consideraciones sobre los indicadores que integran el modelo

Cada uno de los sistemas de indicadores de sustentabilidad consultados en esta investigación parten de distintas perspectivas y marcos teóricos ya que son propuestos por distintas instituciones que parten de diferentes metas y visiones sobre la sustentabilidad. La mayoría de estos indicadores son utilizados para evaluar el estado actual de un aspecto en particular, así como el avance de las metas propuestas. Gran parte de los indicadores elegidos en este trabajo no parten propiamente de un enfoque de sustentabilidad (Tabla 1), si no que son indicadores de temáticas específicas que no logran interconectar a las diferentes dimensiones del modelo, es decir, algunos se quedan solo en economía, en lugar de ser de carácter económico-ambiental-social, etc. Los indicadores que no son multitemáticos contienen información valiosa, no obstante para un mejor ejercicio de evaluación de sustentabilidad sería ideal contar con indicadores que puedan describir y reflejar mejor la complejidad que existe entre los componentes de la sustentabilidad.

Es importante reconocer otras alternativas de indicadores y sistemas de indicadores a los usados en este trabajo, por ejemplo: Indicadores de Desarrollo Sostenible de la Comisión de Desarrollo Sostenible (CDS) (Schuschny, 2009), Indicadores de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, Estadísticas de Base de Datos de Estadísticas e Indicadores Ambientales (BADEIMA) (*Ibid*), Indicadores ILAC (*Ibid*), MESMIS (MESMIS, 2023), etc.

Por otra parte algunas de las temáticas propuestas por la Comisión de Desarrollo Sostenible que deberían estar presentes en las evaluaciones de sustentabilidad son: servicios sanitarios, agua potable, acceso a energía, condiciones de vida, corrupción, crimen, mortalidad, oferta de servicios de salud, estado nutricional, estado de salud y riesgos, alfabetismo, población, turismo, vulnerabilidad ante riesgos naturales, prevención y respuesta a desastres, cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, calidad del aire, zona de costas, pesquerías, ambiente marino, estado y uso de suelos, desertificación, agricultura, bosques, cantidad de agua, ecosistemas, especies, desempeño macroeconómico,

finanzas públicas sostenibles, emple, tecnologías de información y comunicación, Investigación y desarrollo, comercio, financiamiento externo, consumo de material, uso de energía, generación y manejo de desechos, transporte (ONU, 2007), todos estos ejes temáticos pueden ser útiles para entender mejor la situación actual de la sustentabilidad, no obstante no todas estas temáticas cuentan con los metadatos disponibles.

Otras estadísticas e indicadores propuestos por el BADEIMA son: Consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), concentración de partículas, gases y metales pesados, calidad del agua, aguas residuales, pesca, acuicultura, usos de la tierra, bosques, actividades agropecuarias, aspectos generales de los suelos, áreas protegidas, flora, fauna, cobertura de red eléctrica, desastres naturales, etc. (Schuschny, 2009).

En esta investigación se utilizaron algunos de los ODS, los cuales tienen 17 metas; fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico, industria, innovación e infraestructura, reducción de desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres, paz y justicia, y alianza para lograr los objetivos. De los indicadores disponibles para estas temáticas, la mayoría sólo presentan datos crudos; sin embargo estos datos no reflejan necesariamente la realidad; por ejemplo, la proporción de niños que terminan la educación primaria o secundaria da una idea del éxito de culminación, pero deja de lado la calidad que tuvo esa educación. Es por esta razón que quizá algunos indicadores podrían ser cambiados por algunos más descriptivos o más interdisciplinarios.

Consideraciones sobre el modelo conceptual de dinámica socioambiental

Representar la realidad y simplificarla en un modelo puede ser una tarea complicada principalmente al reconocer los elementos clave. El modelo conceptual propuesto en esta investigación trata de expresar la idea de sustentabilidad partiendo de una visión socioambiental; se consideran 7 componentes de la sustentabilidad: Naturaleza, Economía, Servicios Ecosistémicos, Fuerzas Humanas, Sociedad, Activos antropogénicos y el componente Institucional. Este modelo fue inspirado por el marco conceptual y modelo del IPBES (Fig. 1), el cual considera componentes como la calidad de vida, beneficios de la naturaleza para las personas, activos antropogénicos, instituciones y sistemas de gobernanza, impulsores directos del cambio y naturaleza. Este marco conceptual representa los componentes sociales y ecológicos que son clave y sus relaciones, proporciona una estructura para los análisis de este sistema y propone interpretaciones sobre las relaciones (Díaz, 2015). En general, un marco conceptual permite tener un lenguaje compartido y un conjunto de relaciones para analizar sistemas complejos de manera simple. Así

mismo, los marcos conceptuales son una herramienta en campos que requieren de un trabajo interdisciplinario (*Ibid*). Existen múltiples marcos conceptuales que representan de manera particular la sustentabilidad. Este modelo conceptual podría mejorar en cuanto a los elementos clave que se lograron identificar, y sus respectivas relaciones, así como proponer nuevos subtemas dentro de estos.

