



Universidad de Quintana Roo

División de Ciencias Sociales y Económico Administrativas

Provisión de salud e incidencia Ambiental **Análisis y evaluación de un proyecto de hospital sustentable**

Tesis para obtener el título en:
Maestría en Economía del Sector Público

Presenta:
Arq. Pedro Citlac Chargoy Loustaunau

Directora de Tesis:
Dra. Christine Carton Madura

Chetumal Quintana Roo, Febrero del 2013



Universidad de Quintana Roo
División de Ciencias Sociales y
Económico Administrativas

Trabajo de Tesis elaborado bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobado como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestría En Economía Del Sector Público

C o m i t é:

Directora: _____

Dra. Christine Carton Madura

Supervisor: _____

Dr. Sadri Slim Cohen

Supervisor: _____

Dr. Inocente Bojórquez Báez

Chetumal, Quintana Roo, México, Febrero del 2013

PROVISIÓN DE SALUD E INCIDENCIA AMBIENTAL

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE UN PROYECTO DE HOSPITAL SUSTENTABLE

Maestrante

Arq. Pedro Citlac Chargoy Loustaunau

Directora de Tesis

Dra. Christine Carton Madura

Chetumal, Quintana Roo, México

Febrero del 2013



Universidad de Quintana Roo
División de Ciencias Sociales y Económico Administrativas
Maestría en Economía del Sector Público



Contenido

| | |
|---|----|
| Introducción General..... | 1 |
| Capítulo 1. MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE: UN ENFOQUE ECONÓMICO | 7 |
| 1.1. Inclusión de la preocupación medioambiental en el análisis económico..... | 10 |
| 1.1.1. Antecedentes: Medio ambiente y pensamiento económico..... | 13 |
| 1.1.2. La economía del medio ambiente y sus limitantes..... | 17 |
| 1.2. El concepto de desarrollo sustentable: orígenes y evolución..... | 22 |
| 1.2.1. Orígenes del concepto y consenso inicial..... | 25 |
| 1.2.2. Debate en torno al concepto de desarrollo sustentable..... | 31 |
| 1.3. Panorama para México: Algunos indicadores de desarrollo sustentable..... | 37 |
| 1.3.1. Valoración monetaria vs valoración no monetaria..... | 40 |
| 1.3.2. Los retos para México..... | 46 |
| Capítulo 2. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS ACERCA DE LA RELACIÓN SALUD Y MEDIO AMBIENTE: EL CONCEPTO DE “HOSPITAL SUSTENTABLE”..... | 56 |
| 2.1. Conceptos básicos y fundamentos de la Economía de la Salud..... | 60 |
| 2.1.1. Capital humano e inversión en salud desde una perspectiva de desarrollo económico..... | 64 |
| 2.1.2. Análisis convencional: El medio ambiente como determinante de la salud..... | 68 |
| 2.2. Nuevo enfoque sobre la interacción salud y medio ambiente: La dimensión sustentable de la provisión de salud..... | 75 |
| 2.2.1. Importancia de la salud en México..... | 77 |

| | |
|---|-----|
| 2.2.2. Incidencia de la provisión de salud sobre la calidad ambiental: Principales aportes..... | 82 |
| 2.3. Hacia una comprensión del concepto “Hospital sustentable” | 88 |
| 2.3.1. Una tipología de los efectos ambientales de los hospitales tradicionales..... | 91 |
| 2.2.3 Definición y experiencias de hospitales sustentables. | 95 |
| Capítulo 3. PROPUESTA DE UNA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UN PROYECTO DE “HOSPITAL SUSTENTABLE” PARA QUINTANA ROO. | 103 |
| 3.1. Métodos de evaluación económica del medio ambiente. | 107 |
| 3.1.1. Métodos de valoración de la demanda ambiental. | 110 |
| 3.1.2. Métodos de apoyo en la toma de decisiones..... | 123 |
| 3.2 Descripción del proyecto de “hospital sustentable”: Tulum..... | 135 |
| 3.2.2 El uso de energías..... | 143 |
| 3.2.2 Materiales de bajo impacto, manejo de agua y residuos. | 151 |
| 3.3 Medición biofísica y monetaria de la incidencia ambiental: Un estudio comparativo “hospital sustentable” y hospitales convencionales..... | 158 |
| 3.3.2. Evaluación biofísica: Estimaciones de la huella de carbono y de la huella hídrica. | 161 |
| 3.3.3 Evaluación monetaria: Un análisis Costo-Beneficio..... | 171 |
| Conclusión General..... | 179 |
| INDICE DE GRÁFICAS..... | 184 |
| INDICE DE TABLAS..... | 185 |
| INDICE DE IMÁGENES | 186 |
| BIBLIOGRAFÍA | 187 |

Introducción General

¿Pregúntese qué pasaría si tuviera que elegir entre su salud y la calidad del medio ambiente? Sin duda elegiría conservar ambas, es lo deseable, está muy documentado como un medio ambiente contaminado afecta a la salud. Ahora, imagine cómo reaccionaría ante la posibilidad de que la inversión hospitalaria estuviera impactando negativamente al medio ambiente, a tal grado, que se constituya por si sola como una amenaza a su misma salud. Es seguro, que esos hospitales obtienen un efecto opuesto a lo que originalmente buscaban.

El presente trabajo parte de la idea de que una sociedad sana es más productiva, por consiguiente, la provisión de servicios médicos se convierte en una inversión en desarrollo. En este contexto, los hospitales, como eje central de la provisión pública en salud, han resultado significativos contaminadores del medio ambiente. No obstante, cualquier provisión de servicio médico parece justificar estos efectos nocivos. Aquí, se plantea identificar y esclarecer ese fenómeno recurrente en la asignación de recursos públicos. Así, el objetivo del presente trabajo es fundamentar una evaluación económica integral de una alternativa a la provisión de infraestructura médica convencional, un “hospital sustentable”.

Una de las principales motivaciones es que la problemática se ve desatendida, ya que la literatura científica ha privilegiado la relación que guarda un medio ambiente contaminado con la salud. A nivel local, regional o nacional, no hay referencia de trabajos que aborden el análisis de los impactos de la provisión hospitalaria. Más aún, a nivel

mundial, rara vez se abordan en conjunto. Entonces, la relación entre las provisiones de hospitales y su impacto en el medio ambiente parece desasociada. Aquí, se plantea que la provisión de hospitales contaminantes pueden comprometer los objetivos sociales de salud. Resulta que el vínculo entre salud y medio ambiente es tan fuerte que se tienen que alcanzar ambos fines o no se logrará ninguno. Es predecible que la asignación de gasto público en salud, que no contemple las consecuencias que afectan a la naturaleza, no puede contar con información relevante para la toma de decisiones.

En este orden de ideas, desde una perspectiva económica, nos enfrentamos a elecciones en relación de cómo invertir nuestro tiempo y dinero. Ahora, si nos orientamos a un enfoque de economía del sector público, se trata de tomar decisiones respecto a asignar gasto del gobierno a favor del beneficio común. Para el tema en cuestión, el debate se centra en el uso eficiente de los recursos públicos para preservar los objetivos de cuidado al medio ambiente y la salud humana. Luego, si queremos que el bienestar social perdure a través del tiempo, entonces estamos hablando de desarrollo a largo plazo. Para nuestro tema, nos enfocaremos en el concepto más aceptado, el desarrollo sustentable. A este respecto, para el presente trabajo se emplearán los términos sostenible y sustentable de manera indistinta. Así, la evaluación pretende comprobar si la inversión en una provisión no contaminante, que es evaluada comparativamente desde dos enfoques de desarrollo sustentable¹, pueda constituirse en una alternativa viable de política pública.

En la economía del sector público, el tema es importante por dos razones. La primera surge por la necesidad de utilizar eficientemente el gasto público, donde el gasto en salud es un rubro relevante. Así, ante los siempre escasos recursos públicos, el Estado debe manejarse con eficiencia, evitando generar efectos indirectos que disminuyan el bienestar social. Lo anterior, cobra notoriedad por los recientes problemas financieros que enfrentan los Estados a nivel global. La segunda razón es por reducir los efectos de la crisis ambiental, la cual forma parte de cualquier agenda gubernamental, ya que perturba los recursos naturales y el bienestar social.

¹ El enfoque de la sustentabilidad débil o monetario y el enfoque de la sustentabilidad fuerte o biofísico.

Se presume que el trabajo demostrará si se puede conciliar, con políticas públicas, un equilibrio racional sostenible para el desarrollo de infraestructura médica, potencializando los efectos positivos hacia el medio ambiente y la sociedad, sin renunciar a la competitividad y el beneficio económico. Para iniciar, la confluencia de problemáticas a abordar hace necesaria la conformación del marco conceptual de la sustentabilidad. Luego, se debe distinguir entre las aproximaciones teóricas que pretenden precisar los métodos y procedimientos para alcanzar este fin. De ahí, se debe abundar sobre las técnicas económicas que se emplean para determinar la mejor asignación de recursos para proveer salud. Después, se requieren describir los impactos que tiene un medio ambiente contaminado sobre la salud, para posteriormente introducir la nueva perspectiva: Los impactos que una provisión de salud contaminante ocasiona sobre el medio ambiente y en consecuencia sobre la salud.

Este trabajo planteará una expectativa de solución a través del enfoque de hospitales sustentables, con el objetivo de influir en mejores políticas públicas. Resulta necesario, ya que se conjetura que no existe claridad para alcanzar el desarrollo sustentable. Se piensa que el Estado pierde objetividad respecto a las problemáticas sociales y ambientales globales, así como a las metas mundiales de cambio climático. De esta manera, no existen más estrategias de hospitales sustentables a causa de paradigmas y preconcepciones que dificultan la aplicación de tecnologías adecuadas. En teoría, una información más completa puede modificar el comportamiento de los tomadores de decisiones en beneficio del bienestar común.

Para demostrar la hipótesis, se utilizarán las principales herramientas basadas en las dos aproximaciones teóricas anteriormente descritas para alcanzar el desarrollo sustentable. El primer método implica considerar los costos así como los beneficios sociales percibidos. La medida de comparación generalmente es la monetaria, de ahí que se le denomine “evaluación monetaria”. La segunda aproximación teórica niega la monetización del ambiente, por lo que cuantifica los impactos biofísicos que generan las actividades

humanas. En este contexto, a pesar de que en teoría parten de nociones contrarias, aquí se presentan como herramientas complementarias para la toma de decisiones.

Por lo que sigue, el presente trabajo se articula en tres capítulos, cada uno con tres secciones. Para comenzar, el capítulo 1 se centra en caracterizar el medio ambiente desde una perspectiva económica, así como la relación que guarda con los modelos de desarrollo de largo plazo. Así, su primera sección parte de las crisis ambientales de los últimos años, abordando las aproximaciones teóricas que pretenden dar respuesta a los objetivos sociales de bienestar. La segunda sección introduce el debate de las posturas económicas en relación al tratamiento a largo plazo de los recursos naturales. Para terminar, en la tercera sección se definen los indicadores y retos que enfrenta México respecto de las crisis ambientales.

Acto seguido, el capítulo 2 aborda el enfoque de la economía sobre el sector salud, en donde se busca la eficiencia en el uso de los recursos a favor de objetivos de salubridad. Así, en su primera sección se trata cómo el gasto en sanidad se instituye como una inversión en un factor de producción, el “capital humano”. Después, se aborda el enfoque privilegiado por la literatura especializada respecto de los impactos negativos en la salud de un medio ambiente contaminado. De ese modo, la preservación de los servicios ambientales o la modificación del medio ambiente, en favor del ser humano, se consideran inversiones sanitarias. Sin embargo, se deja fuera al eje central de la provisión de salud, los hospitales, los cuales son intensivos contaminadores del ambiente, lo que da lugar a la nueva problemática, que se caracteriza en la segunda sección. Para consumar, la tercera sección presenta el enfoque de los hospitales sustentables, definidos como una provisión de salud no contaminante.

Por último, el capítulo 3 aborda los temas necesarios para realizar una evaluación económica. En su primera sección, se abunda sobre los métodos económicos para valorar la necesidad de un medio ambiente limpio. En este sentido, el debate presentado en el capítulo 1 genera dos aproximaciones de evaluación complementarias. Entonces, en la segunda sección, se presenta el hospital sustentable a evaluar, ubicado en Tulum,

Quintana Roo, describiendo las características que lo diferencian respecto de las provisiones de hospitales convencionales. Finalmente, la tercera sección muestra la evaluación que se hace comparativamente respecto de todos los hospitales generales que operan en el Estado de Quintana Roo.

Puesto que mejorar la información habilita a los tomadores de decisión para corregir las fallas en sus elecciones, consecuentemente, los resultados intentan servir en las disposiciones para asignar recursos para la provisión de infraestructura sanitaria. En conclusión, se evaluará si es socialmente beneficioso un cambio respecto de la política convencional de provisión de hospitales, con el fin de que el sector público aproveche lo que se cree que es una oportunidad, ocasionada por la estrecha relación entre la salud y el medio ambiente.

Capítulo 1. MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE: UN ENFOQUE ECONÓMICO

Para comenzar, se puede afirmar que es relativamente reciente la incursión de la ciencia económica en cuestiones ambientales. Si bien es cierto que existieron aproximaciones teóricas respecto de la inclusión de la naturaleza en el sistema económico, éstas se fueron dejando paulatinamente de lado a medida que las sociedades, preponderantemente agrarias, se fueron industrializando. De ahí la escuela que conocemos como “clásica” comenzó a pugnar por un modelo de crecimiento ilimitado. El planeta parecía tan vasto, tan inexplorado, que la demanda de materias primas y la expansión de los mercados aparentaban no tener límites. La economía, como ciencia que estudia la asignación de recursos limitados entre necesidades infinitas, pareció, por un tiempo, no tener relación con los temas ambientales.

