

Modelación del consumo de leña en los hogares rurales de México. Periodo 1992 – 2050.¹

Rodolfo Carlo Ríos Mtz. Soto.²
e-mail: biol.carlorios@gmail.com
twitter: @carlo_rios

RESUMEN.

El consumo de leña representa una parte muy importante del consumo energético de los hogares en México, particularmente de los hogares rurales. En el presente trabajo buscamos modelar, a través de la herramienta de la simulación de sistemas dinámicos, el comportamiento en el consumo de leña para dos escenarios: el primero referido al agotamiento del recurso a través de la presión ejercida desde los hogares urbanos y el segundo referido al impacto en la calidad de vida de las personas.

SUMMARY.

Firewood consumption is a very important part of the energy consumption of households in Mexico, particularly in rural households. In this work we seek to model, through simulation tool of dynamic systems, the behavior in the consumption of wood for two scenarios: the first refers to resource depletion through pressure from urban households and the second referred to the impact on quality of life of people.

Palabras clave: Consumo de leña, simulación dinámica, modelación ambiental.

1 Trabajo elaborado en el marco del Diplomado de Experto en Creación de Modelos de Simulación Ambiental, ILC-Perú. Asesor del Diplomado: Dr. Juan Martín García.
2 Estudiante de posgrado, México.

1 INTRODUCCIÓN.

En México, el consumo residencial representó el 18.09% (686.47 Pj) en 1992 y el 14.84% (765.21 Pj) en 2010 respecto al *consumo final total*.³ Aunque representa una disminución en términos porcentuales respecto al consumo final total, el incremento en los últimos 20 años del consumo residencial ha sido de un 11.5%. El consumo residencial puede dividirse en seis grandes rubros: el consumo de energía solar, de leña, de gas licuado, de querosenos, de gas seco y de electricidad (**Tabla 1**).

| Tipo de fuente energética. | Consumo final en el sector residencial en <i>Petajoules</i> (Pj) | |
|---------------------------------------|--|--------------------|
| | 1992* | 2010* |
| • Energía solar. | 0.47 (0.07%) | 2.77 (0.36%) |
| • Leña | 289.09 (42.11%) | 259.31 (33.89%) |
| • Gas licuado. | 270.33 (39.38%) | 292.53 (38.23%) |
| • Querosenos. | 7.72 (1.12%) | 1.18 (0.15%) |
| • Gas seco. | 32.28 (4.7%) | 31.56 (4.12%) |
| • Electricidad. | 86.58 (12.61%) | 177.87 (23.24%) |
| Total | 686.47 | 765.21 |
| % del Consumo Final Total de Energía. | 18.09% | 14.84% |
| Incremento a lo largo de 18 años. | - | 11.5% |

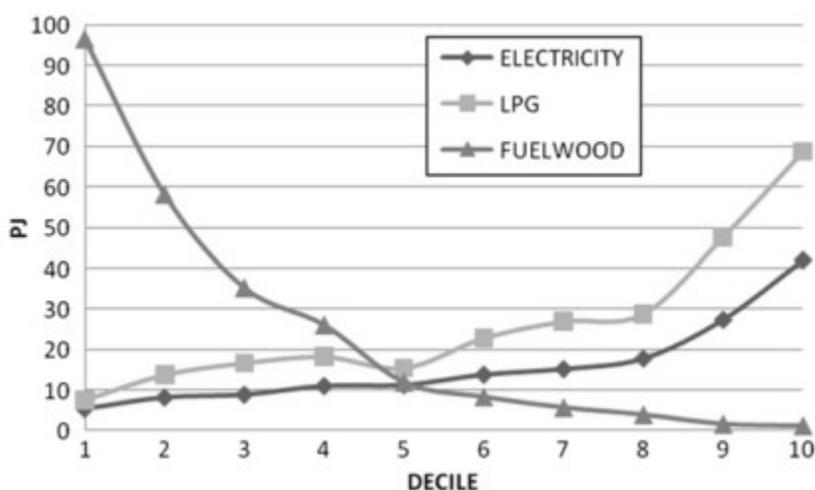
Tabla 1: Consumo final en el sector residencial. Fuente IEA (2014)*.

En el presente trabajo nos interesa conocer el consumo de leña de los hogares rurales de México. ¿Por qué en los hogares rurales? Debido a que el consumo de leña se da, en mayor medida, en este tipo de hogares; esto sucede así por

³ El consumo final de energía se obtiene restando los rubros: consumo del sector energético (consumo por transformación, consumo propio, pérdidas por distribución), la *recirculación* y las *diferencias estadísticas*.

distintas razones de las que rescatamos la posibilidad de acceso directo como un bien ambiental brindado por los ecosistemas, pero también como un recurso que es habitualmente un bien gratuito.

El consumo de leña se da en los deciles más bajos de ingresos (Rosas-Flores y Gálvez, 2010, p2598) (**Gráfica 1**) y no existe una sustitución directa relacionada con el ingreso tal como Manning y Taylor (2014, p127) (**Tabla 2**) han señalado. Lo que sucede en realidad es que existe una mezcla entre lo distintos combustibles utilizados.

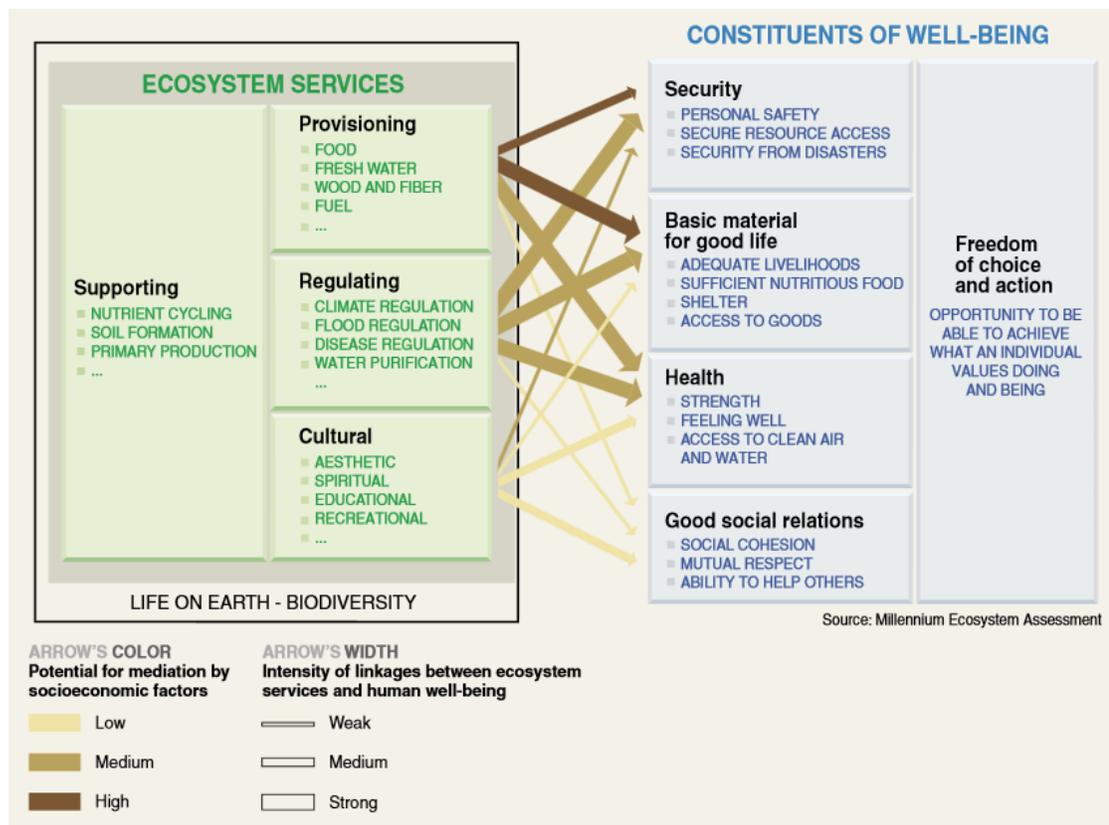


Gráfica 1: Consumo energético (Petajoules, Pj) por decil en los hogares de México (para 2006). Tomado de Rosas-Flores y Gálvez (2010, p2598).

| | 2002 | 2007 |
|---|---------|---------|
| Solo gas | 43% | 39% |
| Solo leña | 28% | 25% |
| Ambos | 29% | 36% |
| Media anual de gasto en gas (pesos de 2002) | 1414.00 | 1857.00 |

Tabla 2: Porcentaje del uso del gas y de la leña en los hogares de México. Fuente: Manning y Taylor (2014, p127).

La leña forma parte del conjunto de bienes y servicios ecosistémicos. A partir de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystems Assessments, en inglés) se definieron las distintas dimensiones de bienestar humano que son brindados el conjunto de factores bióticos y abióticos en interacción, es decir, por los ecosistemas del mundo. Este informe es uno de los antecedentes más recientes que sirven para justificar nuestro trabajo. La madera como materia como combustible, es un factor que contribuye a la seguridad humana y como material básico para garantizar la calidad de vida. A continuación, compartimos el esquema original del informe que simplifica la relación entre los servicios ecosistémicos y los constituyentes del bienestar humano (**Esquema 1**).