Aparte de contar con un marco conceptual y estructura del modelo mejorables, otra limitación a la que se enfrenta este modelo es la cantidad y calidad de información disponible. Idealmente, no se deberían de tener pocos indicadores para todos los componentes, si no que mientras más indicadores se logren integrar, el ejercicio puede ser más informativo. Además, podemos ver que existe una subrepresentación de la naturaleza, lo cual sin duda sería un aspecto a trabajar.

En resumen, algunas de las limitaciones de nuestro modelo y de nuestra investigación son: 1) El modelo conceptual podría incluir más relaciones entre los componentes, las cuales inicialmente no fueron contempladas, pero con el análisis y la red bayesiana fueron surgiendo. Sería bueno encontrar más relaciones en las que exista retroalimentación dentro del modelo. 2) La cantidad y calidad de los datos son limitados, la cual podría ser mejorada actualizando las fuentes de información y los sistemas de indicadores, ya que debido a los cambios durante la pandemia por Sars-Cov-19 dejaron de ser actualizadas por un tiempo, y después de esta surgieron nuevos cambios dentro de los sistemas de indicadores e indicadores. 3) La escala espacial y temporal podría ser ajustada. Inicialmente se pensaba abarcar una escala de tiempo de 1960 al 2019, sin embargo muchos indicadores no están disponibles para los primeros años de esta serie de tiempo ya que son indicadores relacionados a temáticas más contemporáneas; tal es el caso de indicadores de internet o felicidad. Aún cuando pudieran existir registros para la Ciudad de México, no existe en todos los años, lo cual vuelve más complicado el proceso de imputación de los datos faltantes. En esta investigación se usaron a los Estados de la República como escala espacial, ya que se consideró que a esta escala puede haber una gran cantidad de indicadores para poder comparar entre regiones. Sin embargo, también existe un gran número de indicadores generales para México. En cuanto a indicadores a escala municipal, este número es menor. No obstante, al elegir la escala estatal, hay mucha información que no es proporcionada por los indicadores; por ejemplo, los indicadores, a pesar de representar la realidad, pueden estar dejando de lado características cualitativas. Y 4) Los métodos de imputación y los parámetros podrían ser mejorados. Aunque en un principio se tenían casi 200 indicadores, esta cifra se redujo drásticamente porque al ser arriesgado tener muchos datos faltantes en una imputación, se decidió quedarse únicamente con aquellos que tuvieran al menos la mitad de datos correspondientes a nuestra serie de tiempo, sin embargo éstos criterios pueden cambiar, así como el método de imputación. 5) Serie de tiempo más corta y más actual, muy relacionado al punto 2,

se pueden incluir indicadores más actuales si se acorta la serie de tiempo, quizá algo más reciente, podría ser desde el 2015 en adelante.

Al usar sistemas de indicadores con marcos conceptuales pensados desde una visión antropocentrista sobre la sustentabilidad se corre el riesgo de hacer un análisis reduccionista y, como resultado, las evaluaciones podrían ser subjetivas; podrían ser sustentables bajo una visión *status quo* que aboga por una economía ambiental (Delgado, 2019), donde el enfoque de sistemas socioambientales no tienen la importancia suficiente, y muy probablemente no serían considerados sustentables bajo una visión transformista, la cual supone esfuerzos más radicales. No hay que olvidar que la sustentabilidad es una propiedad emergente de un sistema socioambiental (complejo) y por lo tanto va más allá de un 'equilibrio' entre partes. Así mismo, hay que recordar que los indicadores responden a intereses particulares de las instituciones por las que fueron creadas, las cuales pueden compartir diferentes visiones entre sí.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con este trabajo, los estados con mayor promedio de sostenibilidad son: Nuevo León, Jalisco, Guanajuato y Guerrero. Por su parte, los estados con menor valor promedio de sustentabilidad fueron: Sinaloa, Sonora, Campeche, Tabasco y Yucatán. Para que un estado tuviera un promedio alto, debía de tener valores promedio o destacables en la mayoría de los componentes del modelo, es decir, valores promedio en Economía, Sociedad, Naturaleza, Activos Antropogénicos, Institucional, Fuerzas Humanas y Servicios Ecosistémicos.