Acto seguido, de lo que no se ha desligado la economía, es del desarrollo de las naciones. No cabe duda que se debe tener siempre presente el contexto en el que se inscriben. De ahí si contextualizamos la riqueza natural de México, resaltaría que se ubica dentro de los países con mayor diversidad biológica del mundo. Sumado a esto, se encuentran sus particularidades económicas y socioculturales, que lo vinculan fuertemente con el resto de América Latina. Cabe señalar que, en esta región, las estrategias de desarrollo se siguen definiendo día con día.

Sin embargo, muy a pesar de las oportunidades que ofrecen toda la riqueza natural y cultural de estas naciones, existen evidencias de que los ecosistemas se encuentran bajo una gran presión. Para ilustrar lo anterior, la evaluación de los ecosistemas del Milenio del 2005, concluyó que en los últimos cincuenta años, la humanidad ha alterado, como nunca en su historia, la biósfera de manera alarmante (PNUMA, 2005). Por tanto, de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2009) se ponen en riesgo las perspectivas de desarrollo.

En este sentido, desde 1990 al menos dieciocho conflictos violentos han sido incentivados por la explotación de recursos naturales (PNUMA, 2009). Fenómenos de alcance global, como el cambio climático, afectan la disponibilidad de agua, favorecen las enfermedades y ponen en riesgo la seguridad alimentaria. El incremento de la demanda de materiales y energía, en el sistema económico, es el detonante de muchos de los problemas ambientales que se han detectado en décadas recientes. En conjunto, se constituyen amenazas a la viabilidad de los escenarios a los que se enfrentarán las generaciones futuras. De ahí, surge el interés por idear guías de desarrollo que perdure a través del tiempo. Más adelante, se describe cómo los esfuerzos mundiales se fraguan en términos como eco-desarrollo y posteriormente en desarrollo sustentable.

Por consiguiente, el presente capítulo tiene por intención construir, desde el punto de vista económico, la relación que guardan las actividades humanas con el medio ambiente. Así pues, para lograr lo anterior, se divide en tres secciones. La primera, abarca una descripción de cómo la preocupación ambiental fue inscribiéndose en el análisis económico. Las ideas iniciales dan lugar a la economía del medio ambiente y a la economía ambiental. Acto seguido, se realiza una descripción de las limitantes de esta aproximación teórica. Finaliza la sección con la introducción de la economía ecológica, surgida a raíz de las limitantes de la economía ambiental.

A continuación, la segunda sección relata el camino a la construcción del término de desarrollo sustentable. La reseña evolutiva abarca desde cómo las preocupaciones

internacionales fueron traduciéndose en concepciones similares, hasta cuando se llega a un consenso inicial con el término. Después, se desglosarán los dos enfoques teóricos principales de cómo lograr el desarrollo sustentable, definido en un sentido fuerte y débil. Por consiguiente, se describe el debate generado en torno al concepto. El fin es mostrar cómo las diferencias en las bases teóricas conducen a una clara bifurcación sobre el consenso inicial. Al describir las aproximaciones teóricas, se pondrá en perspectiva las motivaciones de los autores, así como los resultados tentativos sobre el medio ambiente. El debate generado es de vital importancia ya que, a pesar de que se parte de la misma concepción general, se pueden obtener soluciones contrapuestas.

En la tercera sección, se presentan los compromisos mundiales para la sustentabilidad, en donde las naciones vinculan la teoría con la aplicación práctica. De ahí surge la necesidad de contar con indicios o señales que muestren la situación y el rumbo mundial. Del mismo modo, se introducen los compromisos nacionales de fomentar la sostenibilidad mediante la aplicación de políticas públicas. En este contexto, se presenta a México, por lo que se exponen sus indicadores de desarrollo sustentable. Finalmente, se muestran los retos latentes que enfrenta México como nación, analizando las estrategias de las políticas públicas y la construcción de indicadores.

1.1. Inclusión de la preocupación medioambiental en el análisis económico.

Para comenzar, cabe señalar que, históricamente, existe un recuento entre el pensamiento económico moderno y las cuestiones ambientales (Ramos, 2005). En este sentido, durante el siglo XVIII, surgieron en Francia los fisiócratas. Como movimiento fueron contrarios a las ideologías dominantes durante siglos² de los mercantilistas, las cuales implicaban una fuerte intervención gubernamental. Por tanto, los fisiócratas pugnaban por que las leyes del hombre estuvieran en armonía con las leyes de la naturaleza, siendo promotores de un liberalismo desregulador. Por añadidura, consideraban a la agricultura como la única actividad generadora de excedente sobre el costo de producción. En otros términos, convenían que era el único sector productivo, de cuyos excedentes se sustentaban el resto de las actividades (Xercavins et al., 2005). Así, a manera de regalo, el medio ambiente originaba que el producto bruto excediera el costo de los insumos de materiales y energía empleados en la producción. Además, resalta el hecho de que los fisiócratas tenían un punto de vista positivo y sin límites respecto a la agricultura, la población y el desarrollo. Sin embargo, esta incipiente corriente de pensamiento no persistió.

Tiempo después, cambios tecnológicos e institucionales construyeron un modelo, ahora globalizado, el cual fomentaba la competencia y un progreso material explosivo. Por lo tanto, se puede afirmar que la visión de la naturaleza, concebida como fuente de recursos y restricción para los Seres Humanos, fue evolucionando hacia una desaparición gradual

² La ideología fue dominante en Europa del siglo XVI hasta la primera mitad del XVIII.

de la restricción durante los siglos XIX y XX. La re-inclusión de la economía en temas ambientales es relativamente reciente, iniciándose en los años 50's y desarrollándose en los 70's. La evolución de la percepción, de un medioambiente inagotable hacia un recurso escaso y agotable, permitió a la lógica económica utilizar, en primeras aproximaciones, los fundamentos económicos existentes como la microeconomía y la economía pública.

Así pues, la presente sección pretende constituirse en una recopilación del proceso histórico que se puede generalizar en dos etapas. En primera instancia, se presenta la causa que apartó a la ciencia económica de las cuestiones medioambientales. En segundo término, se describe cómo las preocupaciones, respecto de la crisis medioambiental, generaron la intervención de la ciencia económica. Por lo tanto, se construirán las bases teóricas que cimientan las diferentes aproximaciones, las cuales pretenden proponer modelos perdurables en el tiempo.

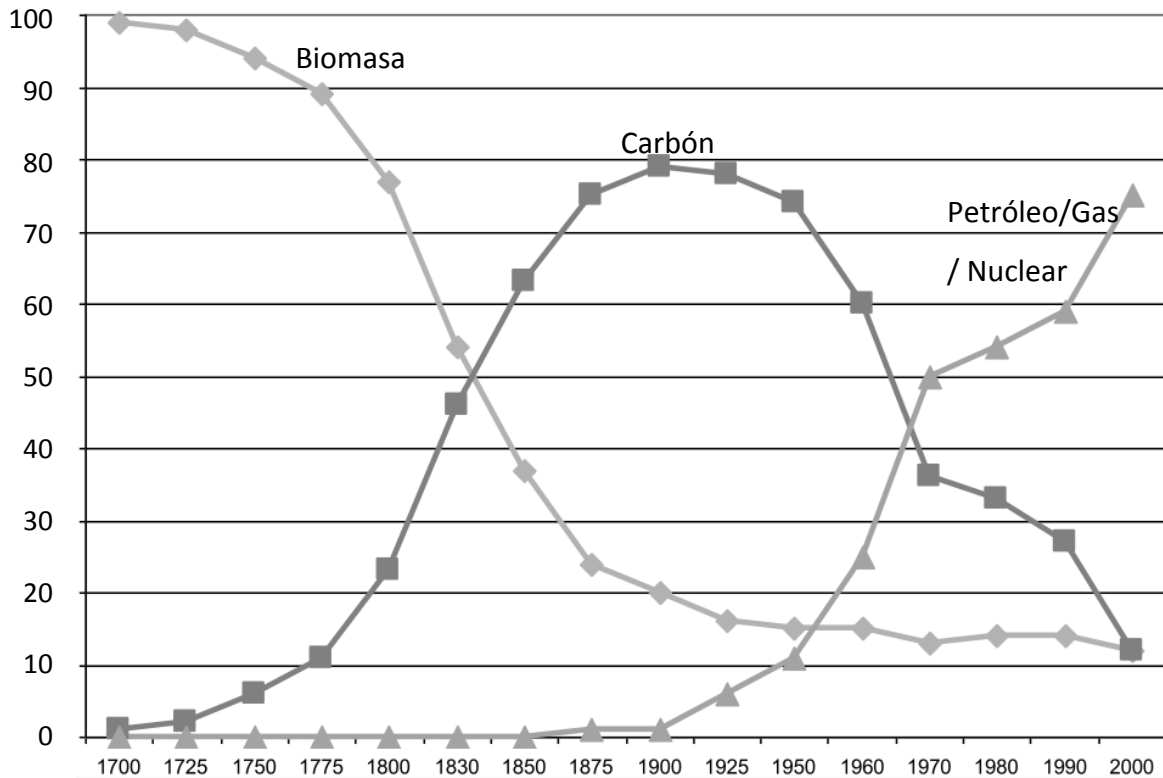
Por estas razones, la sección se divide en dos apartados. El primero muestra los antecedentes de cómo la preocupación medioambiental se incluyó en el estudio económico. En este contexto, surge en un inicio, la economía de los recursos naturales. La segunda subsección trata del subsecuente análisis teórico surgido de la escuela neoclásica, la economía ambiental. Se basa y enfoca en la contaminación, concibiéndola como una falla de mercado. La identificación de la fuente permitiría teóricamente internalizar las externalidades. Los instrumentos pueden clasificarse entre los que permiten la intervención del Estado y los que utilizan los mecanismos de mercado. Los primeros se dan mediante la regulación de los aprovechamientos de los recursos naturales o la reglamentación de los procesos productivos. Los segundos proponen influenciar en los precios y las transferencias de recursos. Abundado en estos mecanismos, se podrían clasificar entre los que aplican impuestos, bajo el principio del contaminador-pagador, los subsidios, hacia aquellos que promuevan la conservación o uso eficiente de los recursos y por último, los permisos negociables entre empresas con derechos de propiedad claramente definidos.

A continuación, una vez descritos los fundamentos e instrumentos de análisis de la economía ambiental, se proseguirá con sus limitantes. Dicha crítica a la economía neoclásica-keynesiana ambiental da pie al surgimiento de la economía ecológica, la cual se consolida durante los años setenta y ochenta del siglo XX (Foladori, 2005). No hay que perder en cuenta que estas aproximaciones teóricas se dan en el contexto de la crisis ambiental. La comprensión del origen y el destino de todo este marco conceptual, nos ayudará a identificar sus puntos débiles, ya que son la base fundamental de la evaluación a realizar.

1.1.1. Antecedentes: Medio ambiente y pensamiento económico.

Al principio, cabe señalar que para 1750, la población mundial apenas superaba el 10% de la que existe actualmente. A partir de entonces, las bases conceptuales del expansionismo del capitalismo industrial inglés de finales del siglo XVIII y todo el siglo XIX, se dan en el contexto de la publicación de la “Investigación sobre la naturaleza y la causa de la riqueza de las naciones”, por Adam Smith en 1776. Al inicio de este periodo de transición, en Inglaterra, patria de la industrialización, apenas si existían manufacturas y fábricas. Por consiguiente, como se muestra en la gráfica 1, la dependencia energética de la Gran Bretaña consistía en un 90% de biomasa, representando el carbón mineral apenas un 10% (Fischer-Kowalski, 2009).

Gráfica 1: La transición Agraria-Industrial en el Reino Unido.



Fuente: Fischer-Kowalski (2009, p. 15).

Entre los principios adoptados por Smith, resalta la concepción de que cada Ser Humano busca y está motivado por su interés individual, el cual se convierte en beneficio social al encontrar el equilibrio óptimo con la ayuda de la “mano invisible” del mercado. Así, resulta que los intercambios comerciales, autorregulados por la oferta y la demanda, son mutuamente provechosos para los productores especializados. En consecuencia, también se constituyen como la alternativa más eficiente de incentivos y regulación a la producción. Por lo anteriormente planteado, los gobiernos no deben entorpecer este egoísmo ventajoso sino que, al contrario, deben de “dejar hacer”³, ya que en la persecución de beneficios individuales se consigue un beneficio a la comunidad.

Se definía así la especialización, el liberalismo económico y que la principal fuerza motor del Ser Humano en su interacción con los demás es el beneficio personal, resaltando el enfoque antropocéntrico del crecimiento. Las implicaciones de un modelo teóricamente inmejorable son trascendentes. Se obtiene que la cantidad de recursos naturales destinada a la producción y el consumo, debe ser determinada por innumerables decisiones individuales motivadas por el egoísmo (Xercavins et al., 2005).

Poco después, en 1798, Thomas Malthus en su “Ensayo sobre el Principio de la Población”, argumentaba que los Seres Humanos y la producción de alimentos estaban creciendo en proporciones diferentes⁴ y, de seguir sin fijar límites, resultaría en el inevitable colapso del mismo sistema, ya que “el poder de la población es infinitamente mayor que el poder de la Tierra para producir el sustento para el Hombre” (Malthus, 1798⁵, p. 4). Malthus veía que, ante las presiones, el sistema se autorregulaba, las naciones eventualmente luchaban por los recursos. Así, se generaban variables de control de la población entre las cuales

³ Proviene de la expresión francesa *Laissez Faire* que significa “dejad hacer”. Originalmente el término fue introducido por los fisiócratas.