Esquema 1: Enlaces entre los servicios ecosistémicos y los constituyentes del bienestar. Tomado de MEA (2005, p6).

El acceso a la leña es de vital importancia para un número muy alto de hogares en nuestro país. En el presente **Proyecto de Fin de Curso** nuestro objetivo es modelar el consumo de leña en los hogares rurales utilizando la herramienta de sistemas dinámicos. Pensamos que es necesario tener perspectivas sobre el

consumo de leña que puedan servir durante el diseño de políticas públicas, pero también para tener un mejor panorama en la implementación de programas y proyectos de aprovechamiento de recursos naturales por parte de las poblaciones rurales de nuestro país.

Para la proyección 1992-2050, el presente trabajo utilizó la base de datos de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto en los Hogares de México (ENIGH) de 1992. Dicha encuesta tiene representatividad nacional y son levantadas bianualmente por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Para extraer los datos de la misma y para poder manejar la enorme cantidad de información, utilizamos de manera conjunta el software SPSS ver. 18.

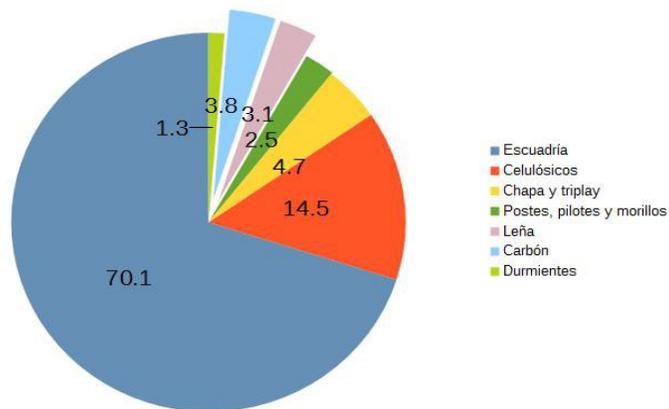
| | Variables Nivel. | Flujos. | Variables Auxiliares y/o Constantes. |
|---|--|---|--|
| Primera modelación: | 1. Árboles | 2. Incremento en la cobertura vegetal. 3. Tala | 4. Tasa de incremento en la cobertura vegetal. 5. Densidad de árboles maderables. 6. Superficie bajo manejo forestal. 7. Densidad de árboles maderables en México. 8. Hogares rurales. |
| Segunda modelación: | 1. Árboles 2. Jóvenes 3. Adultos 4. Ancianos | 1. Incremento en la cobertura vegetal. 2. Tala 3. Nacimientos 4. Madurez 5. Vejez 6. Muerte natural. 7. Muerte de jóvenes 8. Muerte de adultos. | 1. Tasa de incremento en la cobertura vegetal. 2. Densidad de árboles maderables. 3. Superficie bajo manejo forestal. 4. Densidad de árboles maderables en México. 5. Hogares rurales. 6. Tasa de natalidad. 7. Periodo de madurez. 8. Periodo de vejez 9. Periodo final 10. Tasa de mortalidad jóvenes 11. Tasa de mortalidad adultos. |
| Tercera modelación (A): | 1. Árboles 2. Jóvenes 3. Adultos 4. Ancianos 5. Población urbana | 1. Incremento en la cobertura vegetal. 2. Tala 3. Nacimientos 4. Madurez 5. Vejez 6. Muerte natural. 7. Muerte de jóvenes 8. Muerte de adultos. 9. Nacimientos población urbana. 10. Muertes población urbana. | 1. Tasa de incremento en la cobertura vegetal. 2. Densidad de árboles maderables. 3. Superficie bajo manejo forestal. 4. Densidad de árboles maderables en México. 5. Hogares rurales. 6. Tasa de natalidad. 7. Periodo de madurez. 8. Periodo de vejez 9. Periodo final 10. Tasa de mortalidad jóvenes 11. Tasa de mortalidad adultos. 12. Esperanza de vida. 13. Tasa de natalidad urbana. 14. Superficie bajo manejo forestal. |
| Tercera modelación (B) <u>se añade una sola variable:</u> | | 1. Ambiente favorable | |

Tabla 3: Elementos del **Modelo Madera.**

2 PROPUESTA DE MODELO DE SIMULACIÓN EN VENSIM PLE PARA EL “MODELO MADERA”

A continuación, desarrollaremos la propuesta de modelo para la simulación. El modelo ha sido construido en tres pasos. Para facilitar la lectura del trabajo, hemos agrupado las distintas variables nivel, flujos y variables auxiliares en la **Tabla 3**.

En México, existen distintos usos que se da a la madera que se obtiene de los recursos forestales. En 2003, únicamente el 7% de la madera fue destinada a ser utilizada como combustible **Gráfica 2**.



Gráfica 2: Tipos de uso de la madera en México. Con datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, s.f.) disponible en:

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/05_aprovechamiento/cap5for_1.html

En México y el mundo, la cubierta forestal es amenazada a través de la degradación en sus propiedades y del cambio en el uso de su suelo. Podemos señalar cinco tipos de intervención humana que generan cambio en el uso del suelo a partir de Oldeman *et al.* (1991, en Hartemink, 2003): **(1)** deforestación, **(2)** sobrepastoreo, **(3)** prácticas agrícolas, **(4)** sobreexplotación de la cobertura vegetal y **(5)** diferentes actividades industriales y bioindustriales. El cambio de uso de suelo se traduce en modificaciones en sus propiedades y en degradación, las cuales pueden imposibilitar su recuperación o restauración en el corto y mediano plazo.

De estas causas, incorporamos dos factores a nuestro modelo los cuales pensamos que pueden afectar el consumo de leña en los hogares rurales de México. El primer factor que consideramos es *el crecimiento en el número de hogares rurales*. Consideramos que a más hogares rurales, existiría una mayor cantidad de demanda de madera. El segundo factor que incluimos en el modelo es *la reducción de la superficie bajo manejo forestal* derivado de la presión del crecimiento urbano.

Si bien estamos realizando una enorme simplificación del problema, consideramos necesario el presente ejercicio como un primer paso para trabajos futuros. Desde luego que no consideramos factores muy importantes como los tipos de calidad de

la madera, la enorme biodiversidad forestal maderable del país, otras características socioeconómicas de los hogares, etc.; sin embargo, es en ésta simplificación donde radica la importancia del modelo debido a que centra su atención en aspectos directamente relacionados con las políticas de aprovechamiento y conservación ambiental. Para el primer modelo utilizamos las siguientes condiciones iniciales:

Condiciones iniciales del “Modelo Madera”

INITIAL TIME = 1992

FINAL TIME = 2050

TIME STEP = 1

Units for time = Año

NIVELES

Árboles: Incremento en cobertura vegetal – tala.

Valor inicial: 355,059

Unidades: árboles.

Consideramos que la cantidad de árboles está relacionada con su dinámica de crecimiento y reproducción, y al mismo tiempo con la cantidad de árboles talados para leña. El valor inicial de árboles es estimado de la siguiente forma: La superficie del país es de 1,972,059 km² de los cuales, la superficie de los bosques de pino y encino corresponde al 18% de tal superficie (355,059 km²). Desde luego este es solamente uno de muchos tipos de bosques y selvas en nuestro país, pero nos ha parecido pertinente tomar esta referencia porcentual como la cantidad de superficie de la cual es posible aprovechar la madera para leña. Pensamos que una densidad de árboles maderables pertinente en México es de 100 por Km². Del mismo modo, consideramos que únicamente es utilizado un 10% de ellos como combustible (a partir de la **Gráfica 2**).

FLUJO

Incremento en cobertura vegetal: árboles*Tasa de incremento en la cobertura vegetal.

Unidades: árboles/Año.

Tala: Hogares rurales*árboles talados por hogares.

Unidades: árboles/Año.

Es importante señalar que consideramos la tala únicamente debida al consumo de leña. En nuestro país, la tala ilegal representa un gran problema ambiental reflejo de problemas estructurales económicos profundos. La tala entonces será una función, para este primer modelo, del número inicial de hogares rurales para

México en 1992. La pregunta que buscamos responder en esta primera modelación es *¿Considerando como constante el número de hogares rurales de México en 1992 y sin ningún otro factor que influya en la dinámica de tala para consumo de leña, es éste consumo suficiente para considerarlo factor de deforestación en el largo plazo?*

AUXILIARES

Hogares rurales = 4,347,113

Units: hogares rurales

Número inicial de hogares rurales en 1992 (menores o iguales a 2,500 habitantes). Como hemos mencionado, el dato ha sido obtenido a través del análisis de las ENIGH 1992 en el software SPSS ver. 18.

Tasa de incremento en la cobertura vegetal = 0.001

Units: Dmnl

Densidad de árboles maderables en México = 355060

Units: árboles/km²

Cantidad de árboles por km² los cuales son utilizados como leña. Como mencionamos durante la explicación de la variable nivel **Árboles**, únicamente el 10% de los árboles talados serían utilizados como combustible en los hogares rurales.