Todos estos resultados reflejan los datos utilizados. Para mejorar la precisión de los mismos se pueden integrar nuevos indicadores en cada uno de los componentes del modelo, tratando de que cada uno de los componentes sea representado por un número adecuado de indicadores. Se debe tener en cuenta diferentes aspectos de los indicadores que sean integrados, así como la escala y unidades en las que son representados. Adicional a esto, hay que tener en cuenta las características del indicador, la manera en la que están contruidos y lo que representan, un ejemplo de esto es el indicador de Afectación por plagas; ya que dicha afectación es diferente entre regiones por las características propias del hábitat y las particularidades a las que se enfrenta, esto quiere decir que distintos estados pueden verse más afectados en el promedio general o en cada componente por cuestiones climáticas, territoriales, demográficas, sociales, culturales, etc. Así mismo hay que plantearse ¿Qué significa ese indicador por sí mismo?. Los indicadores pueden ser más explicativos cuando los relacionamos con otros y se hace una interpretación más amplia, desde una perspectiva de sistemas complejos. Algunos indicadores que podrían ser útiles en estudios de este tipo son aquellos

relacionados a cuestiones de seguridad social, bienestar humano, oportunidades, de género, violencia, etc.

En general, este modelo es un primer acercamiento a un entendimiento del grado de sustentabilidad entre los estados de México utilizando indicadores dentro de una red bayesiana, el cual podría ser mejorado considerando nuevas relaciones entre los componentes como las sugeridas por la red bayesiana, así como nuevos componentes y subtemas más ricos y diversos para cada una de las relaciones. Otro punto a destacar es la diversidad de sistemas de indicadores que han alimentado esta tesis, ya que cada uno de estos sistemas fue hecho con distintas perspectivas y metas, haciéndolos particulares.

Es complejo designar qué es lo más sustentable, ya que esto es un concepto cambiante de escala en escala o de región en región, y puede ser arbitrario o subjetivo. A pesar de esto, y de las limitaciones mencionadas anteriormente, esta tesis ha logrado recopilar la información disponible y hacer un acercamiento a la evaluación de sustentabilidad en los estados de México, lo cual resultó útil para tener un panorama general de la situación en México a lo largo de 20 años y las tendencias de cada uno de los indicadores durante este tiempo. Adicionalmente, este estudio permitió reconocer los puntos fuertes y débiles de cada estado en cuestiones de sustentabilidad, lo cual podría ser útil al tomar acciones en el ámbito de política pública para tener claro hacia dónde dirigir esfuerzos para contribuir al cumplimiento de metas y objetivos de desarrollo sustentable en donde participa nuestro país. Con el surgimiento de nuevas fuentes de información como sistemas de indicadores y herramientas de modelación, este ejercicio puede ser reproducible para nuevos años.

Más allá de la importancia de los resultados mismos, este trabajo permite abrir nuevas perspectivas sobre el análisis de sustentabilidad particularmente en México, logra identificar las problemáticas y desafíos a los que los actores involucrados en la materia se enfrentan, así como encontrar nuevas oportunidades para el desarrollo de nuevos y mejoradas herramientas de evaluación de la sustentabilidad en el país.

ANEXO

Anexo 1. Lista de artículos, libros encontrados sobre sustentabilidad, indicadores y evaluaciones de sustentabilidad.