⁴ Malthus argumentaba que, debido a los rendimientos decrecientes de las tierras, los alimentos incrementan según una *progresión aritmética* (o sea que la cifra subsecuente se obtienen al sumar una constante al número previo), mientras que la población aumenta en una *progresión geométrica*, es decir que el dígito siguiente se obtiene multiplicando una constante al anterior.

⁵ Para el presente trabajo se utilizó la edición de 1998.

estaban la guerra, las enfermedades y el hambre. Esta última la consideraba como “el recurso más terrible de la naturaleza” (Malthus, 1798, p. 44).

En este contexto, la transición de sociedades, fuertemente agrarias a vigorosamente industriales, generó ideas como las de David Ricardo. A principios del siglo XIX, Ricardo define a la tierra con una fertilidad decreciente o diferencial. En otras palabras, a medida que se desarrolla la industria con rendimientos marginales constantes, el sector agrícola cuenta con un límite natural de rendimientos decrecientes. Las interpretaciones teóricas comienzan a dibujar límites al crecimiento lo que en última instancia se convertiría en el estado estacionario (Ramos, 2005).

En este orden de ideas, el “estado estacionario” describe una economía cuya población y capital acumulado dejan de crecer. Si bien los economistas clásicos más célebres, como Smith, Malthus, Marx y Mill, habían reconocido la existencia del estado estacionario, las reacciones fueron contrapuestas. Existen desde las que lo clasifican de desastroso hasta las que lo glorifican. Este último es el caso de John Stuart Mill (1848⁶), al describir como el estado estacionario haría posible a los Seres Humanos de poder dedicarse al arte y a la cultura⁷ (Kerschner, 2006). A todo esto, tanto Malthus como Ricardo, estaban en contra del subsidio a las clases más desfavorecidas, la creencia era que fomentaba su reproducción y el consecuente aumento a la carga impositiva sobre otros estratos sociales. Malthus defendía, en consecuencia, la alternativa de la planeación familiar.

A continuación, el marginalismo, siguiente a la corriente clásica, reafirma la supremacía del mercado como mecanismo de asignación, justificando los mínimos costos sociales científicamente (Xercavins et al., 2005). Sin embargo, ya en el siglo XX y a raíz de la depresión de la economía mundial, surge un rompimiento entre las políticas de “dejar hacer” y la creencia de la infalibilidad del mercado. Muñoz (2010) afirma que, la crisis de la misma clase económicamente la obligó a solicitar la intervención estatal. De ahí, surge el origen de las políticas de aumentar el gasto público mediante la adopción de deuda, las

⁶ Para el trabajo se utilizó la 2a Edición en español de 1951 del Fondo de Cultura Económica.

⁷ Al describir “of the graces of life” que se traduce como las gracias de la vida.

cuales se remontan a las ideas de John Meynard Keynes. Para salir de las recesiones o depresiones ocasionadas por fallas del mercado, apoyaba las políticas públicas de gasto que incrementaban la demanda agregada en el largo plazo, incluyendo al gasto de gobierno en obras públicas (Mankiw, 2009). El modelo generado, conocido como Estado benefactor en los países desarrollados y Estado interventor en los países en vías de desarrollo, alcanzó popularidad a raíz de la depresión de 1929 y fue indiscutido por décadas.

Este rompimiento ideológico permitió el fortalecimiento del sector público en la toma de decisiones respecto de lo que se considerara mejor para la sociedad. La consecuencia es el incremento de la participación del Estado en la toma de decisiones, y por lo tanto, en la posibilidad de intervenir, regular, dirigir o influir en la demanda. Sin embargo, al no considerarse escasos los recursos naturales, estos cambios conceptuales no influyeron en las decisiones respecto del medio ambiente. Ramos (2005) explica que se debió a que se inscribían dentro del mismo campo conceptual. Consecuentemente, se consolidó el paradigma del crecimiento y la ciencia económica se enfocó a otros problemas, como la pobreza, formulada por Smith, la sobrepoblación esbozada por Malthus, la distribución planteada por Marx y el desempleo superior al natural expresado por Keynes (Kerschner, 2006).

El instrumento de análisis resultante es la economía de los recursos naturales. Parte de la economía clásica, tomando las ideas de Ricardo y Malthus en relación a los límites naturales a la producción. Entonces, resulta que, en esta aproximación, por una parte los recursos renovables no deben explotarse más allá de su capacidad de renovación. Por otra parte, los recursos no renovables deben de explotarse en función de las reservas existentes y su demanda, tanto actual como futura. De ahí, la economía de los recursos naturales pretende calcular las tasas óptimas de utilización de los recursos (Muñoz, 2010). Esta aproximación constituye el antecedente conceptual de cómo la economía plantea resolver las crisis ambientales.

1.1.2. La economía del medio ambiente y sus limitantes.

Para iniciar, tomando como base la economía neoclásica, surgió la economía ambiental, también conocida como economía del medio ambiente. Se pudiera englobar la base conceptual de análisis en dos términos: las fallas del mercado incluyendo las externalidades. Si, además, se considera al crecimiento económico como generador de bienestar y al ambiente como suministradora de bienes y servicios, se tiene por resultado que un exceso de producción o consumo puede provocar pérdida de bienestar. De esta manera, para la economía ambiental, la contaminación es un producto ambiental, el cual se diferencia de los bienes convencionales, en que el mercado falla en asignarlos eficientemente (Koldstad, 2010). Una de las características que ocasiona estas fallas, es que carece de precio dada su misma naturaleza. De esta manera, las “externalidades”, los “bienes públicos”, y los “recursos comunes de libre acceso”, como pueden ser los servicios de la biosfera, se entienden como carentes de valor (Azqueta, 2007). Por ende, se puede afirmar que la economía ambiental se basa en que el mercado genera daños a la naturaleza al no asignar eficientemente los recursos en el área ambiental. Se plantea así que se puede disminuir en cierta medida las ganancias monetarias, siempre y cuando se justifiquen por la ganancia o pérdida de bienestar. Las implicaciones es que se justifica la intervención gubernamental para casos específicos (Muñoz, 2010).

Se presentará primeramente a las externalidades, para que existan, en principio debe haber dos partes, alguien que la cause y alguien que la sufra (Azqueta, 2007). Una externalidad ocurre cuando las acciones de un individuo o empresa afectan a un tercero sin su autorización. Las acciones son definidas como la elección de consumo o la producción, mientras que la afectación se ve reflejada en la función de utilidad o producción de la otra entidad (Koldstad, 2010). Se dice también que, para que existan las externalidades, los perjuicios no deben contar con autorización ni ser compensados mediante un pago (Stiglitz, 2000). Las externalidades causan entonces una pérdida o ganancia involuntaria en el bienestar de otra persona, sin ninguna compensación por el

cambio producido, en donde una pérdida se clasifica como una externalidad negativa y una ganancia como una positiva (Muñoz, 2010; Daly & Farley, 2011). Cabe señalar que se excluye de la definición el daño o altruismo causado intencionalmente (Koldstad, 2010).

Ahora bien, los llamados “bienes públicos puros” tienen dos propiedades básicas. La primera es que no existe un costo adicional por cada persona agregada que disfrute de sus beneficios, es decir, tienen un costo marginal nulo. La otra es que resulta prácticamente imposible impedir a alguien su disfrute. En resumen, se puede decir que son no rivales y no excluyentes (Stiglitz, 2000).

Otro tipo de falla son las asimetrías de información que ocurren cuando, en un mercado, una de las partes cuenta con más información que la otra sobre el producto o servicio objeto de la transacción. Esto coloca a quien tenga más información, en una posición ventajosa, en la que puede tomar ventaja de la parte menos informada, vulnerándola hacia la selección adversa. De esta manera, se genera falla de mercado, es decir a un resultado económicamente ineficiente.

En los procesos de regulación ambiental, los cuales son diseñados para abatir la contaminación, puede darse el caso de que se disponga de suficiente información sobre el coste social marginal de la externalidad. De este modo, un sistema de multas puede dar lugar a un resultado óptimo en el sentido de Pareto (Stiglitz, 2000). Cabe señalar que el sistema regulatorio puede ser muy costoso de administrar, ya que los requerimientos de información son enormes: los planificadores operan con información imperfecta, dando lugar a serias ineficiencias. Adicionalmente, los entes contaminantes tienen incentivos para distorsionar la información proporcionada por lo que existe un daño residual, el cual escapa del control de los planificadores (Koldstad, 2010). En este sentido, cabe citar a Stiglitz (2002) sobre la naturaleza de las fallas del mercado, en donde la información es, en muchos aspectos, como un bien público. Significa que quienes invierten en ella les es difícil apropiársela y obtener retornos. De ahí, concluye que, siempre que la información fuera endógena, era poco probable que el mercado privado proveyera una asignación eficiente de recursos.

Se ha explicado que la contaminación ambiental no se refleja en los intercambios económicos. A este respecto, los economistas han desarrollado una serie de aproximaciones. Arthur Pigou (1877-1959)⁸ afrontó las externalidades planteadas por Alfred Marshall (1842-1924), mediante la aplicación de impuestos o subsidios. El fin es inducir hacia cantidades socialmente beneficiosas. En este sentido, la existencia misma de externalidades justifica la intervención del Estado. El enfoque de solución planteado es dotar de valor monetario a los costos y beneficios ambientales aplicando subsidios a la externalidades positivas e impuestos a las negativas. El objeto es que se tomen en cuenta durante las decisiones económicas, contrarrestando de alguna manera, la falta de precios. Actualmente a esto, se le conoce como impuestos o subsidios Pigouvianos. De esta manera, la economía ambiental es la base de la corrección de las fallas del mercado mediante las etiquetas verdes, las ecotasas, los impuestos y tasas verdes, entre otras (Muñoz, 2010).

Después, se desarrolló el teorema de Coase⁹, el cual defiende una postura liberalista al adjudicar derechos de propiedad sobre el medio en el que se transmiten las externalidades. De este modo, sin intervención gubernamental, los particulares acuerden la retribución por los “males” causados (Coase, 1992). Hay que tener presente que estas soluciones se centran en los agentes, las afectaciones a las que son objeto y los daños o beneficios percibidos por estos mismos, es decir se omite el daño real a la naturaleza. Otra limitante en la manera de estimar el daño, es que tiene que haber ocurrido para poder valorar las pérdidas en que se incurrió. La solución a esta disyuntiva se da valorando anticipadamente los servicios que presta el medio ambiente. Ante todo, cabe recordar la diferencia entre precio y valor monetario, en donde el primero es el valor de intercambio y el segundo lo determina el valor de uso. En este sentido, la diferencia entre ambos es el excedente del consumidor. Como ya se mencionó, la inexistencia de mercados

⁸ En 1920 en *The Economics of Welfare*, o en español la Economía del bienestar.

⁹ En 1960 en *The Problem of Social Cost*, El Problema del Costo Social, publicado en *Journal of Law and Economics*.

ambientales ocasiona que los bienes ambientales no tengan precio, y sin embargo sí tengan valor.

En este sentido, para la economía ambiental, el crecimiento ilimitado no sólo es necesario, sino que es posible. En principio, se debe tener en cuenta al medio ambiente y crear nexos circulares en los procesos de producción y consumo (Muñoz, 2010). Sin embargo, los críticos a la economía ambiental cuestionan los orígenes de la concepción Neoclásica-Keynesiana de un sistema económico cerrado. Consecuentemente, no se toman en cuenta los intercambios con lo que lo contiene y delimita, el medio ambiente. Se considera a un sistema económico abierto, ya que recibe de fuera materiales y recursos varios, que transforma en desperdicios y vierte hacia el medio ambiente (Foladori, 2005). Al mismo tiempo, existen flujos termodinámicos de calor y energía que afectan el sistema. Existen pues límites físicos naturales que delimitan el crecimiento continuo.

De la misma manera, la convertibilidad de la materia en precio puede llevar a impactos irreversibles y paradojas contables. En otros términos, un país puede estar agotando sus reservas de recursos naturales no renovables, pero manejar números positivos en su contabilidad económica. Otro ejemplo sería el poder llegar a aniquilar especies o destruir ecosistemas con simplemente contar la demanda y los suficientes recursos monetarios (Foladori, 2005).

La magnitud de los problemas ambientales comprende un carácter multidisciplinario. Así, la sectorización del conocimiento científico no contribuye articular soluciones (Muñoz, 2010). En consecuencia, la economía ecológica surge como una crítica a los limitantes de la economía ambiental. Por esta razón, parte de las ciencias de la física que rigen los sistemas ambientales. Por tanto, se encuentran dentro de sus conceptos básicos las leyes de la termodinámica y la propiedad de la entropía¹⁰.

¹⁰ Relacionada con la propiedad física de la termodinámica, no con la interpretación de orden y desorden de la economía y otras ciencias sociales. Se refiere a que los sistemas naturales tienden, se comportan, dirigen sus cambios a una situación de equilibrio y los procesos nunca son absolutamente reversibles.

Uno de los fundamentos de la economía ecológica es que la naturaleza cuenta con valor intrínseco, concepto que se remonta a las ideas de los fisiócratas (Foladori, 2005). En tal sentido, el medio ambiente no es solamente fuente de recursos para las actividades productivas sino que, además, cumple con funciones reguladoras, de soporte vital y de información (Foladori, 2005).