Densidad de árboles maderables = árboles/superficie bajo manejo forestal

Units: árboles/km²

Superficie bajo manejo forestal = 35506

Units: km²

En este caso, tenemos que para una densidad de árboles maderables de 100 por km², la densidad de superficie bajo manejo es de 35,506.

Árboles talados por hogares = Densidad de árboles maderables/Densidad de árboles maderables en México.

Units: árboles/Hogares rurales/Año.

With Lookup: ((0,0),(1,1),(2,2),(3,3),(4,4),(5,8),(6,9),(7,10))

En nuestro ejemplo, el Lookup señala que la cantidad de árboles inicial consumido por un hogar en un año es de solamente un árbol. Sin embargo, esta relación no es lineal. Después de un cierto número de hogares, la cantidad de árboles disponibles por hogar sería cada vez menor.

Con los anteriores datos, construimos la primera propuesta de modelo la cual está

disponible en la **Ilustración 1**. En esta primera versión del modelo, la cantidad de árboles presenta un incremento a lo largo del tiempo (Ver **Gráfica 3**).

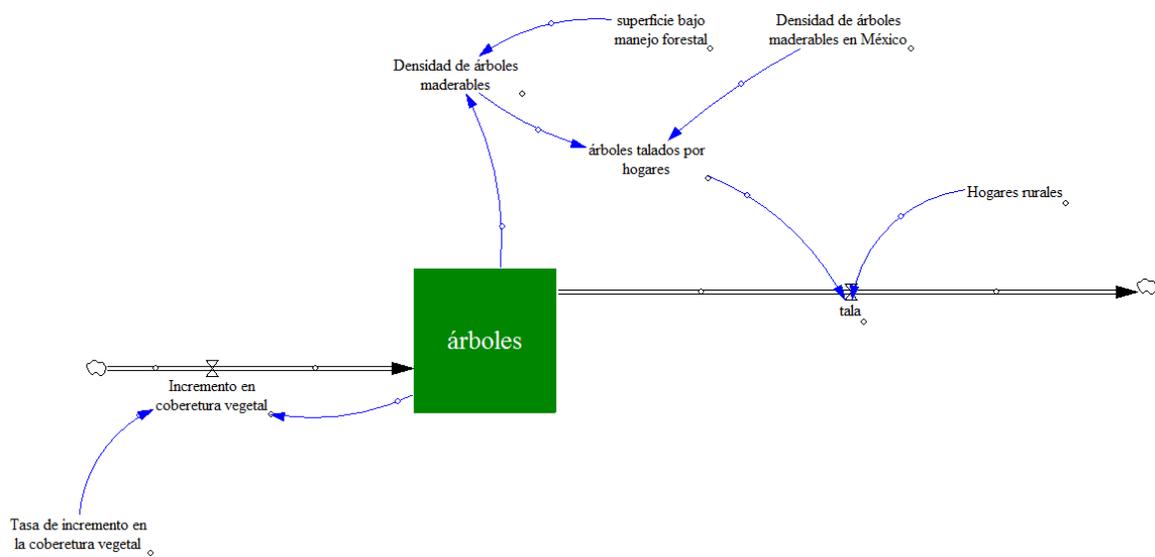
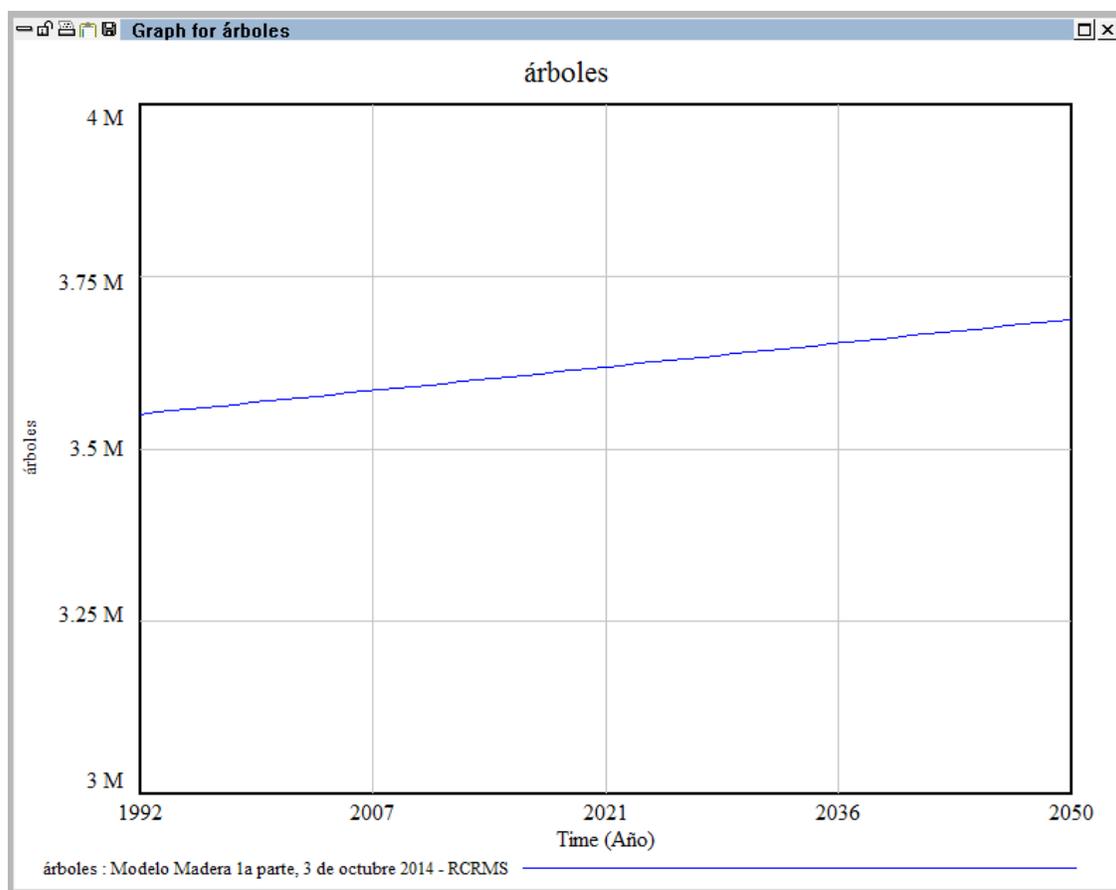


Ilustración 1: Modelo_1, bajo condiciones iniciales.



Gráfica 3: Comportamiento de la cantidad de árboles para madera bajo las condiciones iniciales. Periodo 1992-2050.

Condiciones secundarias del “Modelo Madera”

Para la segunda versión del modelo, consideramos incorporar el crecimiento poblacional a través del incremento en el número de los hogares rurales. Por simplificación, consideramos una media de 5.25 integrantes por hogar que nos da como resultado: 4374152 hogares rurales para 1992. La cifra es similar al número real de hogares para 1992 extraído a partir de la ENIGH 1992: 4347113 hogares rurales en México. Finalmente, señalamos que hemos tomamos como ejemplo de la presente modelación, el modelo de la catástrofe⁴ (Martín-García, 2014). Por simplicidad y para facilitar la lectura del documento, hemos mantenido las mismas explicaciones de cada variable realizadas durante la explicación de las condiciones primarias del modelo.

INITIAL TIME = 1992

FINAL TIME = 2050

TIME STEP = 1

Units for time = Año

NIVELES

Árboles: Incremento en cobertura vegetal – tala.

Valor inicial: 355,059

Unidades: árboles.

Consideramos que la cantidad de árboles está relacionada con su dinámica de crecimiento y reproducción, y al mismo tiempo con la cantidad de árboles talados para leña. El valor inicial de árboles es estimado de la siguiente forma: La superficie del país es de 1,972,059 km² de los cuales, la superficie de los bosques de pino y encino corresponde al 18% de tal superficie (355,059 km²). Desde luego este es solamente uno de muchos tipos de bosques y selvas en nuestro país, pero nos ha parecido pertinente tomar esta referencia porcentual como la cantidad de superficie de la cual es posible aprovechar la madera para leña. Pensamos que una densidad de árboles maderables pertinente en México es de 100 por Km². Del mismo modo, consideramos que únicamente es utilizado un 10% de ellos como combustible (a partir de la **Gráfica 2**).

Jóvenes: nacimientos – madurez – muerte de jóvenes.

Valor inicial: 10615270

Units: personas.

Se considera como jóvenes a la población de 0 a 15 años.

Adultos: madurez – muerte de adultos – vejez.

4 Módulo 10 del Diplomado de Experto en Creación de Modelos de Simulación Ambiental, ILC-Perú

Valor inicial: 11283554

Units: personas.

Se considera como adultos a la población de 16 a 63 años.

Ancianos: vejez – muerte natural.

Varlor inicial: 1065475

Units: personas.

Se considera como ancianos a la población de 63 años en adelante.