1. Agenda 2030. *Informe Nacional Voluntario 2021, Agenda 2030 en México*. gov.mx.
<https://www.gob.mx/agenda2030/documentos/informe-nacional-voluntario-2021-agenda-2030-en-mexico>
2. Aguilera, P. A., Fernández, A. Á., Fernandez, R., Rumí, R., & Salmerón, A. (2011). Bayesian networks in environmental modelling. *Environmental Modelling and Software*, 26(12), 1376–1388.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.06.004>
3. Albán, M., Martínez-Alier, J., G, M. a. O., Rincón, M. a. P., Velasquez, E. E., Haberl, H., Karl-Heinz, E., Krausmann, F., Russi, D., Daly, H. E., Vogel, J., Robles, J., Gomides, C., & Muñiz, C. (2009). Aportes para una estrategia ambiental alternativa: indicadores de sustentabilidad y políticas ambientales. *PNUD*. <http://repositorio.dpe.gob.ec/handle/39000/1201>
4. Astier, M, Masera, O. and Galvan-Miyoshi, Y., 2008. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Ed. Mundiprensa. México. 200 p.
5. Atkinson, G., & Pearce, D. A. (2013). Measuring sustainable development. *Routledge eBooks*, 158–177. <https://doi.org/10.4324/9780203028056-22>
6. Banson, K. E., Nguyen, N. Q., Bosch, O. J. H., & Nguyen, T. V. (2014). A Systems Thinking Approach to Address the Complexity of Agribusiness for Sustainable Development in Africa: A Case Study in Ghana. *Systems Research and Behavioral Science*, 32(6), 672–688.
<https://doi.org/10.1002/sres.2270>
7. Bennett, E., Cumming, G. S., & Peterson, G. D. (2005). *A Systems Model Approach to Determining Resilience Surrogates for Case Studies* (Vol. 8). Springer Science+Business Media.
<https://doi.org/10.1007/s10021-005-0141-3>
8. Blanco, J., & De Lourdes Rodríguez Gamiño, M. (2009). Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México. *Instituto De Geografía*. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/1336>
9. Böhringer, C., & Löschel, A. (2006). Computable general equilibrium models for sustainability impact assessment: Status quo and prospects. *Ecological Economics*, 60(1), 49–64. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.03.006>
10. Carraro, c., Cruciani, c., Ciampalini, f., Giove, s., & lanzi, e. (2009). The 3rd OECD world forum on “statistics, knowledge and policy” charting progress, building visions, improving life: aggregation and projection of sustainability indicators: a new approach. *Oecd world forum*. <http://www.oecdworldforum2009.org>

11. Carreño M. F., Iglesias P. D., Carrasco A. R. J., & Rodríguez S. C. (2017). Indicadores de la sustentabilidad. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/68562>
12. Chai, J., Shi, H., Liu, Q., & Hu, Y. (2020). Quantifying and predicting the Water-Energy-Food-Economy-Society-Environment Nexus based on Bayesian networks - A case study of China. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120266. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120266>
13. Collste, D., Pedercini, M., & Cornell, S. (2017). Policy coherence to achieve the SDGs: using integrated simulation models to assess effective policies. *Sustainability Science*, 12(6), 921–931. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0457-x>
14. Dalal-Clayton, B., & Sadler, B. (2014). Introduction. In S. B. Barry Dalal-Clayton and Barry Sadler with contributions from. In J. Baines, A. Dufey, M. Grieg-Gran, & E. Wilson (Eds.), *Sustainability Appraisal: A sourcebook and reference guide to international experience* (pp. 3–11). London & New York: Routledge.
15. Díaz, S. G. S., Cedillo, J. G. G., Ramírez, C., & Plata, R. B. (2019). Evaluación de la sustentabilidad en tres municipios de la zona de ecotono del Estado de México. *Región Y Sociedad*, 31, e1184. <https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1184>
16. Díaz, S. G. S., Cedillo, J. G. G., Ramírez, C., & Plata, R. B. (2019b). Evaluación de la sustentabilidad en tres municipios de la zona de ecotono del Estado de México. *Región Y Sociedad*, 31, e1184. <https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1184>
17. Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C. A., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A. M., Baste, I., Bilgin, A., Brondizio, E. S., Chan, K. M. A., Figueroa, V. E., Duraiappah, A. K., Fischer, M., Hill, R., . . . Zlatanova, D. (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
18. Donohue, C., & Biggs, E. M. (2015). Monitoring socio-environmental change for sustainable development: Developing a Multidimensional Livelihoods Index (MLI). *Applied Geography*, 62, 391–403. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.05.006>
19. Erechtkhoukova, M. G., Khaite, P. A., & Golińska, P. (2013). Sustainability Appraisal: Quantitative Methods and Mathematical Techniques for Environmental Performance Evaluation. In *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-32081-1>
20. Estrada, L., Rasche, L., & Schneider, U. H. (2017). Modeling land suitability for *Coffea arabica* L. in Central America. *Environmental Modelling and Software*, 95, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.028>