El fin es crear un modelo económico alternativo donde se produzcan bienes duraderos, reparables reutilizables y reciclables (Muñoz, 2010). Para la economía ecológica, debe haber un cambio del “paradigma del crecimiento”, hacia un “deseable” estado estacionario. Los argumentos van en el sentido de que se evitaría mayores desastres y calamidades a la humanidad creando estándares de vida para todos. La articulación práctica de estabilizar el sistema, a un nivel constante, se lograría mediante la regulación de la población mundial, la reducción del consumo de materiales y energía así como asegurando la justicia social por medio de mínimos y máximos niveles de ingresos. Sin duda el problema es la implementación en políticas públicas.

A continuación, la siguiente sección expondrá el tratamiento a largo plazo de los recursos naturales, introduciendo el concepto de desarrollo sustentable y el debate de las posturas económicas en relación a cómo alcanzarlo.

1.2. El concepto de desarrollo sustentable: orígenes y evolución.

Para iniciar, la problemática que nos incumbe no es exclusiva de temas ambientales, sino que incluye la satisfacción de las necesidades de la sociedad. Por consiguiente, se debe plantear el marco conceptual que da origen a los múltiples elementos de la sustentabilidad. Así cabe presentar una reflexión de 1848 del economista John Stuart Mill respecto del consumo racional y la distribución de los recursos. Mill argumenta que el reto de los países industrializados no está en el “aumento de la producción”, necesario únicamente en países atrasados, sino en la “distribución de los beneficios”. Su razonamiento se basaba en que la riqueza generada había llevado a excesos de consumo en las clases más privilegiadas. Incluso, sugiere que el modelo seguido hasta entonces, que continúa hasta ahora, debiera ser temporal, en lo que la humanidad encuentre mejores maneras para alcanzar el desarrollo (Mill, 1848). En cuanto a una perspectiva ambiental, cabe citar al ecólogo Margalef (1981), que comprende la distinción entre países ricos y pobres de acuerdo a su participación en términos de energía y tasas de crecimiento poblacional. En este sentido, las naciones ricas consumen más energía per cápita y se tienen tasas de natalidades menores. Por el contrario, en naciones pobres, se consume menos energía y se cuenta con tasas de crecimiento demográfico superiores.

A continuación, la aparición del término de desarrollo sustentable se da en un contexto donde, se exhibían evidencias de los impactos negativos de las actividades humanas. Cabe recordar que en el presente trabajo los términos sostenible y sustentable se emplean de manera indistinta. Así, el proceso que llevó a estudios de alcance internacional y la firma de acuerdos y tratados previos a su aparición se detallarán en el primer apartado de esta

sección. En consecuencia, el consenso mundial sobre un concepto que aporte elementos de conservación al medio ambiente y el desarrollo se logra en 1987. En ese año, la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, adopta por unanimidad el documento “Nuestro futuro común”, mejor conocido como “informe Bruntland”¹¹. Se emplea entonces por primera vez el término de “Desarrollo Sustentable” definido como: “aquel que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras”¹² (INEGI & INE, 2000, p.3).

En resumidas cuentas, se pretende crear un nuevo modelo de gobernanza ambiental. El concepto se divide en dos fracciones: La primera es la “satisfacción de las necesidades de la generación presente”. La segunda parte condiciona a no “comprometer las necesidades de las generaciones futuras”. El primer segmento no es limitativo a grupos o sectores, por lo que involucra igualdad de oportunidades, por esta razón, aquí se encuentra la equidad social. El segundo fragmento acota la distribución intergeneracional de los beneficios, redundando en cohesión social (Duran, 2000). Del mismo modo, involucra el manejo de los ecosistemas y recursos de tal manera que perduren. En consecuencia, se pretende sintetizar un modelo que garantice el bienestar y la igualdad sociales amparando la preservación de los ecosistemas, donde, el medio socio-económico es el instrumento para llevar a cabo este proceso a través del tiempo.

Para Seralgedin (1993), la sustentabilidad sería la equidad o distribución óptima, descrita como la asignación óptima que alcanza el equilibrio en la eficiencia económica. Asimismo, se menciona que el reto estriba en poder definir cuáles serían las futuras necesidades y los medios para satisfacerlas. Arribas (2007) considera que el concepto conlleva justicia intergeneracional, ya que se prevén los derechos de las generaciones futuras. Por consiguiente, se considera que el concepto es un “proceso multidimensional” que afecta

¹¹ Nombrado así por quien encabezó la comisión, la doctora Gro Harlem Brundtland, ex Primera Ministra de Noruega y posteriormente Directora General de la Organización Mundial de la Salud.

¹² Texto original cita: “Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”.

al sistema económico, al sistema social y al ecológico, constituyéndose como una condicionante para la toma de decisiones de la política económica. Duran (2000) refiere que la complejidad de definir el desarrollo sustentable estriba en que la concepción debe armonizar tres diferentes puntos de vista, el económico, el social y el ambiental. Posteriormente, la interpretación del término evoluciona para incluir la dimensión intergeneracional y la esfera de acción ética y política. Entonces, autores como Achkar (2005), agregan un cuarto punto de vista mediante la incorporación de la dimensión política, definida como argamasa que cohesiona las tres posturas mediante la participación social.

No obstante, posteriormente de su publicación el término ha generado discusión respecto del mecanismo de implementación. Primeramente, se cuestiona la satisfacción de necesidades, donde la dicotomía entre crecimiento y desarrollo ocupan el debate. La contraposición llega a tal punto que, por un lado, para los liberales, el crecimiento es una condición necesaria y suficiente para el desarrollo sustentable. Por otro lado, existe la visión radical que lo ve como el principal factor de riesgo ambiental, ya que consideran que tanto el crecimiento como el desarrollo se deban someter a la sostenibilidad. Las implicaciones son el decrecimiento del sistema económico hasta un tamaño sostenible.

De igual manera, la restricción del medio físico natural sobre el sistema socioeconómico genera polémica. Para los neoclásicos, la restricción ambiental genera innovación y regulación del mercado. Mientras que para la visión ecológica, la sustitución perfecta no existe, de ahí que se deba gestionar adecuadamente la restricción ambiental. Los economistas intentan conciliar la dinámica económica ecológica y social. En consecuencia, la aproximación de la economía ambiental, para evaluar los avances o retrocesos de un sector respecto de otro requiera establecer un parámetro de referencia, usualmente el monetario. Consecuentemente, la monetización del capital natural o su inconvertibilidad son el centro del debate. Estos temas y sus fundamentos se abordarán en el segundo apartado de la sección.

1.2.1. Orígenes del concepto y consenso inicial

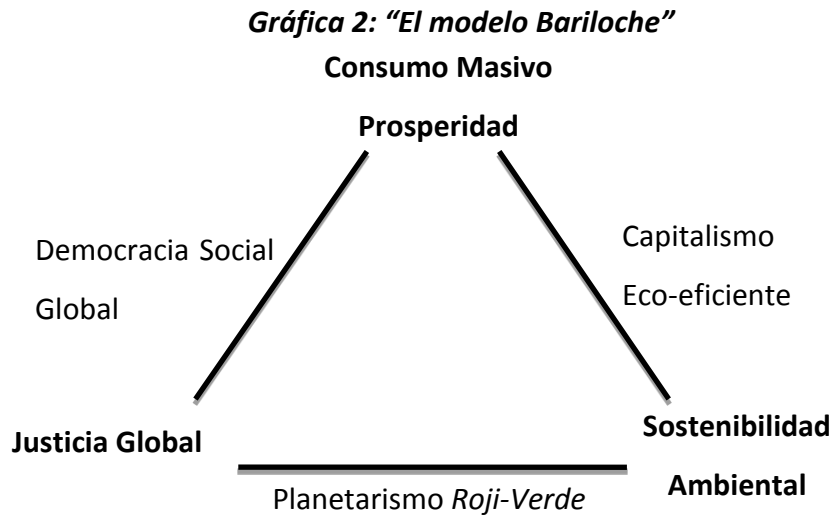
Para iniciar, cabe tener en cuenta que la problemática de la contaminación y la consecuente degradación de la calidad ambiental no son recientes. Desde hace más de cuarenta años, ecólogos como Odum (1971) citaban a Aldo Leopold¹³, el cual se esforzaba por comprender la indolencia de las decisiones humanas que producían impactos ambientales negativos. En este sentido, Leopold distinguía, desde 1941, tres “falacias” que afectaban el comportamiento. La primera era la suposición de que el crecimiento del sistema económico era guiado por expertos, es decir, personas que cuentan con toda la información y herramientas para tomar las mejores decisiones. En segundo término, existe la presunción de superioridad humana sobre los ecosistemas: un antropocentrismo que afecta las preferencias entre lo transformado y el ambiente original. En último lugar, se encuentra el desconocimiento del sistema natural, dicho de otro modo, asimetrías de conocimientos sobre las interrelaciones de los flujos de nutrientes y energía en los ecosistemas. La información logra, en este sentido, clarificar el vínculo inseparable entre las acciones de los actores y consecuencias hacia ellos mismos.

Tiempo después, durante los años 70’s, se realizó en Argentina una de las primeras aproximaciones de un modelo de desarrollo global. El modelo conocido como Bariloche tuvo su origen en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano¹⁴, sostenida en 1972 en Estocolmo, Suecia. El esquema, representado en la gráfica 2, analiza el “trilema” ético al cual está enfrentada la humanidad. Los autores consideraban que se puede alcanzar una meta o dos, sin alcanzar el resto (Eriksson & Andersson, 2010). Se plantea la posibilidad de que se puede elegir y promover dos, dejando de lado o ignorando la tercera condicionante. Un ejemplo actual de lo anterior lo mencionan

¹³ Fue silvicultor, ecólogo, ambientalista norteamericano (1887,1948), considerado por muchos como el padre de la gestión de la vida silvestre en los Estados Unidos.

¹⁴ Dicha Conferencia se llevó a cabo en Estocolmo, Suecia, del 5 al 16 de junio de 1972, en Inglés se tituló United Nations Conference on the Human Environment.

Gallopín *et al.* (2004) al afirmar que actualmente la mayoría de las discusiones sobre el futuro a largo plazo se centran en temas de competitividad económica y ganancias financieras. Consecuentemente, se dejan rezagadas las necesidades de las personas y su desarrollo. Incluso predicen una eventual ruptura de “las trayectorias históricas”, un resquebrajamiento del modelo.



Fuente: Eriksson & Andersson (2010).

De manera que, existen aparentes incompatibilidades de intereses. Por un lado, a mediados del siglo XX, John Richard Hicks, heredero del pensamiento económico clásico de Smith y Ricardo, define como algo deseable, que la renta mantenga el nivel de consumo a lo largo del tiempo, es decir sin reducir su consumo en un periodo futuro (Martínez, 2001). Por otro lado, cabe incluir una definición puramente ecológica, como la de Margalef (1981). Declara que todo proceso de explotación representa extraer algo de un ecosistema. Algo que, en otro caso, sería capitalizado por el mismo sistema natural y utilizado en hacer avanzar su propia sucesión. De acuerdo a esta concepción, debe existir una oposición entre explotación humana y sucesión natural. Para Margalef (1981), la conservación absoluta sólo se da en la ausencia total de explotación.

Al contrario, otras visiones se fueron gestando y prosperando a partir de diferentes perspectivas. No consideraban que el problema radicara en el pensamiento que afecta las decisiones de producción o consumo, sino en el tamaño de la población que demanda

bienes y servicios. El comienzo del caso más célebre se da en 1971, cuando el “Club de Roma”¹⁵ presenta “Los límites del Crecimiento”, también conocido como reporte Meadows¹⁶. El documento fue desarrollado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts donde, influenciado por ideas Maltusianas, se exhorta a la necesidad de fijar límites al crecimiento económico debido al aumento de la población (Leal, 2008).

El reporte Meadows advierte sobre el agotamiento de los recursos naturales, la explotación demográfica y los problemas relacionados con la generación y tratamiento de desechos. Planteaba la disyuntiva respecto de la carencia de recursos o el exceso de contaminación, dando como única respuesta el control poblacional. Los economistas, como Robert Solow, criticaron intensamente este reporte, justificando que el progreso técnico es capaz de resolver el problema del crecimiento ilimitado. Así, se expone un análisis positivo del funcionamiento de los mercados de recursos naturales no renovables. De acuerdo a Halvorsen (2009), Solow concluye la regla de Hotelling¹⁷, base para la economía de los recursos naturales, donde el precio neto de un recurso debe aumentar a una tasa de interés. Es decir que, si el precio de un recurso evoluciona a una tasa inferior al tipo de interés, entonces el propietario del recurso apresurará su extracción hasta el agotamiento. Y si el precio aumenta a una tasa superior a la de interés, entonces no se extraerá el recurso.

Si bien es cuestionable la solución demográfica, lo que si originó el reporte Meadows es la inclusión en el debate respecto de un modelo deseable. Hay que recordar que el desarrollo se da después de las crisis del petróleo de la década de los 70's y la guerra fría. De esta manera, la conferencia de las Naciones Unidas en 1972 sobre el desarrollo humano, plantea preguntas sobre la equidad y la prudencia ecológica. Consecuentemente, en 1972, se crean el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUMA y PNUD

¹⁵ ONG fundada en Roma en 1968.

¹⁶ Llamado así por la Dra. Donella H. Meadows (1941-2001), biofísica y ambientalista estadounidense, una de los autores del reporte junto con su esposo Dennis L. Meadows, Jørgen Randers y William W. Behrens III.