FLUJO

Incremento en cobertura vegetal: árboles*Tasa de incremento en la cobertura vegetal.

Units: árboles/Año.

Tala: Hogares rurales*árboles talados por hogares.

Units: árboles/Año.

Es importante señalar que consideramos la tala únicamente debida al consumo de leña. En nuestro país, la tala ilegal representa un gran problema ambiental reflejo de problemas estructurales económicos profundos.

Nacimientos: Adultos*tasa de natalidad.

Units: personas/año.

Madurez: Jóvenes/periodo de madurez.

Units: personas/año.

Vejez: adultos/periodo de vejez.

Units: personas/año.

Muerte natural: ancianos/periodo final.

Units: personas/año.

Muerte de jóvenes: jóvenes*tasa de mortalidad de jóvenes.

Units: personas/año.

Muerte de adultos: adultos*tasa de mortalidad de adultos.

Units: personas/año.

AUXILIARES

Hogares rurales = (adultos+ancianos+jóvenes)/5.25

Units: hogares rurales

Nuestra variable Hogares rurales, ha cambiado ya hora es dependiente del crecimiento poblacional.

Tasa de incremento en la cobertura vegetal = 0.001

Units: Dmnl

Densidad de árboles maderables en México = 355060

Units: árboles/km²

Cantidad de árboles por km² los cuales son utilizados como leña. Como mencionamos durante la explicación de la variable Árboles, únicamente el 10% de los árboles talados serían utilizados como combustible en los hogares rurales.

Densidad de árboles maderables = árboles/superficie bajo manejo forestal

Units: árboles/km²

Superficie bajo manejo forestal = 35506

Units: km²

En este caso, tenemos que para una densidad de árboles maderables de 100 por km², la densidad de superficie bajo manejo es de 35,506.

Árboles talados por hogares = Densidad de árboles maderables/Densidad de árboles maderables en México.

Units: árboles/Hogares rurales/Año.

With Lookup: ((0,0),(1,1),(2,2),(3,3),(4,4),(5,8),(6,9),(7,10))

En nuestro ejemplo, el Lookup señala que la cantidad de árboles inicial consumido por un hogar en un año es de solamente un árbol. Sin embargo, esta relación no es lineal. Después de un cierto número de hogares, la cantidad de árboles disponibles por hogar sería cada vez menor.

Tasa de natalidad: 0.06

Units: 1/Año.

Ocupamos la tasa de natalidad para el medio rural para 1992.

Periodo de madurez: 16 años

Units: Año

Periodo de vejez: 50 años.

Units: Año

Periodo final: 12 años

Units: Año.

Tasa de mortalidad jóvenes: 0.02

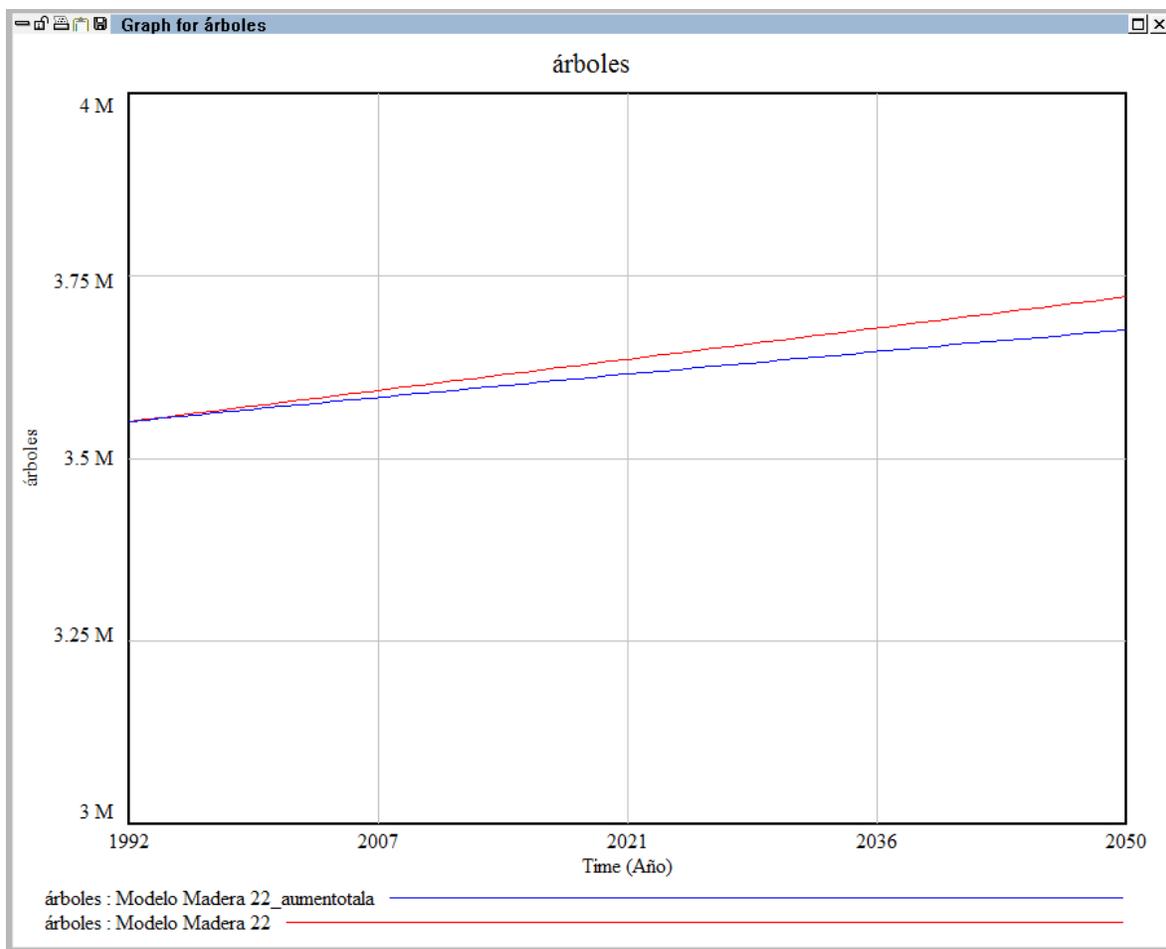
Units: 1/Año.

Tasa de mortalidad adultos: 0.02

Units: 1/Año

Con los anteriores datos, construimos la segunda propuesta de modelo la cual está disponible en la **Ilustración 2**. En la segunda versión, la cantidad de árboles presenta una disminución a lo largo del tiempo respecto al modelo original (Ver **Gráfica 4⁵**).

5 En la figura aparece la variable **Modelo Madera 22** (en rojo) la cual corresponde a la variable **Modelo Madera 1ª parte, 3 de octubre 2014** de la **Gráfica 3**. Al mismo tiempo, la variable **Modelo Madera 22_aumentotala** (en azul), es el nombre de la variable resultante de ésta segunda modelación y de introducir la dinámica poblacional rural al modelo. Lamentamos no haber modificado el nombre de las variables directamente en Vensim, ha sido una fe de erratas.



Gráfica 4: Modelo con incremento poblacional y con incremento en el número de hogares, con datos iniciales de 1992