21. Garry, S., & Villarreal, F. (2016). El uso de indicadores clave para evaluar el desempeño económico a largo plazo de América Latina. *Revista De La CEPAL*, 2016(118), 67–83. <https://doi.org/10.18356/0d83db77-es>
22. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2000). *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. México. https://www.nies.go.jp/db/sdidoc/indicadores_desarrollo_sustentable.pdf
23. IPBES (2016): The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services. S. Ferrier, K. N. Ninan, P. Leadley, R. Alkemade, L. A. Acosta, H. R. Akçakaya, L. Brotons, W. W. L. Cheung, V. Christensen, K. A. Harhash, J. Kabubo-Mariara, C. Lundquist, M. Obersteiner, H. M. Pereira, G. Peterson, R. Pichs-Madruga, N. Ravindranath, C. Rondinini and B. A. Wintle (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 348 pages.
24. Lima, P. T., Cano, A. G. M., Vargas, L. P., Sánchez, L., & Castillo, J. R. (2016). Construcción local de indicadores de sustentabilidad regional. Un estudio de caso en el semidesierto del noreste de México. *Región Y Sociedad*. <https://doi.org/10.22198/rys.2008.43.a495>
25. Liu, K. F. R. (2007). Evaluating Environmental Sustainability: An Integration of Multiple-Criteria Decision-Making and Fuzzy Logic. *Environmental Management*, 39(5), 721–736. <https://doi.org/10.1007/s00267-005-0395-8>
26. Lofgren, H., Harris, R. L., & Robinson, S. (2002). *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*. Intl Food Policy Res Inst.
27. López-Santos, A., & Martínez-Santiago, S. (2014). Use of two indicators for the socio-environmental risk analysis of Northern Mexico under three climate change scenarios. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 8(4), 331–345. <https://doi.org/10.1007/s11869-014-0286-3>
28. Lozano, R. (2008). Envisioning sustainability three-dimensionally. *Journal of Cleaner Production*, 16(17), 1838–1846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.02.008>
29. Marcot, B. G. (2012). Metrics for evaluating performance and uncertainty of Bayesian network models. *Ecological Modelling*, 230, 50–62. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.01.013>
30. Mardani, A., Streimikiene, D., Zavadskas, E. K., Cavallaro, F., Nilashi, M., Jusoh, A., & Zare, H. (2017). Application of Structural Equation Modeling (SEM) to Solve Environmental Sustainability Problems: A Comprehensive Review and Meta-Analysis. *Sustainability*, 9 (10), 1814. <https://doi.org/10.3390/su9101814>
31. Martínez-Alier, J. (2006, April 14). *Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad*. <https://journals.openedition.org/polis/5359>
32. Morimoto, R. (2013). Incorporating socio-environmental considerations into project assessment models using multi-criteria analysis: A case study of Sri

- Lankan hydropower projects. *Energy Policy*, 59, 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.020>
33. Nahuelhual, L., Lateralra, P., y Barrena, J. (2016). Indicadores de servicios ecosistémicos: una revisión y análisis de su calidad. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. <https://bit.ly/35z5NWN>
 34. Nunes, A., Lee, K., & O’Riordan, T. (2016). The importance of an integrating framework for achieving the Sustainable Development Goals: the example of health and well-being. *BMJ Global Health*, 1(3), e000068. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2016-000068>
 35. Pérez, R. E. R. (2012). Indicadores de sustentabilidad: utilidad y limitaciones. *Teoría Y Praxis*, 8(11), 102–126. <https://doi.org/10.22403/uqroomx/typ11/05>
 36. Petrini, M., & Pozzebon, M. (2009). Managing sustainability with the support of business intelligence: Integrating socio-environmental indicators and organisational context. *Journal of Strategic Information Systems*, 18(4), 178–191. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2009.06.001>
 37. Pope, J., Annandale, D., & Morrison-Saunders, A. (2004). Conceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(6), 595–616. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2004.03.001>
 38. Quiroga M.R. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/5570>
 39. Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Santos, R., Breil, M., Nita, M. D., Geneletti, D., & Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy*, 77, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>
 40. Ridaura, S. L., Masera, O., & Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. *Ecological Indicators*, 2(1–2), 135–148. [https://doi.org/10.1016/s1470-160x\(02\)00043-2](https://doi.org/10.1016/s1470-160x(02)00043-2)
 41. Sánchez, E. G. (2014). Indicadores para el estudio de la sustentabilidad urbana en Chimalhuacán, Estado de México. *Estudios Sociales : Revista De Investigación Del Noroeste*. <https://doi.org/10.24836/es.v22i43.51>
 42. Semarnat e INEGI. Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible. Indicadores de seguimiento. México 2012. Resumen Ejecutivo. México. 2014.
 43. Singh, R., Murty, H., Gupta, S., & Dikshit, A. (2009). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 9(2), 189–212. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.05.011>
 44. Springett, D. (2009). Book Review: Sustainable Development – Linking Economy, Society and Environment by Tracey Strange and Anne Bayley. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1504/ijisd.2009.028076>