¹⁷ Expuesta por Harold Hotelling en 1931 en “La Economía de los recursos agotables”.

respectivamente. Por adición, en 1973, se lleva a cabo en Washington una convención sobre especies de flora y fauna en peligro de extinción.

En este tenor, a raíz del “Population Panel” de 1973 en el Reino Unido, se crea en 1991 el “Optimum Population Trust”. Tiene como origen la preocupación de sus fundadores ante la sobrepoblación, como causante de la amenaza del cambio climático y las afectaciones al medio ambiente. Este fideicomiso analiza las opciones de la planeación familiar para solventar la carencia de alimentos, la energía y otros recursos. En este sentido, se representa un encadenamiento de las ideas Malthus y el Club de Roma.

Después, la acuñación de nociones, que integren la dimensión económica con la social y la ambiental, se originan en el contexto internacional. Inicialmente, el término “ecodesarrollo” se conforma desde los años setenta (Durán, 2000). El concepto fue propuesto por Maurice Strong en una reunión del Consejo de Administración del PNUMA (Leal, 2008). Así, podría ser el antecedente de una expresión que lleva implícitos objetivos sociales de distribución de riqueza y que considera límites al crecimiento, por considerar que se realiza en perjuicio del medio ambiente. De acuerdo a Leal (2008), en 1980, el término “ecodesarrollo” es sustituido por el de “sustentabilidad”, en el documento “Estrategia Mundial de la Conservación”, debido a lo que denomina como “objeciones de la diplomacia norteamericana ante la ONU”. Lo explícito de la ecología en el concepto pudiera ser un referente del conflicto de intereses que el término puede generar. Por esta razón, se requería un término más general, que dé lugar al pensamiento antropocéntrico.

Luego de la publicación y aceptación por el PNUMA del informe Bruntland en 1987, se han realizado periódicamente cumbres, debates y acuerdos mundiales sobre el desarrollo sustentable. Tiempo después, a partir de la cumbre de Río de 1992 y ante el deterioro del medio ambiente como sostenedor de la vida, se realizó la declaración sobre los derechos y las responsabilidades de los países respecto del Medio Ambiente. El establecimiento de principios colocó al Ser Humano al centro de las preocupaciones del desarrollo sustentable, razonablemente consolidó el consenso inicial. La institución de los derechos de propiedad como mecanismo regulador implementó las ideas del teorema de Coase

mencionado con anterioridad. Posteriormente, se instauró la agenda 21, implantando una serie de indicadores, los cuales trataremos su fundamento en el siguiente apartado y su implementación en la siguiente sección.

Posteriormente en el año 2000, el protocolo de Cartagena abordó el tema de la bioseguridad, ante el descubrimiento de los riesgos que constituyen los transgénicos. A continuación en el 2002, la cumbre mundial para el desarrollo sustentable de Johannesburgo, incluyó no sólo una declaración política sino un plan de implementación, donde se establecieron disposiciones relativas al agua, la energía, la salud, la agricultura y la biodiversidad. Después, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio del 2005 reportó pérdidas en la diversidad biológica y los servicios que brindan los ecosistemas.

El consenso, sin embargo, pudiera ser el resultado de la ambigüedad del mismo. Eriksson & Andersson (2010) justifican la abundancia de definiciones de sostenibilidad a la cantidad de intereses en juego. Esta vaguedad del concepto y la dificultad en su aplicación, puede hacer considerar al desarrollo sustentable como inalcanzable. El ritmo de crecimiento poblacional y la polarización del ingreso per cápita de la humanidad están lejos de ser estabilizados (INEGI & INE, 2000). La problemática en la distribución de recursos, la competencia individual entre Seres Humanos y sociedades, así como el análisis de la viabilidad y permanencia de las políticas públicas tienen impactos en la actualidad.

La definición de desarrollo, por sí solo, ha llevado un proceso de definición independiente. Así pues, para Sen (2000), el desarrollo se da enfocándose en la expansión de las capacidades de los individuos para poder convertir sus derechos en libertades humanas reales. Como consecuencia de estas ideas, el Programa de las Naciones Unidas de Desarrollo (PNUD) generó el Índice de Desarrollo humano (IDH) en 1990. El índice contempla indicadores de esperanza de vida y educación y su relación con el nivel de vida para medir el aumento de capacidades. En resumen, el desarrollo tiene, como fin social, el despliegue y adquisición de capacidades humanas (Arribas, 2007).

En este contexto, hay que contemplar que el mundo pareciera haberse fragmentado en naciones ricas y pobres, desarrolladas y en vías de desarrollo. Por eso, cuando se advierte sobre las necesidades de crecimiento y recursos del Tercer Mundo o la necesidad de disminuir el consumo de los países ricos, la concepción puede ser controvertida. El crecimiento económico, como origen del deterioro ambiental, resulta sin duda conveniente en países desarrollados, ya que se cuenta, con mucho más capital acumulado, a manera de infraestructura, tecnología, maquinaria y equipamiento, respecto a los países en vías de desarrollo. Esto ocasiona que se juzgue a las naciones en vías de desarrollo como las responsables del actual deterioro ambiental o que se vea a su pobreza como la fuente principal de destrucción ambiental (Leal, 2008). Los problemas ambientales son diferentes, ya que pueden ser ligados a la pobreza y al subdesarrollo así como a las sociedades opulentas (Azqueta, 2007). Tal vez, las soluciones debieran ser igualmente diferentes. Como describe Seralgedin (1993), cada postura pondera los objetivos y la solución resultaría en la determinación de las prioridades.

En este sentido, el siguiente apartado describirá el debate en torno a la implementación y medición del desarrollo sustentable. Las dos principales aproximaciones teóricas resultantes se detallarán, con el objeto de definir las bases conceptuales de la evaluación económica del Hospital Sustentable, tema central de nuestro trabajo.

1.2.2. Debate en torno al concepto de desarrollo sustentable.

El concepto de desarrollo sustentable se ha desarrollado desde dos perspectivas diferenciadas. La primera de ellas, se concibe en el marco de la economía neoclásica mediante conceptos como la regla de Hartwick¹⁸ (1977). En pocas palabras, considera el hecho de que si los ingresos netos de los recursos no renovables se invirtieran en capital renovable, el nivel de consumo se podría mantener, bajo ciertas condiciones, a través del tiempo. La sustentabilidad buscaría la renta Hicksiana¹⁹, mencionada en el apartado anterior (Duran, 2000). El fin ideológico es sustentar la idea del crecimiento sostenido.

En otras palabras, la “sustentabilidad débil” consiste en “mantener un crecimiento económico ininterrumpido” dependiente de la innovación y tecnologías humanas (Arribas, 2007). Eriksson & Andersson (2010) definen una sustentabilidad sin disminuir el consumo o la utilidad. La evalúan mediante el análisis de los efectos sobre la utilidad del consumidor a través del tiempo, entendiendo que dicho consumidor no sólo se beneficia de bienes materiales, sino adicionalmente disfruta de los beneficios naturales que le proporciona el medio ambiente.

La “sustentabilidad débil”, o sustentabilidad manteniendo oportunidades de producción, es manifestada por Solow (1988) cuando expone “el problema de comerse el pastel”. Argumenta la inexistencia de obligación de heredar una porción específica de recursos a las próximas generaciones. Para Solow (1988), la obligación consiste en heredar generalizadamente la capacidad de producción para poder llevar una existencia igual o superior a la nuestra, de acuerdo a estándares de consumo. Esta concepción defiende que

¹⁸ Conocida en Inglés como “*Hartwick’s rule*”.

¹⁹ Herman Daly popularizó el término el cual se refiere a la renta sin incluir ningún elemento de capital. Así, para estimar correctamente los ingresos, el capital debe permanecer intacto. La innovación es incluir en el capital a los recursos naturales como parte de los activos de la sociedad. El debate es si el capital natural debe mantenerse intacto o puede ser sustituido por capital creado por el hombre.

la generación presente prácticamente no tiene conocimiento de la tecnología y necesidades que tendrán las futuras generaciones.

Dentro de esta perspectiva, el Banco Mundial defiende un concepto de “sustentabilidad débil”, definido como la capacidad de brindar y mantener un mínimo de oportunidades intergeneracionalmente. Para lograrlo, sugiere el uso de la valuación per cápita del capital, sin menoscabo de su sustitución, previendo la posibilidad de variaciones en su composición, características de la sustentabilidad débil (Serageldin & Sfeir-Younis, 1996). Para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (1996), el capital, dividido en capital natural, humano, institucional y social, debe mantenerse o aumentar entre generaciones. Por tanto, desde una perspectiva débil, es legítimo modificar las magnitudes en beneficio del incremento de otras, siempre que la sumatoria total se considere sustentable.

En resumen, la sustentabilidad “débil” defiende la permutabilidad entre el capital natural y el capital realizado por el hombre: Este concepto se mezcla con el “remedio” del progreso técnico. Consecuentemente, al ser sustituibles los recursos ya no serían agotables, sino relativamente escasos. De este modo, el crecimiento económico continuo sería posible (Kerschner, 2006). Gilpin (2010) sostiene que el desarrollo puede ser sustentable, si los recursos utilizados son renovables, o no sustentable si la base del recurso se agota a corto plazo o es imposible encontrar sustitutos.

No obstante, el crecimiento económico no implica forzosamente desarrollo social (Leal, 2008). La visión de igualar niveles de vida de países industrializados mediante la sustitución de riqueza natural por capital económico es sin duda cuestionable (Arribas, 2007). De esta manera, un país se considerará sustentable, en función de que la destrucción de su capital natural compense la generación de capital económico, es decir que acumule a una tasa mayor de la que destruye. Durán (2000) cuestiona la definición y métodos de cuantificación de la riqueza ambiental, para poder ser ecuanímes respecto a la valoración de la destrucción ambiental.

La concepción depende de los enfoques de origen. Por un lado, se encuentra la perspectiva antropocéntrica, en donde el capital natural es todo aquel que le sirve al Ser Humano. Por otro lado, la visión bio-céntrica o eco-céntrica, en donde el Ser Humano se ve reducido a una especie entre muchas otras, con igualdad de derechos sobre el capital natural. La principal diferencia, entre la primera perspectiva y la segunda considerada como la definición de “sostenibilidad fuerte”, es el hecho de que la segunda contempla el mantenimiento del sistema natural por sobre cualquier cosa. Las herramientas neoclásicas, justificativas, no contemplan lo percedero del capital, la tecnología y los conocimientos humanos. Igualmente, se ignoran, entre otras cosas, leyes termodinámicas, así como de que la mayoría de los servicios ambientales son escasos y la irreversibilidad de muchos de los impactos. Consecuentemente, se ve a la naturaleza como un subsistema de la economía y que el crecimiento económico continuo está, en términos reales, menguando el bienestar de la humanidad (Kerschner, 2006). Como lo explica Duran (2000), existe una base física limitada que establece límites de acuerdo a la disponibilidad de recursos naturales. Para Arribas (2007), la capacidad de sustentación del planeta marca inevitablemente los límites físicos a la actividad económica y a la explosión demográfica.

Así, en contraposición a la “sustentabilidad débil”, donde la reducción del capital natural sería sustentable si se compensa por otras inversiones en términos monetarios, la concepción de “sostenibilidad fuerte” rechaza la idea de que la inversión, en caminos, edificios o educación pueda servir de sustituto al deterioro ambiental (Eriksson & Andersson, 2010). De ahí, para la “sostenibilidad fuerte”, se requiere que las capacidades del ecosistema sean preservadas, o que el capital natural se mantenga más o menos constante. Entonces, da énfasis en las diferencias entre el capital natural y el capital humano, haciendo hincapié en que el primero no puede ser producido. Realza sus diferencias de origen y ejemplifica el hecho de que la sustitución de capital natural a humano es, en muchos casos, limitado y en la mayoría de los casos insustituible. En esta visión, la sostenibilidad se conceptualiza con el principio de no reducirlo a través del tiempo. La idea se resume en lo presentado por Pearce et al. (1989): “Cada generación

debe heredar al menos un medio ambiente similar”, haciendo énfasis en el medio ambiente original.

La concepción de “sostenibilidad fuerte” acerca más a la ciencia económica de la ciencia ecológica. En ella, se expone que “existe sostenibilidad en un ecosistema si existe resiliencia²⁰” (Eriksson & Andersson, 2010). En consecuencia, los ecólogos son más afines a la sostenibilidad fuerte. Para Odum (1973), el verdadero concepto de la conservación se alcanza mediante el asegurar la preservación de un medio ambiente de calidad, el cual cultive tanto las necesidades estéticas y de recreo como las de productos, así como, mediante el asegurar un rendimiento continuo de plantas cosecha y renovación, animales y materiales útiles, estableciendo un ciclo equilibrado. En este enfoque, la sustentabilidad refiere a un estado que reúne las condiciones mínimas de estabilidad y resiliencia del ecosistema a través del tiempo. Margalef (1981) habla de conservación en sentido relativo, “manteniendo la estructura del ecosistema mediante un nivel de explotación sostenible”. La tabla 1, muestra las principales diferencias resumidas entre la sostenibilidad fuerte y la sustentabilidad débil.

Consecuentemente, para la sustentabilidad “fuerte”, las herramientas neoclásicas, como los impuestos Pigouvianos, la Curva Ambiental de Kuznets y la hipótesis de la desmaterialización son incompatibles con el desarrollo sustentable. En primera instancia no contemplan lo percedero del capital, la tecnología y los conocimientos humanos. Por adicción, se ignoran, entre otras cosas, leyes termodinámicas, así como de que la mayoría de los servicios ambientales son escasos y la irreversibilidad de muchos de los impactos. Consecuentemente, se ve al medio ambiente como un subsistema de la economía, donde el insaciable crecimiento económico continuo, está, en términos reales, menguando el bienestar de la humanidad. Para la sustentabilidad “fuerte”, el debate debiera centrarse en los niveles óptimos de consumo de materiales y energía, lo cual desenmascarará a las poderosas sociedades opulentas.