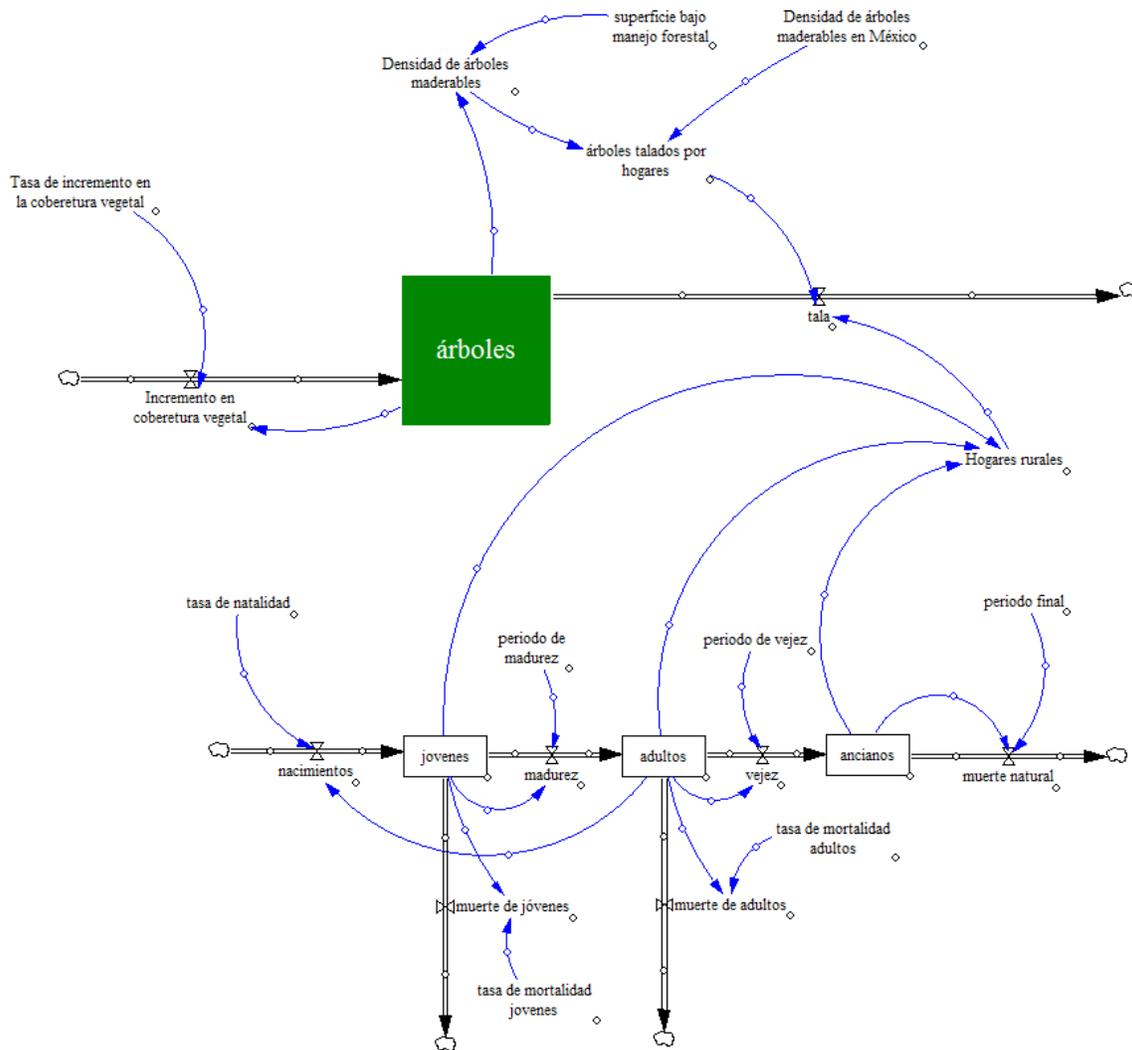
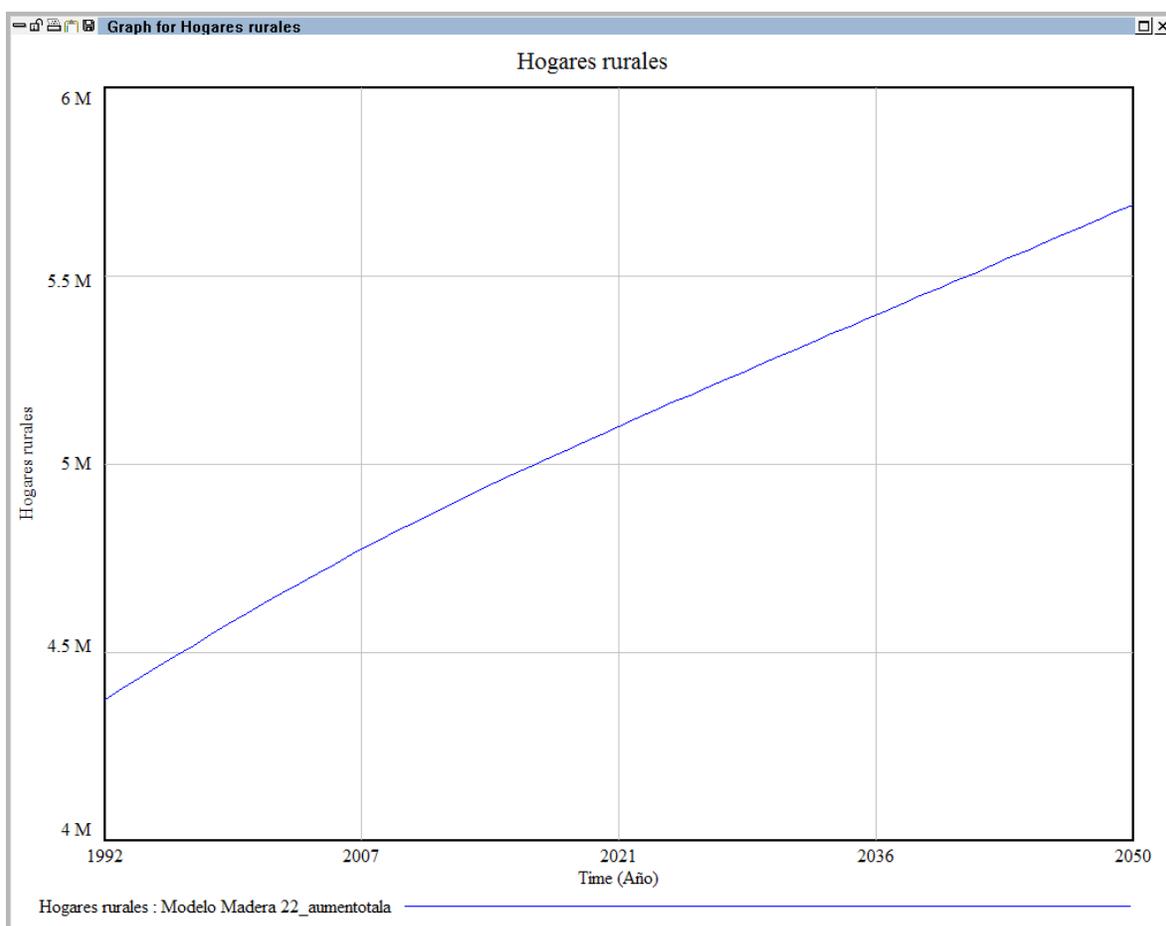


Ilustración 2: Segunda propuesta de modelo. El número de hogares rurales es dependiente de la dinámica poblacional.

El comportamiento del crecimiento de los hogares rurales después de la simulación (**Gráfica 7**), no corresponde al número de hogares dados en, por ejemplo, 2010 (6212906 a partir de ENIGH 2010). Con seguridad, esto es debido a diversos factores no contemplados como la tasa de emigración e inmigración, la dinámica del número de integrantes de los hogares (que consideramos fijo: 5.25 miembros por hogar), el cambio en el tiempo (disminución) de la tasa de mortalidad de jóvenes y adultos, entre otros. Pese a ello, nos acerca mucho a entender el comportamiento que deseamos: el consumo de leña por hogar.



Gráfica 5: Comportamiento del crecimiento de los hogares rurales. Simulación del Modelo Madera_2 Periodo 1992-2050.

Condiciones terciarias del “Modelo Madera”

Para la tercera versión del modelo, consideramos incorporar el deterioro ambiental como un factor de impacto directo tanto en la calidad de vida de las personas. El deterioro ambiental se expresaría en las variables nivel **Árboles**, así como en el número de **Hogares rurales**. Es decir, un **Ambiente favorable** sería aquel en el cual existiera una amplia oferta de leña. El Ambiente favorable, entonces, es la razón entre el número de Árboles y la cantidad de hogares rurales.

La tercera versión del modelo considera que la dinámica urbana ejerce una presión sobre los recursos de los que la población rural depende para sobrevivir (mayor población urbana tiene un efecto negativo sobre el incremento -resiliencia- de la cobertura vegetal). En este caso, la población urbana es considerada como un agregado (es decir, no consideramos separadamente jóvenes, adultos y ancianos) que afecta la superficie bajo manejo forestal. Si bien, la reducción en la superficie bajo manejo forestal (el 10% de la superficie nacional acordado desde las primeras condiciones del modelo) también tendría una afectación en la población urbana, señalamos que su vulnerabilidad y la pérdida de su calidad de vida ocurren desde otros factores distintos a la reducción de una superficie forestal.

INITIAL TIME = 1992
FINAL TIME = 2050
TIME STEP = 1
Units for time = Año

NIVELES

Árboles: Incremento en cobertura vegetal – tala.
Valor inicial: 355,059
Unidades: árboles.

Consideramos que la cantidad de árboles está relacionada con su dinámica de crecimiento y reproducción, y al mismo tiempo con la cantidad de árboles talados para leña. El valor inicial de árboles es estimado de la siguiente forma: La superficie del país es de 1,972,059 km² de los cuales, la superficie de los bosques de pino y encino corresponde al 18% de tal superficie (355,059 km²). Desde luego este es solamente uno de muchos tipos de bosques y selvas en nuestro país, pero nos ha parecido pertinente tomar esta referencia porcentual como la cantidad de superficie de la cual es posible aprovechar la madera para leña. Pensamos que una densidad de árboles maderables pertinente en México es de 100 por Km². Del mismo modo, consideramos que únicamente es utilizado un 10% de ellos como combustible (a partir de la **Gráfica 2**).

Jóvenes: nacimientos – madurez – muerte de jóvenes.

Valor inicial: 10615270

Units: personas.

Se considera como jóvenes a la población de 0 a 15 años.

Adultos: madurez – muerte de adultos – vejez.

Valor inicial: 11283554

Units: personas.

Se considera como adultos a la población de 16 a 63 años.

Ancianos: vejez – muerte natural.

Varlor inicial: 1065475

Units: personas.

Se considera como ancianos a la población de 63 años en adelante.

Población urbana: nacimientos población urbana – muertes población urbana.