45. Turnhout, E., Hisschemöller, M., Eijsackers, H., 2007. Ecological Indicators: between the two fires of science and policy. *Ecological Indicators* 7(2), 215–22
46. Villeneuve, C., Tremblay, D., Riffon, O., Lanmafankpotin, G., & Bouchard, S. (2017). A Systemic Tool and Process for Sustainability Assessment. *Sustainability*, 9(10), 1909. <https://doi.org/10.3390/su9101909>

REFERENCIAS

1. Agroasemex, S. A. (2019). Las plagas producen pérdidas de hasta un 40 por ciento en la producción. <https://www.gob.mx/agroasemex/articulos/las-plagas-producen-perdidas-de-hasta-un-40-por-ciento-en-la-produccion-agricola-revela-estudio-de-la-fao>
2. Araneda Patricio. (2021). *Imputación de datos*. <https://rpubs.com/paraneda/imputacion>
3. Areous, B. G. I. (31 de Marzo 2011). Repositorio Digital FLACSO Ecuador: Estado, mercado y familia en México : distinguiendo el sentido del bienestar en los trabajadores por cuenta propia. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/2916>
4. Barkin, D. (1998). *Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable*.
5. Brooks ME, Kristensen K, van Benthem KJ, Magnusson A, Berg CW, Nielsen A, Skaug HJ, Maechler M, Bolker BM (2017). “glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling.” *The R Journal*, 9(2), 378–400. <https://journal.r-project.org/archive/2017/RJ-2017-066/index.html>.
6. Bürkner, P. C. (2018). Advanced Bayesian Multilevel Modeling with the R Package brms. *The R Journal*, 10(1), 395. <https://doi.org/10.32614/rj-2018-017>.
7. Castillo, T. B. (7 Marzo de 2023). *Fortalecimiento de la participación laboral femenina: Recuperación post pandemia*. <https://ciep.mx/fortalecimiento-de-la-participacion-laboral-femenina-recuperacion-post-pandemia/>
8. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria & Cámara de Diputados. (2020). Situación del Sector Agropecuario en México. Cámara de Diputados. http://www.cedrssa.gob.mx/post_situacinin_del_-n-sector_agropecuario-n_en_-mn-xico.htm
9. Chai, J., Shi, H., Lu, Q., & Hu, Y. (2020). Quantifying and predicting the Water-Energy-Food-Economy-Society-Environment Nexus based on Bayesian networks - A case study of China. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120266. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120266>

10. CINU México, (2021). *México cumple con 70.4 en los ODS*. <https://mexico.un.org/es/155256-m%C3%A9xico-cumple-con-704-en-los-ods>
11. CONEVAL. (29 de Abril de 2022). Panorama del rezago educativo en México Blog CONEVAL. Blog CONEVAL. <http://blogconeval.gob.mx/wordpress/index.php/2022/01/25/panorama-del-rezago-educativo-en-mexico/>
12. Clark, B., & Bellamy Foster, J. (2012). Imperialismo ecológico y la fractura metabólica global. Intercambio desigual y el comercio de guano/nitratos. Theomai, (26).
13. Delgado Ramos, G.C.. (2019). *Asentamientos Urbanos Sustentables y Resilientes: Retos y Oportunidades para la Transformación Urbana en California y Baja California*; CEIICH-UNAM: Mexico.
14. Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I. A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K. M., Figueroa, V. E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R., . . . Zlatanova, D. (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
15. Dimensions and examples of the gender-differentiated impacts of climate change, the role of women as agents of change and opportunities for women. Synthesis report by the secretariat. (n.d.). In United Nations Climate Change [Synthesis reports]. Bonn Climate Change Conference - June 2022, Bonn, Germany. <https://unfccc.int/documents/494455>
16. FAO (2019). El sistema alimentario en México - Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. <https://www.fao.org/3/CA2910ES/ca2910es.pdf>
17. Fondo De Población De Las Naciones Unidas. (2018). *Salud y mortalidad materna de las mujeres indígenas*. <https://www.unfpa.org/es/resources/salud-y-mortalidad-materna-de-las-mujeres-indigenas>
18. Gomez, T. (23 de Febrero de 2022). Bosques más vulnerables a plagas: un efecto del cambio climático que ya se observa en México. Noticias Ambientales. <https://es.mongabay.com/2022/01/bosques-mas-vulnerables-a-plagas-un-efecto-del-cambio-climatico-mexico/#:~:text=Los%20estados%20con%20m%C3%A1s%20problemas,se%20alcanzaron%20las%2047%20807.>
19. Ibáñez Pérez, R. M. (2012). Indicadores de sustentabilidad: utilidad y limitaciones. *Teoría Y Praxis*, 8(11), 102–126. <https://doi.org/10.22403/uqroomx/typ11/05>
20. Ibararán, M.E., Pérez-García, T., Saldaña-Vázquez, R.A. (2021). Political Miscalculation: The Size and Trend of the COVID-19 Pandemic in Mexico. In: Akhtar, R. (eds) *Coronavirus (COVID-19) Outbreaks, Environment and*