²⁰ La capacidad de las comunidades y ecosistemas de absorber perturbaciones sin alterar significativamente sus características funcionales y estructurales.

Tabla 1: Diferencias entre sostenibilidad fuerte y débil.

| SOSTENIBILIDAD DÉBIL | SOSTENIBILIDAD FUERTE |
|---|---|
| Concepto antropocéntrico. | Concepto ecológico. |
| Concepto mecanicista. | Concepto sistémico. |
| Sostenibilidad relacionada con la viabilidad socioeconómica. | Sostenibilidad relacionada con el ecosistema y el sistema socioeconómico. |
| Sostenibilidad compatible con el crecimiento. | Sostenibilidad incompatible con el crecimiento. |
| Capital natural sustituible por el capital humano. | Capital natural complementario con capital humano. |
| La sustituibilidad exige monetización del medio natural. | Los recursos, los procesos y los servicios naturales no son cuantificables económicamente. |
| El desarrollo sustentable en realidad es sostenido. | Evolución sostenible. |
| Medio ambiente localista. | Medio ambiente global y sistémico. |

Fuente: Leal (2008, p. 8).

Acto seguido, se puede llegar a una conclusión fuerte como la de Daly & Farley (2011) si se parte de dos postulados. El primero es conceptualizar al desarrollo como la expansión de potencialidades humanas. El segundo, consiste en entender al crecimiento como únicamente el aumento de tamaño por adición de materiales. De ahí, el desarrollo sustentable sería el desarrollo sin crecimiento. Se considera “fuerte” porque se mantiene el rendimiento de los servicios que prestan los recursos mediante el mejoramiento cualitativo de la habilidad para satisfacer necesidades sin el incremento cuantitativo de los rendimientos, más allá de la capacidad de carga ambiental. Parte del hecho de que la biosfera es limitada y el crecimiento económico humano se expande sobre un planeta finito en recursos.

La sostenibilidad “fuerte”, según explica Arribas (2007), implica límites al crecimiento y el establecimiento de pautas a la producción y consumo de países desarrollados. Las

consecuencias ambientales se deben considerar como costo de oportunidad y de ser mayores se causaría un “uneconomic growth”²¹ (Daly & Farley, 2011). Existe entonces un límite del crecimiento y del desarrollo definido como “escala óptima” antes de causar “uneconomic growth”. Para ubicarla, se aplican los conceptos de maximización de la utilidad microeconómicos encontrando el punto máximo donde los beneficios marginales son iguales a los costos marginales. Consecuentemente, el rebasar este límite es señal de dejar de crecer. Algunos autores, como Filipo & Schneider (2008), sugieren que en los lugares donde se ha rebasado la “escala óptima”, el paso siguiente es el “Economic Degrowth”²². Por ende, el compromiso es decrecer o contraerse económicamente para alcanzar niveles óptimos de calidad de vida y desarrollo sustentable.

La polarización y la disparidad de intereses urgen a la necesidad de llegar a un acuerdo entre las visiones más extremas, con el fin de evitar consecuencias ambientales más severas que ocasionaría el no alcanzar las metas. Entonces, como mencionan De Graaf et al. (1999): el desarrollo sustentable seguirá inalcanzable mientras severas restricciones medioambientales promueven la pobreza y el monetizar los recursos naturales ocasione desempleo. En esta visión conciliatoria, se reconoce a la economía como parte del ecosistema. Seguidamente, se determina la capacidad de carga del ambiente para posteriormente establecer las leyes aplicables para que los Seres Humanos no sobrepasen dicha capacidad. Subsiguientemente, se conceptualiza el decremento ambiental como una externalidad, que se internaliza, a través de impuestos por ejemplo, con la ayuda del sistema de precios.

A continuación, en la siguiente sección se definirán los indicadores propuestos para medir la sustentabilidad. De igual manera, se presentan los retos que enfrenta México respecto de las crisis ambientales.

²¹ Se traduce como crecimiento antieconómico, el cual es el crecimiento económico que ocasiona una disminución en la calidad de vida.

²² Se traduce como decrecimiento económico, entendido como una reducción del tamaño de la economía en beneficio del bienestar y la sostenibilidad.

1.3. Panorama para México: Algunos indicadores de desarrollo sustentable.

Para Azqueta (2007), México, como un país megadiverso, enfrenta entre sus problemas ambientales la pérdida de biodiversidad, adicionalmente contempla la deforestación, la degradación y contaminación de los suelos. En este listado, destaca la sobreexplotación y contaminación de los acuíferos, problema prioritario, extendido a lo largo y ancho del territorio. Sin embargo, un punto no detallado pudiera ser la contaminación atmosférica, que pudiera referirse a partículas o smog, gases de efecto invernadero, CFC²³ entre otros. Esto, en particular, refleja puntos específicos de zonas industriales del país o retos mundiales de control de emisiones.

El enfoque gubernamental de la sostenibilidad, como lo expresan el INEGI y el INE (2000), es definido por un “área de factibilidad” con justicia intergeneracional integrada, donde confluye el suficiente crecimiento económico para poder resolver la pobreza de la población, sin generar una crisis ambiental. Así, se delimitaría límites al crecimiento para evitar efectos catastróficos, una determinación de lo “contaminable”. Es así como en 1988, la Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente contempla, en el Artículo 3º inciso XI, al desarrollo sustentable como evaluable mediante indicadores de carácter ambiental, económico y social. Así, mediante decreto de fecha 28 de diciembre de 1994, se crea la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca

²³ Siglas de clorofluorocarbono, que son compuestos orgánicos derivados de los Hidrocarburos saturados que contienen sólo carbono, cloro, hidrógeno y flúor. Utilizados ampliamente en la industria de la refrigeración y aerosoles han sido paulatinamente sustituidos gracias al Protocolo de Montreal ya que se descubrió que contribuyen al colapso del ozono en la atmósfera superior.

,SEMARNAP, ahora SEMARNAT, cuya función principal es el diseño de la política ambiental bajo los criterios del desarrollo sustentable (INEGI & INE, 2000).

Para iniciar, se debe presentar las particularidades que definen el papel que juega el Estado mexicano en el manejo de los recursos naturales. En México, tras décadas de influencia de un “Estado interventor”²⁴, se pudiera prever que el grueso de la población espera una solución gubernamental. Sin embargo, la liberalización de la economía y la consecuente reducción del tamaño del sector público presentan otra perspectiva.

Las atribuciones legales que siguen en control del Estado son el suministro de energía, el manejo de residuos sólidos y aguas negras. Se pudiera encadenar que el gobierno sigue teniendo facultades y atribuciones suficientes para encausar políticas sustentables. Sin embargo, el Informe Gubernamental SEMARNAT (2008) diagnostica fallas de “Integración” para alcanzar la concurrencia. En otras palabras, existen políticas estatales con “efectos ambientales perversos”, donde la inversión pública genera pérdidas al sistema natural.

Resulta, así, contradictorio que el mismo Estado, encargado de la preservación del ambiente y el cuidado de la salud pública, promueva tecnologías obsoletas o ineficientes. Las afectaciones, directas al ambiente e indirectamente a la salud de la población, generan sendas ineficiencias en la implementación del gasto público. Para ejemplificar lo anterior, se encuentra la generación de electricidad donde se fomenta el uso de termoeléctricas de combustible fósil. Además, se sigue promoviendo la creación de rellenos sanitarios y se construyen extensivamente plantas de tratamiento aeróbicas, transfiriendo toneladas de gases de efecto invernadero (GHG²⁵) a la atmósfera.

No obstante, el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, INAFED, otorga puntos verdes a los municipios que cumplen tratando la mayor parte de su agua negra (de cualquier forma) e instaurando rellenos sanitarios. El gobierno establece

²⁴ Se llama así al modelo de gobierno que por política económica interviene en la producción y en la prestación de servicios en un amplio espectro, desplazando a la inversión privada. También se le conoce como Estado planificador ó *Welfare State* que se traduce como Estado benefactor.

²⁵ Abreviatura en inglés de greenhouse gases, que se traduce como gases de efecto invernadero.

paralelamente disposiciones en la Iniciativa de Cambio Climático de cero emisiones de metano para el 2018, imposibles de cumplir con la operación de estas tecnologías.

La presente sección tiene por objeto delimitar el panorama en el que se inscribe México en relación a la sustentabilidad, por lo tanto, se divide en dos apartados: El primero define las diferencias conceptuales entre la valoración monetaria y la no monetaria, las cuales fundamentan las dos aproximaciones de la sustentabilidad. Por un lado, la sustentabilidad en el sentido débil concibe la contabilidad verde, en donde, monetizar los bienes y servicios ambientales es esencial. Por otro lado, la sustentabilidad en el sentido fuerte desarrolla otros indicadores con bases biofísicas. A continuación, el segundo apartado inicia con una síntesis de la creación de indicadores de desarrollo sustentable en México. Seguidamente, se muestran los resultados de los indicadores de sustentabilidad de México.

1.3.1. Valoración monetaria vs valoración no monetaria.

La cuestión a tratar en el presente apartado es si el medio ambiente tiene un valor monetario. Cabe aclarar que el valor monetario reflejaría todas las acepciones que constituyen el valor económico total y el precio sólo refleja el valor de cambio. La diferencia entre ambos refleja el excedente del consumidor, es decir cuánto se valora un bien respecto de lo que se paga por él. Como ya se mencionó, no existe mercado para los bienes ambientales, por lo que no tienen precio, pero sí tienen valor (Kolstad, 2010).

El enfoque parte de la visión neoclásica de externalidades y la valorización de los ecosistemas ante su degradación. Una vez aclarado lo anterior, se retoma la cuestión de la monetización de los bienes y servicios ambientales. Las voces a favor argumentan que el dar valor al medio ambiente es útil porque los ecosistemas son valiosos y no debiera considerárselos gratuitos. Así, su destrucción sería costosa para la sociedad, en particular los servicios que no se pueden replicar. Para ilustrar, estudios como los de Constanza et al. (1997) establecen el valor promedio de la contribución de la biósfera, al valor económico total mundial, en 33 trillones de dólares al año. En consecuencia, se justifica la implementación de instrumentos de política pública de protección ambiental, como el asignar responsables y el determinar medidas de compensación. Además, pueden dar elementos para la toma de decisiones como la inclusión del capital natural en las cuentas nacionales y de cuantificación del bienestar (Kolstad, 2010).

Algunas estrategias para alcanzar la sustentabilidad serían imposibles sin la valoración monetaria. Por ejemplo, Costanza (1994) muestra tres políticas para conseguir la sustentabilidad ambiental. La primera implica definir la tasa de destrucción de capital natural, esto con el fin de reducir o evitar su destrucción. La segunda, involucra la aplicación del principio contaminador-pagador, incentivando a los contaminadores a la mejora tecnológica. Por último, se incluye un sistema de aranceles ecológicos, que

permitan a los países aplicar las dos políticas anteriores sin inducir a sus productores a migrar para mantenerse competitivos.

Sin embargo, existen quienes se oponen, al alegar que el dar valor económico al medioambiente arriesga su sustentabilidad. Así, se especifican los límites de la monetización, comenzando por el desconocimiento de los sistemas naturales y dando lugar al principio de precaución. Adicionalmente, se encuentra lo inestimable de algunos bienes ambientales y mercados que no deberían existir, debido a que cada ecosistema tiene características particulares que deben de analizarse de forma específica y de acuerdo al contexto. El riesgo es generalizar el valor de ecosistemas que parecen compartir similitudes. Análogamente, las técnicas de cuantificación son difíciles de implementar y todavía se están desarrollando. Por las razones expuestas, Toman (1998) cuestiona la validez del estudio de Constanza et al. (1997) para la toma de decisiones. No obstante, este debate parece inclinarse institucionalmente a favor de quienes apoyan la monetización ya que existen fuertes argumentos e incentivos para hacerlo (Kolstad, 2010).

Para comenzar, Duran (2000) afirma que el ambiguo concepto de desarrollo sustentable puede dificultar la tarea de elaborar indicadores²⁶, como se puede vislumbrar en el informe “Crecimiento económico y medio ambiente” realizado por la Comisión Europea en 1994. Señala la necesidad de concretizar y hacer tangible este concepto. Poco después, en la segunda Cumbre de la Tierra, realizada en 1997 en Nueva York, se efectuó un balance y se fijaron nuevos objetivos. Resulta relevante el informe “La Situación del Mundo” del mismo año, realizado por el Worldwatch Institute, el cual adjudica el fracaso del Programa 21, a lo amplio de sus objetivos y a lo limitado de los recursos de los organismos responsables (Duran, 2000).

Luego, los indicadores de sustentabilidad, en el sentido débil, surgen por una carencia de la medición del crecimiento, relacionado convencionalmente con el bienestar. Entonces

²⁶ Un indicador es una variable que representa a otra, o a conjunto de estas, para simplificar su estudio. En la definición de Alisen citada por Duran (2000), un indicador debe asignar un valor o cifra. Lo anterior tiene por objeto determinar el estado y desarrollo del medio ambiente y las condiciones que lo afectan.

resulta que se agrega parcialmente la riqueza, pero no toma en cuenta ni el agotamiento ni la degradación del medio ambiente. Adicionalmente, otra crítica es que se puede añadir a las cuentas de producción, los gastos incurridos como consecuencia del daño ambiental. También, los llamados indicadores monetarios de sustentabilidad pretenden evaluar que parte de la venta de productos y servicios puede considerarse verdaderamente ingresos y que parte pérdidas.