Varlor inicial: 64743349

Units: personas.

Número de personas en asentamientos urbanos (mayores a 2500 habitantes) para 1992 en México.

FLUJO

Incremento en cobertura vegetal: (árboles*Tasa de incremento en la cobertura vegetal)*(1/superficie bajo manejo forestal)

Units: árboles/Año.

Tala: Hogares rurales*árboles talados por hogares.

Units: árboles/Año.

Es importante señalar que consideramos la tala únicamente debida al consumo de leña. En nuestro país, la tala ilegal representa un gran problema ambiental reflejo de problemas estructurales económicos profundos.

Nacimientos: Adultos*tasa de natalidad.

Units: personas/año.

Madurez: Jóvenes/periodo de madurez.

Units: personas/año.

Vejez: adultos/periodo de vejez.

Units: personas/año.

Muerte natural: ancianos/periodo final.

Units: personas/año.

Muerte de jóvenes: jóvenes*tasa de mortalidad de jóvenes.

Units: personas/año.

Muerte de adultos: adultos*tasa de mortalidad de adultos.

Units: personas/año.

Nacimientos población urbana: Población urbana*tasa de natalidad urbana.

Units: personas/año.

Muertes población urbana: Población urbana/esperanza de vida.

Units: personas/año.

AUXILIARES

Hogares rurales = (adultos+ancianos+jóvenes)/5.25

Units: hogares rurales

Nuestra variable Hogares rurales, ha cambiado ya hora es dependiente del crecimiento poblacional.

Tasa de incremento en la cobertura vegetal = 0.001

Units: Dmnl

Densidad de árboles maderables en México = 355060

Units: árboles/km²

Cantidad de árboles por km² los cuales son utilizados como leña. Como mencionamos durante la explicación de la variable Árboles, únicamente el 10% de los árboles talados serían utilizados como combustible en los hogares rurales.

Densidad de árboles maderables = árboles/superficie bajo manejo forestal

Units: árboles/km²

Superficie bajo manejo forestal = 35506-(Población urbana/100000)

Units: km²

En este caso, tenemos que para una densidad de árboles maderables de 100 por km², la densidad de superficie bajo manejo es de 35,506.

Árboles talados por hogares = Densidad de árboles maderables/Densidad de árboles maderables en México.

Units: árboles/Hogares rurales/Año.

With Lookup: ((0,0),(1,1),(2,2),(3,3),(4,4),(5,8),(6,9),(7,10))

En nuestro ejemplo, el Lookup señala que la cantidad de árboles inicial consumido por un hogar en un año es de solamente un árbol. Sin embargo, esta relación no es lineal. Después de un cierto número de hogares, la cantidad de árboles disponibles por hogar sería cada vez menor.

Tasa de natalidad: 0.06

Units: 1/Año.

Ocupamos la tasa de natalidad para el medio rural para 1992.

Periodo de madurez: 16 años

Units: Año

Periodo de vejez: 50 años.

Units: Año

Periodo final: 12 años

Units: Año.

Tasa de mortalidad jóvenes: 0.02

Units: 1/Año.

Tasa de mortalidad adultos: 0.02

Units: 1/Año

Tasa de natalidad urbana: 0.03

Units: 1/Año

Esperanza de vida: 83

Units: 1/Año

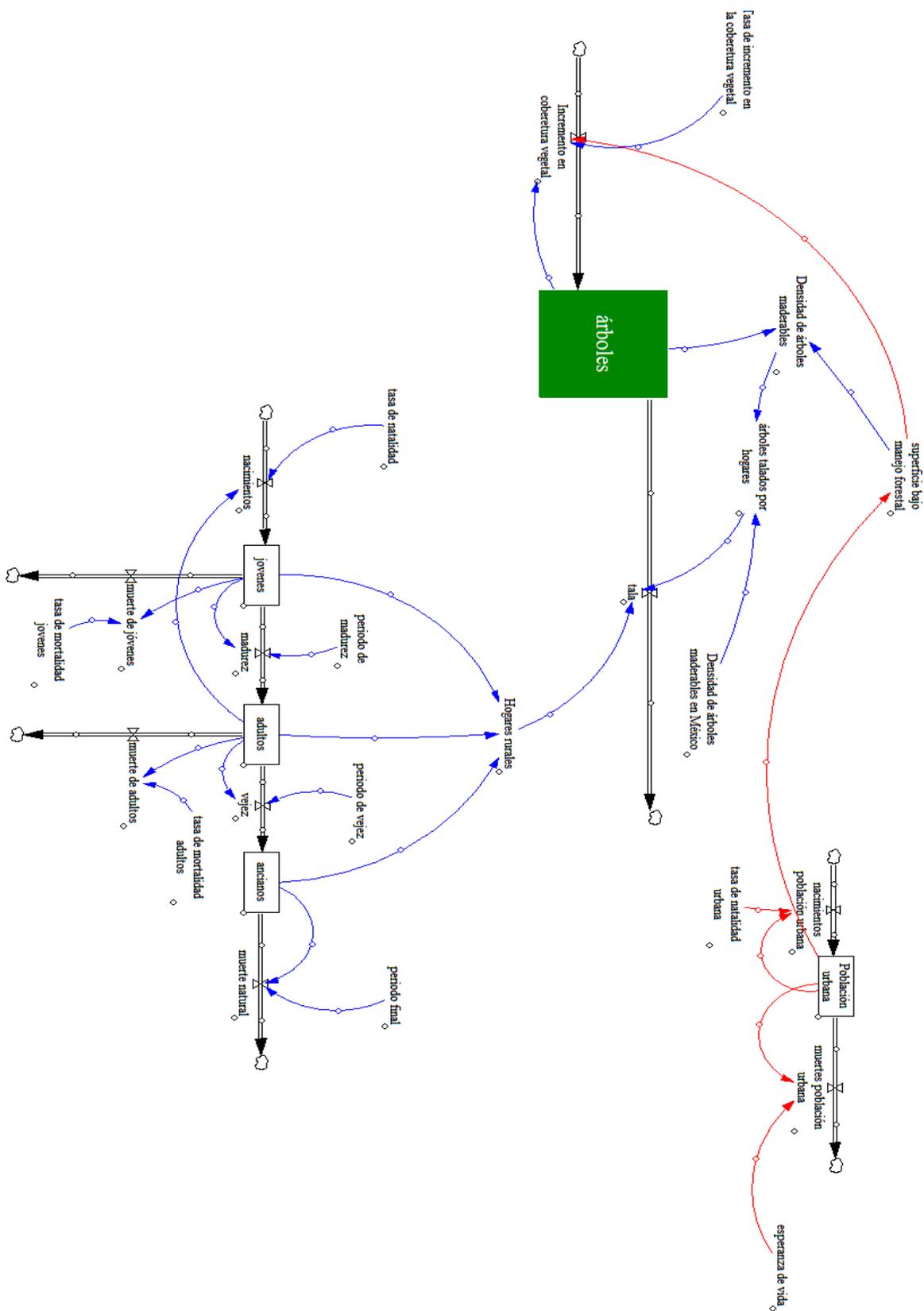
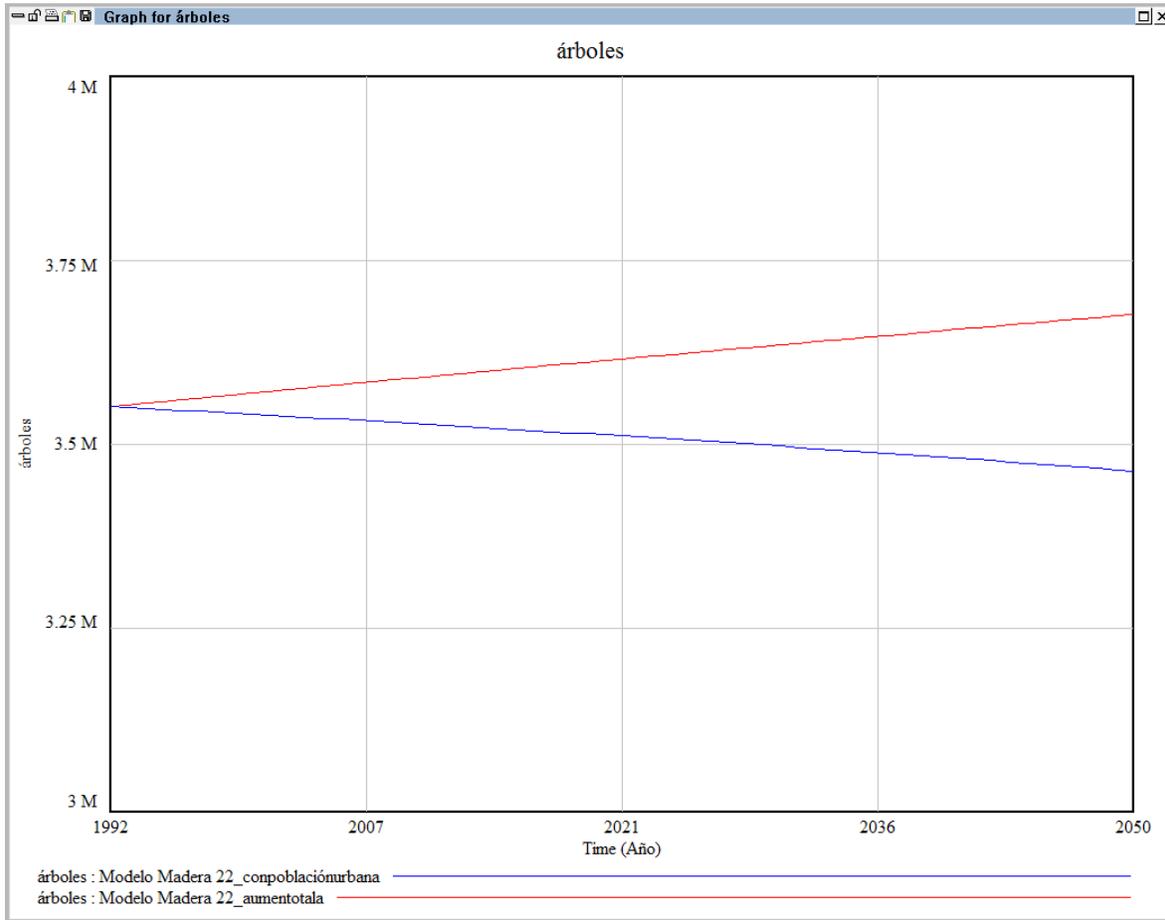
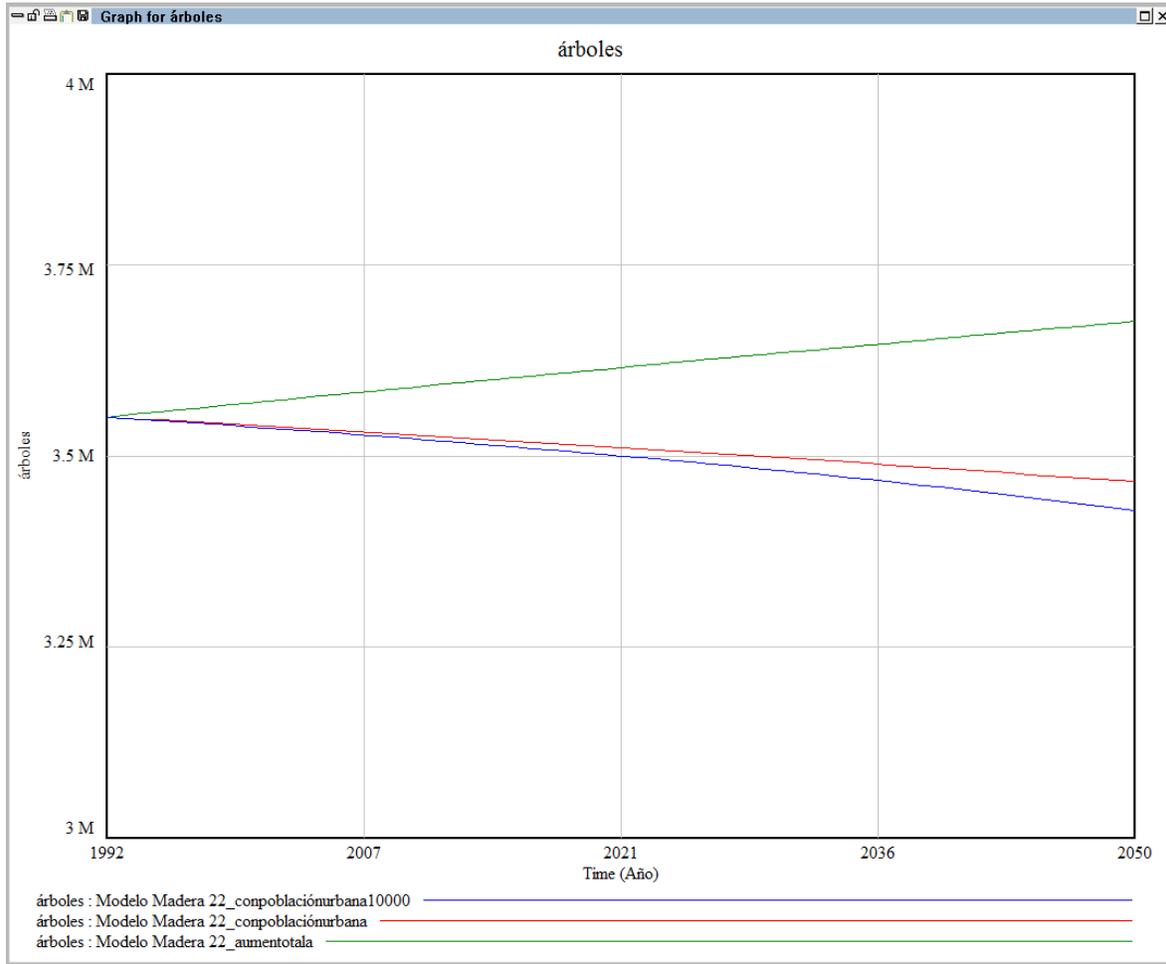