- Human Behaviour. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-68120-3_20
21. ICS. (2021). <https://ics.inpp.mx/#resultados>
 22. INEGI. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2019
 23. INFORMACIÓN RELEVANTE: ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS. (2022). En Dirección General De Epidemiología (DGE). Secretaría de Salud. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/721554/EDA_SE15_2022.pdf
 24. Informe Our Common Future: Brundtland Report (en inglés). (20 Marzo de 1987). ONU.
 25. Instituto Mexicano del Transporte (2022). Red Nacional de Caminos. gob.mx. <https://www.gob.mx/imt/acciones-y-programas/red-nacional-de-caminos>
 26. Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2020). PIB por Entidad Federativa (PIBE). Base 2013. <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/>
 27. Las soluciones a las actuales crisis deben estar enraizadas en los. (2022, March 16). Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2022/02/1504802>
 28. López Calva, L. F., & Vélez Grajales, R. (2003). Estudios sobre desarrollo humano PNUD en México.
 29. Lugon, A. (2023). Escalar datos para variar entre dos valores en R (4 ejemplos). *Estadisticool - La Web De Estadística Con Python Y R*. <https://estadisticool.com/escalar-datos-para-variar-entre-dos-valores-en-r-4-ejemplos/>
 30. Lustig, Nora. (2007). Salud y desarrollo económico. El caso de México. *El trimestre económico*, 74(296), 793-822. Epub 20 de noviembre de 2020. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X200700400793&lng=es&tlng=es.
 31. McPhearson, T., Pickett, S. T. A., Grimm, N. B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., Weber, C., Haase, D., Breuste, J., & Qureshi, S. (2016). Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities. *BioScience*, 66(3), 198–212. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw002>
 32. Medina, A. (27 de Agosto de 2020). México invierte 2.5% del PIB en Salud, cuando lo ideal sería 6% (o más): OPS. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/revista-impresa-mexico-invierte-2-5-del-pib-en-salud-cuando-lo-ideal-seria-6-o-mas-ops/>
 33. MESMIS. (2023). <http://www.mesmis.unam.mx/>
 34. Nagarajan, R., Scutari, M., & Lèbre, S. (2013). Bayesian Networks in R: with Applications in Systems Biology (Use R!, 48) (2013th ed.). Springer.
 35. OLA. *Ocupación por sectores económicos*. (2022). https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Ocupacion_sectores.html

36. Organización Mundial de la Salud. (2018, 29 de Octubre). Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario. *Organización Mundial De La Salud*.
<https://www.who.int/es/news/item/29-10-2018-more-than-90-of-the-world%E2%80%99s-children-breathe-toxic-air-every-day#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20afecta,a%20niveles%20bajos%20de%20exposici%C3%B3n>.
37. Organización de las Naciones Unidas. (5 de Julio 1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
38. Organización de las Naciones Unidas. (2007). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies* (3rd ed.). Organización de las Naciones Unidas.
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/guidelines.pdf>
39. Organización de las Naciones Unidas. (2011). Impacto del VIH/SIDA en la educación y la pobreza | Naciones Unidas.
<https://www.un.org/es/chronicle/article/impacto-del-vihsida-en-la-educacion-y-la-pobreza>
40. Padilla Bernal, L. E., Herrera, A. L., & Rodríguez, A. V. (2020, March 24). Sustentabilidad y desempeño ambiental de la agricultura protegida: el caso de Zacatecas. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 11(2), 289–302.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1766>
41. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, & S. (2015). *Informe sobre Desarrollo Humano 2015*. PNUD.
<https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr2015overviewspfina.pdf>
42. R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
43. Rojas, R. (2017, May 4). Aumentan enfermedades diarreicas por altas temperaturas en Zacatecas. *Saludiarario*.
<https://www.saludiarario.com/por-altas-temperaturas-aumentan-enfermedades-diarreicas-en-zacatecas/>
44. Rural, D. A. D. S. Y. (n.d.). Tipos de cultivo, estacionalidad y ciclos. gob.mx.
<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tipos-de-cultivo-estacionalidad-y-ciclos>
45. Schuschny, Andrés, y Humberto Soto. (2009). “Guía metodológica. Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. CEPAL”, http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3661/1/S2009230_es.pdf.
46. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2022). Acuicultura en México. gob.mx.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuicultura-en-mexico?idiom=es#:~:t>