A continuación, si el crecimiento de una economía está determinado por la capacidad del sistema de producir excedentes que generen capital y así reinvertirlo en su mismo crecimiento, existe una relación condicional entre ahorro e inversión (Durán, 2000). Ahora bien, se encuentra sobrestimado ya que no se encuentra contabilizado la destrucción o el impacto al medio ambiente. La respuesta neoclásica, ante esta situación, es el ajustar la cuantificación de esta destrucción en el concepto denominado como “ahorro genuino”, restando a lo ahorrado la cuantificación económica de la destrucción generada. El ahorro Genuino es un indicador del ahorro ajustado neto, es decir que se mide la tasa de ahorro de una economía, contemplando la destrucción de los recursos naturales y el daño por contaminación.

El Banco Mundial divide el cálculo del ahorro genuino en cuatro partes²⁷. Primeramente, se obtiene el ahorro bruto, resultado de la suma de la inversión bruta interna más las transferencias oficiales menos el endeudamiento externo neto. De ahí, el ahorro neto sería la diferencia entre el ahorro bruto menos la depreciación. Seguidamente, el ahorro genuino I es la diferencia del ahorro neto menos la renta de recursos, que es el gasto de recursos naturales. En segundo lugar se tiene al ahorro genuino II, el cual es la diferencia entre el ahorro genuino I menos la cuantificación de daños por gases efecto invernadero en CO₂-e. A continuación, en el ahorro genuino extendido, el gasto corriente en educación se considera inversión en capital humano. En consecuencia se agrega en la inversión bruta directa ahora extendida. Consiguientemente, se puede obtener un ahorro bruto

²⁷ Lo constituyen el ahorro genuino I, el ahorro genuino II, el ahorro genuino extendido I y el ahorro genuino extendido II, los términos en inglés son Genuine Savings I, Genuine Savings II, Extended Genuine Saving I, Extended Genuine Saving II.

extendido y un ahorro neto extendido. De ahí, se logra ahorro genuino extendido I y el ahorro genuino extendido II.

El concepto antes mencionado es considerado de “sostenibilidad débil” debido a que pondera al mismo nivel las cuentas económicas y ecológicas, haciéndolas sustituibles. El cálculo de los ahorros genuinos se realiza mediante la valuación económica del agotamiento de los recursos naturales y las demás pérdidas causadas por la contaminación, restadas de las inversiones en capital físico y humano. La sostenibilidad débil se define como un positivo ahorro genuino.

Así pues, en oposición al PIB convencional surge el PIB verde, también llamado PNB ecológico (PNBE). El cálculo se muestra en la ecuación 1, donde DP representa la depreciación del capital natural, DN la adición de RD más ED, con RD el agotamiento de recursos y ED la degradación ambiental:

$$PNBE=PNB-DP-DN \qquad (1)$$

El agotamiento de los recursos se puede calcular como el valor presente neto de los recursos extraídos o el valor de retorno de los recursos extraídos menos el interés ganado en el resto del capital. Debido a la falta de datos, el Banco Mundial emplea un procedimiento con base en el precio neto de los recursos. Consiste en el ingreso por unidad de recurso multiplicado por los recursos extraídos. Por su lado, la degradación ambiental es más compleja de medir ya que contempla impactos indirectos como en la salud humana, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad entre otros. Una descripción a detalle de los métodos para valorarlo se incluirán en el capítulo 3.

Las críticas a los indicadores monetarios de sustentabilidad en el sentido débil surgen por una diversidad de argumentos interdisciplinarios. Primeramente, algunos daños al medio ambiente son irreversibles. Por adición, el desconocimiento del sistema natural hace que las reservas y algunas afectaciones sean inciertas. Además, los daños al sistema ambiental son acumulativos, cuestión que no se refleja en las cuentas nacionales verdes dado los

deterioros constantes. Posteriormente, se desconoce las necesidades de las generaciones futuras.

Por consiguiente, surgen los indicadores de sustentabilidad fuerte o biofísicos, los cuales intentan medir el estado y desarrollo de la naturaleza así como sus afectaciones. Al igual que los indicadores monetarios, pretenden constituirse como instrumentos para la toma de decisiones. El más famoso de este grupo de indicadores es la huella ecológica, que mide la superficie de territorio productivo medio necesario, para producir y asimilar los residuos producto de los bienes y servicios demandados. Abarca cinco categorías: alimentación, vivienda, transporte, bienes de consumo y servicios.

Después, las cuentas de flujo de material, o mochila ecológica²⁸, buscan cuantificar el grado de materialización de la economía. Miden físicamente la relación entre dos componentes para producir los bienes y servicios ofrecidos en la economía: Los requerimientos totales de material y el total de materiales producidos. Lo que se contempla en la agregación de la cuenta se incluyen: Las materias primas bióticas y abióticas, el suelo utilizado, el agua extraída y el aire transformado. Se pretende revelar todos los flujos ocultos en un análisis del ciclo de vida.

Finalmente, los indicadores híbridos intentan superar los límites de la cuenta de flujo de materiales, integrando la sustentabilidad económica y ambiental. De aquí, vienen los conceptos de Ingreso Nacional Sustentable, el cual es el ingreso menos costos técnicos y estructurales del cumplimiento de normas de sustentabilidad fuerte. Para establecerlo, se deben definir los niveles de sustentabilidad deseados (Dietz & Neumayer, 2007). En cierto modo, los indicadores de sustentabilidad fuerte son también limitados ya que en ocasiones es difícil construirlos, no son de aplicación universal y no permiten comparar situaciones tan fácilmente. Además, en muchas ocasiones, la información necesaria para su cálculo no está disponible. Finalmente, entre los cuestionamientos más críticos, se les clasifica como didácticos y no de investigación.

²⁸ En inglés se conoce como “ecological rucksack”, término atribuido a Friedrich Schmidt-Bleek en 1994.

En resumen, desde el punto de vista de la economía ambiental, la contabilidad traduciría las alteraciones negativas al medio ambiente en pérdidas de riqueza-bienestar cuantificables en moneda (Muñoz, 2010). La sustentabilidad, en el sentido fuerte, transcribiría indicadores de impactos biofísicos que se establezcan como parámetros de referencia. Para el caso, el presente estudio, se considera que ambos pueden establecerse como elementos para la toma de decisión. A continuación, se presenta la evolución de cómo los acuerdos globales se forjan en indicadores nacionales. Se expondrá el caso de México concluyendo con los retos que se imponen como nación.

1.3.2. Los retos para México.

Ante todo, se pretende hacer una referencia de las intenciones internacionales para establecer estrategia mundial. Así pues, en 1992, durante la “I Cumbre de la Tierra” celebrada por la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en Río de Janeiro, que se oficializó una visión integrada expuesta en el principio 3 de la “Declaración de Río” (Leal, 2008). Comprendía un desarrollo inter e intrageneracional, compatible con lo ambiental, lo social y lo económico. Adicionalmente, en esta cumbre se establece el Programa 21, mejor conocido como Agenda 21, de igual manera, se creó la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sustentable (CNUDS) con el objetivo de revisar la aplicación del programa antes mencionado. En consecuencia, esta cumbre significó el mayor esfuerzo global de atraer hacia lo local la toma de decisiones

Así pues, México firma los acuerdos de la Agenda 21, en donde las naciones hacen una serie de compromisos, que van desde la reducción de los agentes contaminantes, la protección de ecosistemas y la mejora de las tecnologías, hasta la disminución de enfermedades y la desnutrición. Después, la primera etapa de la estrategia consiste en la generación de indicadores, los cuales sirvan para solidificar las bases en la toma de decisiones para todos los niveles. Se pretende generar así herramientas para medir y evaluar las políticas, como lo define el párrafo 40.4 de la declaración de la Agenda 21 (INEGI & INE, 2000).

Posteriormente, la estrategia de trabajo para la elaboración de indicadores se articuló a partir de 1995, cuando la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sustentable aprueba el “Programa de Trabajo sobre Indicadores de Desarrollo Sustentable 1995-2000”. Los indicadores propuestos están agrupados temáticamente cubriendo los 40 capítulos de la Agenda 21. Las categorías establecidas son: la social, la económica, la ambiental y la institucional. La estrategia de implementación es mediante el esquema de “presión-estado-respuesta” haciendo un total de 134 indicadores (INEGI & INE, 2000).

De esta manera, la Comisión para el Desarrollo Sustentable (2001) crea el marco general y las metodologías, en donde se sugieren los temas clave para los países prueba, así como la pertinencia de los temas y de los indicadores. En el ámbito social, tratan contenidos tan sensibles para cualquier nación, como la salud, que se ve reflejada en el estado nutricional infantil, la tasa de mortalidad en menores de 5 años y la esperanza de vida al nacer, entre otros.

En la categoría ambiental, mostrada en la tabla 2, las necesidades humanas se confrontan a las de equilibrio ecológico. Por ejemplo, en el subtema “saneamiento”, el indicador propuesto hace referencia al porcentaje de la población con servicios adecuados de “eliminación” de aguas residuales. En este contexto, se pueden generar resultados confrontados si, con el fin de alejar del centro poblacional la posibilidad de infección, la estrategia es la emisión de aguas negras a los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Esta estrategia está vinculada a los países tercermundistas y con el impacto a los ecosistemas acuáticos, de ahí el concepto de que más población significa más contaminación, hasta hacerse insostenible.

Por consiguiente, si se incluyen sistemas de tratamiento convencionales, dispendiosos en su construcción y operación, la contaminación se trasfiere del agua al aire. Lo anterior no se debe únicamente a los malos olores, sino que se suman desde el uso de insumos contaminantes, como el cloro, hasta si los requerimientos energéticos de operación generan gases de efecto invernadero. Además, esta alternativa resulta un gran esfuerzo para naciones como México, ya que se ven impulsado a importar tecnología para la implementación, llegando incluso a dejar de utilizarlas por los altos costos operativos. Es así, como las recomendaciones reincidenten en el mantener controlado su ritmo de crecimiento poblacional, como se muestra en el indicador de tasa de crecimiento de la población en México.

Aquí se propone que, para que las políticas públicas en materia ambiental de México sean sustentables, se debe analizar lo indiscutible de la generación de aguas residuales, así como ineficiencia del tratamiento convencional. Se cree que es insostenible el no

contemplar la recuperación de los en otro tiempo fueron valiosos recursos y que ahora componen un problema en el agua residual. Incluso, es rebatible que muchos indicadores vean la solución en la simple aplicación de más recursos económicos.

Tabla 2: Indicadores Sociales.

| SOCIAL | | |
|--------------------------------|------------------------------------|--|
| Tema | Subtema | Indicador |
| Equidad | La pobreza | Porcentaje de la población que vive por debajo del umbral de pobreza |
| | | Índice de desigualdad en el ingreso |
| | | Tasa de desempleo |
| | Igualdad de Género | Relación entre el salario medio de las mujeres a salario de los hombres |
| Salud | Estado Nutricional | Estado nutricional infantil |
| | Mortalidad | Tasa de mortalidad de menores de 5 años |
| | | Esperanza de vida al nacimiento |
| | Saneamiento | Porcentaje de población con servicios adecuados de eliminación de aguas residuales |
| | Agua potable | Población con acceso al agua potable |
| | Prestación de asistencia sanitaria | Porcentaje de población con acceso a la atención primaria de salud |
| | | Inmunización contra las enfermedades infecciosas de la infancia |
| Tasa de uso de anticonceptivos | | |
| Educación | Nivel de Educación | Escuela secundaria o primaria Ratio Finalización |
| | Alfabetismo | Tasa de alfabetización de adultos |
| Vivienda | Condiciones de Vida | Superficie cubierta por persona |
| Seguridad | Delincuencia | Número de delitos registrados por cada 100.000 habitantes |
| Población | Cambio de la población | Tasa de Crecimiento Poblacional |
| | | Población de asentamientos urbanos formales e informales |

Fuente: Quiroga-Martínez (2001, p. 29).

En la tabla 3, se puede observar como la generalización de que el establecimiento de áreas de cultivo permanentes es un indicador positivo. Este indicador parece influenciado por un enfoque conservacionista, donde lo destruido fue necesario por lo que se puede

dar por perdido, en consecuencia los ecosistemas naturales que subsisten deben preservarse lejos de la actividad humana. Así, este punto fomenta la generación de áreas naturales protegidas, acotando y reduciendo los límites del crecimiento.

Tabla 3: Indicadores Ambientales.

| AMBIENTAL | | |
|-------------------------|---|---|
| Tema | Subtema | Indicador |
| Atmósfera | Cambio Climático | Las emisiones de gases de efecto invernadero |
| | Agotamiento de la capa de ozono | El consumo de Sustancias Agotadoras del Ozono |
| | Calidad del Aire | La concentración ambiental de contaminantes atmosféricos en zonas urbanas |
| La tierra | Agricultura | Cultivos herbáceos y permanente Área de la tierra |
| | | El uso de fertilizantes |
| | | Uso de Plaguicidas Agrícolas |
| | Bosques | Superficie forestal como porcentaje de la superficie terrestre |
| | | Intensidad de la extracción de madera |
| | Contra la Desertificación | Tierras afectadas por la desertificación |
| Urbanización | Zona de asentamientos urbanos formales e informales | |
| Océanos, mares y costas | Zona Costera | La concentración de algas en las aguas costeras |
| | | Porcentaje de población total que vive en las zonas costeras |
| | Pesca | Anual de capturas por especies principales |
| Agua Dulce | Cantidad de agua | Retiro anual de aguas subterráneas y superficiales como porcentaje del total de agua disponible |
| | Calidad del Agua | DBO en cuerpos de agua |
| | | Concentración de coliformes fecales en agua dulce |
| Biodiversidad | Ecosistema | Área de determinados ecosistemas clave |
| | | Porcentaje del área protegida respecto del área total |
| | Especies | La abundancia de determinadas especies clave |

Fuente: Quiroga-Martínez (2001, p. 29).