Ilustración 3: Tercera fase de la modelación.



Gráfica 6: Número de árboles a lo largo del tiempo bajo dos escenarios, con (azul) y sin (rojo) población urbana.

En la **Ilustración 3** podemos observar la nueva versión del modelo. Las flechas rojas representan la adhesión de la dinámica poblacional urbana. En nuestro caso, hemos hecho un supuesto bastante cuestionable al señalar que la presión de 100,000 personas únicamente tendría afectación sobre 1km² de la superficie bajo manejo forestal (disminución en **Gráfica 6**). En una segunda corrida del modelo, hemos elevado el supuesto al señalar que 10,000 personas tendrán efecto sobre 1km² de la superficie bajo manejo forestal. El resultado es el siguiente (**Gráfica 7**):



Gráfica 7: Tres escenarios del crecimiento de árboles. Se mantienen los supuestos sin (verde) y con (azul y rojo) población urbana. La línea azul representa una presión de 1km^2 por cada 10,000 habitantes.

Para seguir adelante con el modelo construido, nos mantenemos con el supuesto de un decremento de la superficie forestal en 1km^2 por cada 100,000 habitantes. En la versión final del modelo (**Ilustración 4**), hemos incorporado el segundo supuesto: el decremento en la calidad de vida. Este concepto es muy amplio y se puede tornar ambiguo. Para la presente modelación pensamos que un decremento en la calidad de vida está en relación con la cantidad disponible de árboles por cada hogar rural. Tal como se puede observar en la **Gráfica 8**, bajo los anteriores supuestos, la relación va en decremento con el transcurrir del tiempo:

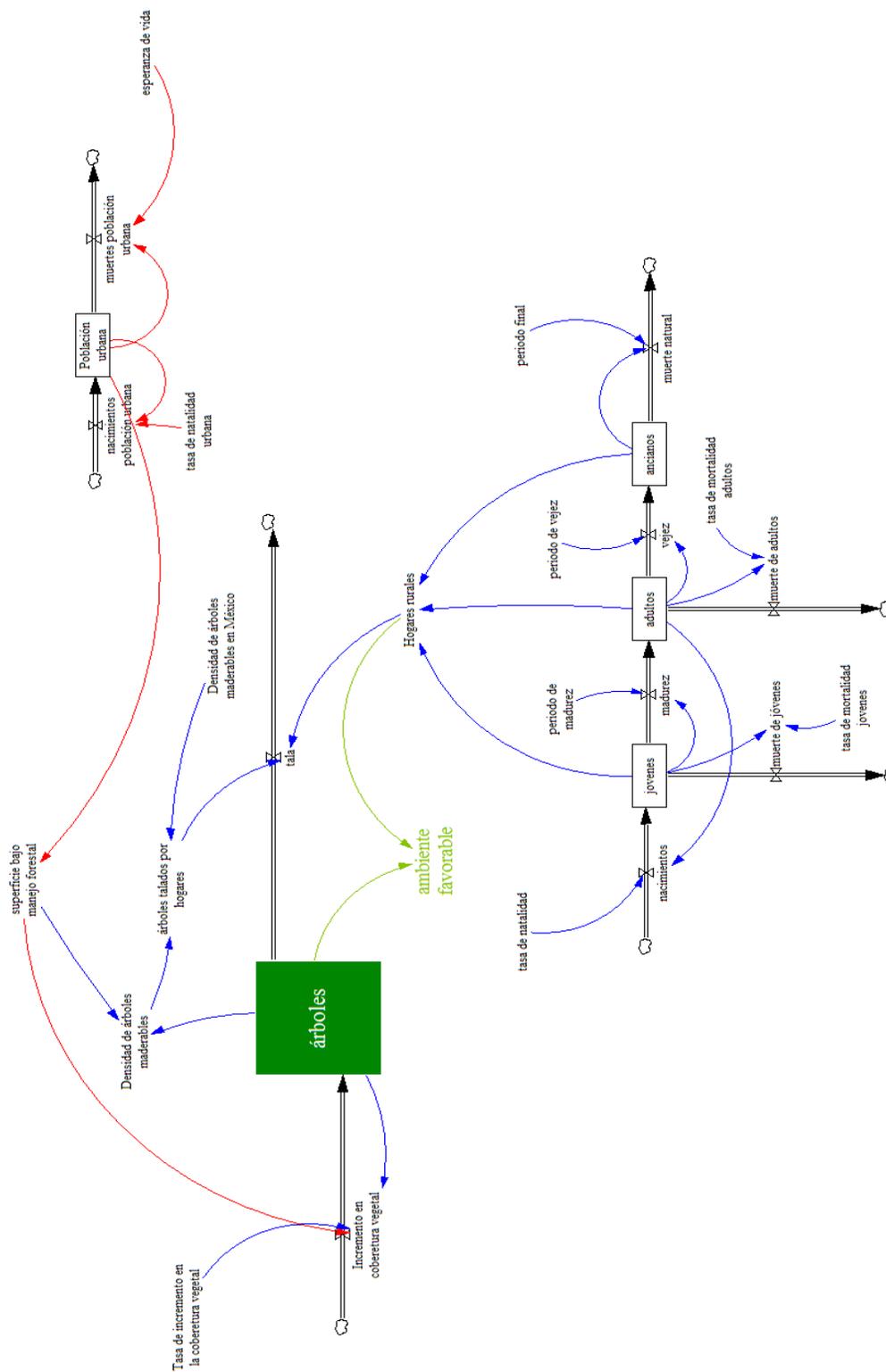
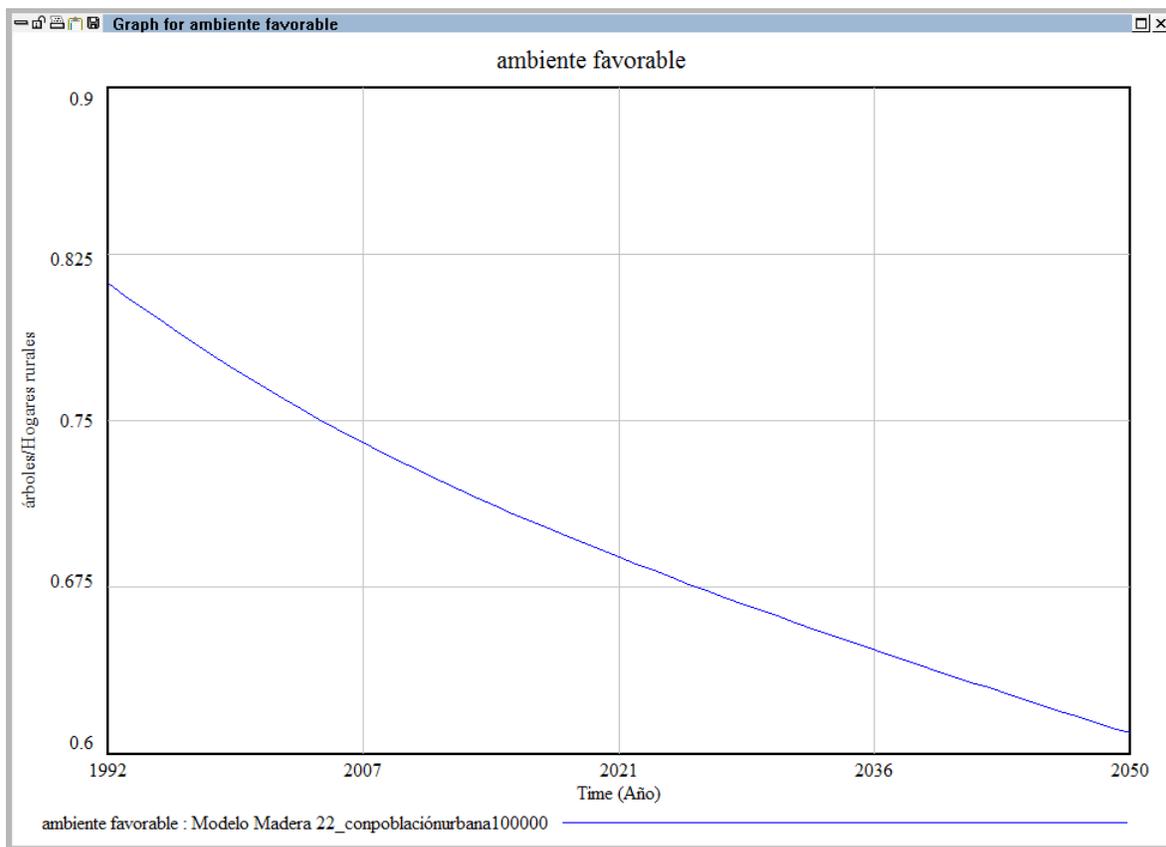


Ilustración 4: Tercera fase de la modelación. Segundo subescenario.



Gráfica 8: Disminución de la cantidad de árboles disponibles por hogar. Periodo 1992-2050.

3 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Nuestro modelo construido, a partir del aprendizaje de los distintos ejercicios realizados a lo largo del diplomado, se ha sustentado en el supuesto de que existe un uso racional de la madera por parte de la población rural, de que existen normas e instituciones capaces de mantener un aprovechamiento sustentable de los bienes comunes⁶. Este comportamiento queda plasmado en el modelo cuando afirmamos que la cantidad de leña destinada al autoconsumo de cada hogar se mantiene estable en el tiempo. Desde nuestra postura, éste es el supuesto que nos interesa defender y desde el que nos ha interesado partir.

Entender el aprovechamiento del recurso madera como un factor clave para el desarrollo sustentable es crucial. No solamente como fuente de ingresos para las economías locales, regionales y nacionales, como la expresión de la biodiversidad y de los bienes y servicios ambientales que brindan los ecosistemas, sino como un factor básico para el mantenimiento y futuro mejoramiento de la calidad de vida de las personas más pobres.

Bajo nuestros supuestos y elementos considerados al interior del sistema, el factor que detona la disminución de un *Ambiente favorable* es el crecimiento de la población urbana, cuando ejerce presión para el cambio de uso de suelo. Este cambio de uso de suelo es pensado como un cambio necesario para satisfacer las grandes necesidades de bienes y servicios de la población urbana y no como un cambio de uso de suelo directo para convertirse en suelo urbano.

La disminución de árboles disponibles por hogar tendrá un impacto en la calidad de vida de las personas (**Gráfica 8**). Una menor cantidad de madera derivará en una menor fuente de ingresos para las poblaciones y, a su vez, la disminución de la leña se puede traducir en un impacto directo hacia la salud y la alimentación de las poblaciones rurales (FAO, s.f.).

Finalmente, el cambio de uso de suelo y su degradación, la falta de oportunidades en el medio rural de nuestro país que limita las oportunidades de desarrollo y trabajo, es y ha sido en años recientes un tema de política pública. No obstante, desde nuestra perspectiva, es necesario incorporar como tema de agenda el aprovechamiento de autoconsumo de los recursos forestales. A partir de esto, nos situamos en la postura de Gallopín (2003) al pensar que el desarrollo sustentable debe buscar el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

6 Retomamos a Ostrom (1990) quien discute sobre las instituciones y las formas de organización colectivas que regulan el aprovechamiento de los bienes comunes.

4 BIBLIOGRAFÍA:

- Gallopín, G. (2003) *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*, Serie: Medio Ambiente y Desarrollo, CEPAL/ECLAC, Santiago de Chile, Mayo, 46p. Recuperado el día 10 de diciembre de 2013 de: http://www.fidamerica.cl/admin/docdescargas/centrodoc/centrodoc_1030.pdf
- Hartemink, A.E. (2003) Human population and soil degradation, en Soil fertility decline in the tropics with case studies on plantations, CABI Publishing, p10-60.
- Rosas-Flores, J.; Morillón, D. (2010) What goes up: Recent trends in Mexican residential energy use. *Energy*, **35**: 2596-2602.
- Sánchez-Peña, L. (2012) Hogares y consumo energético en México. *Revista Digital Universitaria*. 1 de octubre 2012, Vol. 13, Núm. 10, p1-8.

Páginas electrónicas:

- FAO (s.f.) Efectos de la escasez de leña en los regímenes alimentarios. Recuperado el día 1 de septiembre de 2014 de: <http://www.fao.org/docrep/t7750s/t7750s05.htm>

Bibliografía derivada de los ejercicios de módulos del diplomado:

- Martín-García, J. (2014) Módulo 4 – Modelo de Reserva Natural.
- Martín-García, J. (2014) Módulo 5 – Modelo de Agricultura Intensiva.
- Martín-García, J. (2014) Módulo 10 – Modelo de la Catástrofe.

Dinámica de Sistemas

<http://www.dinamica-de-sistemas.com/>



Vensim

<http://www.atc-innova.com/>

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



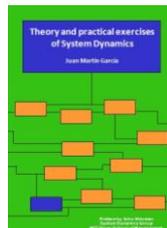
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)