- ext=La%20producci%C3%B3n%20acu%C3%ADcola%20en%20M%C3%A9xico, los%20cuales%20el%2070%25%20de
47. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Comisión Nacional del Agua. (2019, Noviembre). Estadísticas agrícolas de los distritos agrícolas, 2017-2018 (1st ed., Vol. 1). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EADR_2017-18.pdf
 48. Secretaría de Salud (2015). *Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS)*. gob.mx.
<https://www.gob.mx/salud/articulos/infecciones-respiratorias-agudas-iras.%20Published%202009>
 49. SEMARNAT (2015). Informe del medio ambiente.
<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap7.html#tema1>
 50. Sistema de Indicadores de Género. (2022). INMUJERES.
http://estadistica.inmujeres.gob.mx/formas/panorama_general.php?menu1=8&IDTema=8&pag=1
 51. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (2012). Informe del Medio Ambiente.
<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap7.html>
 52. Situación de plagas forestales en México: Avances y retos – CMICEF. (2021, August 31).
<https://cmicef.org/blog/2021/08/31/situacion-de-plagas-forestales-en-mexico-avances-y-retos/>
 53. Solano Ronald. (21 Marzo de 2005). Origen de la teoría de sistemas.
<https://www.gestiopolis.com/origen-de-la-teoria-de-sistemas/>
 54. Solecki, W., Ramos, G. C. D., Roberts, D., Rosenzweig, C., & Walsh, B. (2021). Accelerating climate research and action in cities through advanced science-policy-practice partnerships. *Npj Urban Sustainability*, 1(1).
<https://doi.org/10.1038/s42949-021-00015-z>
 55. Soto Mora, Consuelo. (2003). La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola. *Investigaciones geográficas*, (50), 173-195.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-4611200300100016&lng=es&tlng=es.
 56. Statista. (20 de Febrero de 2023). México: producto interno bruto (PIB) 2021, por estados.
<https://es.statista.com/estadisticas/630095/producto-interno-bruto-mexico-por-entidad-federativa/#:~:text=En%202021%2C%20la%20Ciudad%20de,1%2C5%20billones%20de%20pes>
 57. Tapia, G. L. A., & Valenti, G. (2016). Desigualdad educativa y desigualdad social en México. Nuevas evidencias desde las primarias generales en los

- estados. Perfiles Educativos, 38(151).
<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2016.151.54885>
58. Valle-Jones D (2022). mxmaps: Create Maps of Mexico. <https://www.diegovalle.net/mxmaps/>, <https://github.com/diegovalle/mxmaps>
59. Vázquez-Valencia, Roberto Armando, & García-Almada, Rosa M.. (2018). Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. *Nósis. Revista de ciencias sociales*, 27(53-1), 1-26. Epub 03 de julio de 2020. <https://doi.org/10.20983/noesis.2018.3.1>
60. Wang, X., Song, C., Cheng, C. et al. Cross-national Perspectives on Using Sustainable Development Goals (SDGs) Indicators for Monitoring Sustainable Development: A Database and Analysis. *Chin. Geogr. Sci.* 31, 600–610 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11769-021-1213-9>
61. Warren, K., Franklin, C., & Streeter, C. L. (1998). New Directions in Systems Theory: Chaos and Complexity. *Social Work*, 43(4), 357–372. <https://doi.org/10.1093/sw/43.4.357>
62. Yin, C., Zhao, W., Cherubini, F., & Pereira, P. (2021). Integrate ecosystem services into socio-economic development to enhance achievement of sustainable development goals in the post-pandemic era. *Geography and Sustainability*, 2(1), 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.03.002a>.
63. Zambrano, Luis. (2014). La complejidad de los socioecosistemas. *Ciencias* 111-112, octubre 2013-marzo 2014, 16-23 [En línea]
64. Zepeda-Ortega, Isidro Enrique, Ángeles-Castro, Gerardo, & Carrillo-Murillo, David Guillermo. (2019). Infraestructura carretera y crecimiento económico en México. *Problemas del desarrollo*, 50(198), 145-168. Epub 16 de noviembre de 2019. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.198.66383>