Notas: DBO resulta de las siglas de Demanda Bioquímica de Oxígeno, el cual es un indicador de la cantidad de materia orgánica de una muestra líquida que es susceptible de ser digerida u oxidada por medios biológicos.

En otro orden de ideas, el uso de fertilizantes no establece la relación entre el consumo de fertilizantes químicos y de orgánicos, más aún si se puede vincular a estos últimos a la recuperación de los recursos en los residuos sólidos. En cuanto a la intensidad de extracción de madera, se cree que el establecimiento de medidas de aprovechamiento sostenible, puede constituirse en algo positivo. De esta manera, se puede capturar carbono y sustituir materiales contaminantes, como los metales, los cuales no están contemplados en los indicadores a pesar de que significan un elevado impacto a la naturaleza.

La propuesta de los indicadores económicos e institucionales se encuentra resumida en la tabla 4. Aquí, existen capítulos que aportan información relevante, donde el fin es medir el impacto sobre la pobreza “mínima”, per cápita de México, mediante el crecimiento económico. En definitiva, se cree que el riesgo de la política ambiental nacional consiste en que se promueva una legalización “acotada” de la contaminación. Aquí, el conservacionismo sólo reduce el tamaño de los límites, pero no propone un cambio hacia un modelo sustentable. En confluencia, la política ambiental sumada al conservacionismo, pone en entredicho a la importante población indígena en México localizada en áreas decretadas como reservas ecológicas.

A continuación, en la tabla 5, se muestra un indicador en el sentido de sustentabilidad débil, el Producto Interno Neto Ajustado Ambientalmente. Sin embargo, se debe contemplar que la presentación de los datos puede inducir hacia la selección adversa del tomador de decisiones, ya que, como está presentada, se exime a sectores completos de la responsabilidad ambiental. Tal es el caso del sector de la construcción, que en la tabla se muestra con un 0.09% y el rubro de “comercio, restaurantes y hoteles”, con un impecable 0%. La disparidad entre la realidad y los datos es consecuencia de la agregación, para el caso en cuestión resulta cuando no se integran la generación de Electricidad, gas y agua así como el transporte, almacenamiento y comunicaciones con el sector que demanda de esos servicios. Así, al independizar la oferta de la demanda, se

desvincula el origen del comportamiento contaminante, trasladando la responsabilidad hacia una deficiencia tecnológica.

Tabla 4: Indicadores Económicos e institucionales.

| ECONÓMICO | | |
|---------------------------------------|--|---|
| Tema | Subtema | Indicador |
| Estructura Económica | Desempeño Económico | PIB per cápita |
| | | Proporción de la Inversión en el PIB |
| | Comercio | Balanza Comercial de Bienes y Servicios |
| | Estado financiero | Relación entre deuda y PIB Total de la AOD dado o recibido como porcentaje del PNB |
| Consumo y producción | Material de consumo | Intensidad de uso de materiales |
| | Uso de la Energía | El consumo anual de energía per cápita |
| | | Participación en el consumo de recursos energéticos renovables |
| | | Intensidad de uso de la energía |
| | Generación de residuos y gestión (19-22) | Generación de residuos sólidos industriales y municipales |
| | | Generación de residuos peligrosos |
| | | Generación de desechos radiactivos |
| Reciclaje y Reutilización de Residuos | | |
| Transporte | Distancia recorrida per cápita según modo de transporte | |
| INSTITUCIONAL | | |
| Tema | Subtema | Indicador |
| Marco institucional | Implementación del Estrategia Nacional de Desarrollo Sustentable | Estrategia Nacional de Desarrollo Sustentable |
| | Cooperación Internacional | Implementación de los acuerdos globales ratificados |
| Capacidad Institucional | Acceso a la Información | Número de suscriptores de Internet por cada 1000 habitantes |
| | Infraestructura en Comunicación | Líneas telefónicas por cada 1.000 habitantes |
| | Ciencia y Tecnología | El gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB |
| | Preparación y Respuesta a los desastres | Pérdidas económicas y humanas debidas a desastres naturales |

Fuente: Quiroga-Martínez (2001, pp. 29-30).

Notas: AOD son las siglas de Ayuda Oficial al Desarrollo y PNB son las siglas de Producto Nacional Bruto.

Tabla 5: Producto Interno Neto Ajustado Ambientalmente Por Habitante

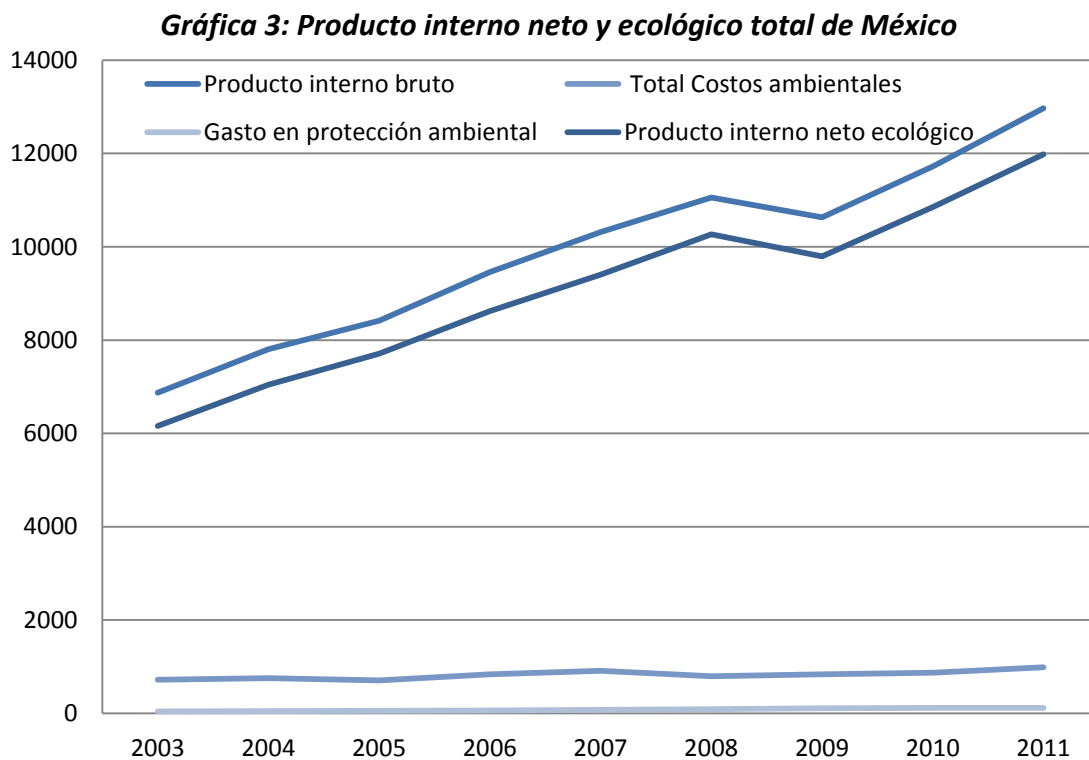
| Agropecuario, silvicultura y pesca | 1998 | % respecto al PIB |
|--|-------------|--------------------------|
| Producto Interno Neto, a precios básicos | 144,830.70 | |
| Costos Totales por Agotamiento y Degradación | 34,004.90 | 23.48% |
| Producto Interno Neto Ecológico | 110,825.80 | |
| Minería | | |
| Producto Interno Neto, a precios básicos | 32,201.60 | |
| Costos Totales por Agotamiento y Degradación | 17,158.10 | 53.28% |
| Producto Interno Neto Ecológico | 15,043.60 | |
| Construcción | | |
| Producto Interno Neto, a precios básicos | 142,005.90 | |
| Costos Totales por Agotamiento y Degradación | 123.50 | 0.09% |
| Producto Interno Neto Ecológico | 141,882.40 | |
| Electricidad, gas y agua | | |
| Producto Interno Neto, a precios básicos | 25,167.20 | |
| Costos Totales por Agotamiento y Degradación | 17,776.30 | 70.63% |
| Producto Interno Neto Ecológico | 7,390.90 | |
| Comercio, restaurantes y hoteles | | |
| Producto Interno Neto, a precios básicos | 679,970.00 | |
| Costos Totales por Agotamiento y Degradación | | 0.00% |
| Producto Interno Neto Ecológico | 679,970.00 | |
| Transporte, almacenamiento y comunicaciones | | |
| Producto Interno Neto, a precios básicos | 347,780.00 | |
| Costos Totales por Agotamiento y Degradación | 258,012.00 | 74.19% |
| Producto Interno Neto Ecológico | 89,768.00 | |

Fuente: INEGI & INE (2000).

La agregación de datos puede llevar a conclusiones sesgadas. Por ejemplo, el hecho de que el sector de transporte resulte tan contaminante, pudiese interpretarse como prioridad. Consecuentemente, los esfuerzos se enfocarían al desarrollo de vehículos eficientes y a su introducción en el mercado. No obstante, a nivel de política resultaría de las opciones más costosas de implementar. Se deben buscar opciones con mejores

resultados a nivel costo-eficiencia. Aquí, más adelante, se evaluarán propuestas de tecnologías alternativas. También, otros indicadores cuestionables, son los del Gasto en Protección Ambiental como proporción del PIB, y el Gasto en Manejo de Desechos. Estos datos sólo pudieran demostrar la preocupación de México en este respecto. Son financiados en naciones desarrolladas, pero en países de bajo nivel de renta, resulta un esfuerzo considerable a costa de su crecimiento.

Actualmente, el INEGI perfecciona y actualiza, en forma anual, los cálculos del Producto Interno Neto Ecológico (PINE). Las cifras se exponen en la gráfica 3, donde a partir del 2012 son datos preliminares. Las unidades del eje de las ordenadas se encuentran en miles de millones de pesos a precios corrientes. Asimismo, el gasto en protección ambiental como porcentaje del PIB, reportado para el periodo graficado, fue entre el 0.6 y el 1 por ciento. Es de notarse que los costos totales, que contemplan la suma del agotamiento y la degradación, permanecen constantes e indiferentes al crecimiento del PIB.



Fuente: INEGI (2013). Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México.

Luego, la tabla 6 muestra la evolución de otro indicador monetario, el ahorro genuino II en México. Siempre que sea positivo se muestra un avance a nivel de sustentabilidad. Los años 80's presentan una caída no por la mayor degradación en comparativa, sino por las pérdidas económicas que significó la crisis. Como se puede advertir, los indicadores en el sentido débil muestran una evolución controlada o incluso positiva de la situación del medio ambiente.

Tabla 6: Ahorro Genuino II como porcentaje del PIB.

| Promedio 70's | Promedio 80's | Promedio 1990-1994 |
|---------------|---------------|--------------------|
| 9.1 | -3 | 2.3 |

Fuente: Elaboración propia con base en Quiroga-Martínez (2007, p. 112).

Llama la atención el que, a nivel integral, los indicadores pueden convertirse en incentivos que no fomenten el desarrollo de nuevas tecnologías ambientalmente amigables. El conservacionismo no conlleva educación y el “manejo” no implica recuperación o un destino favorable al medio ambiente. Se debiera en consecuencia mostrar los esfuerzos en la recuperación de residuos y su proporción, así como la vinculación hacia la generación de metano y problemas asociados con el mal manejo. Si existe algo de información de lo que se recicla, el análisis se debe enfocar no en los indicadores, sino a la concepción de que todo se debe recupera abarcando desde el diseño del producto hasta la recuperación de recursos, disminuyendo así la entropía.

En un primer acercamiento económico hacia el caso de México, pareciera haber una confluencia de fallas en la intervención del Estado, las cuales fomentan en parte el deterioro del medio ambiente. La ambigüedad de la ley y un reducido control de la burocracia ocasionan que falten estímulos para la implementación de tecnologías integrales adecuadas, las cuales pueden ser definidas como las que no generan externalidades negativas hacia el medio ambiente y son de bajo costo operativo. Además, los oligopolios de empresas constructoras y operadoras de estos servicios, si ofrecen incentivos a la burocracia para su contratación, pero estas empresas no informan sobre los comparativamente altos costos de operación, ni las externalidades negativas

ambientales asociadas, ya que su labor concluye al entregar la obra construida. Resulta previsible que la asignación del gasto público, que no tome en cuenta las consecuencias complejas que afectan a la salud y al medio ambiente, no emplea los recursos en las mejores opciones para la utilidad pública.

En resumen, el capítulo mostró la naturaleza desde una perspectiva económica, entonces, el vínculo entre economía y medio ambiente obliga buscar soluciones sustentables. De igual manera, se abundó en los modelos de desarrollo sostenible, prestando atención a su concepción y la relación que guarda con el medio ambiente. Así, como consecuencia de las crisis ambientales recientes, se presentaron las aproximaciones teóricas que intentan construir modelos de bienestar social sostenibles en el tiempo. Luego, se introdujo el debate de las posturas especialmente respecto al tratamiento de los recursos naturales. De igual manera se definieron los indicadores y retos de México respecto de las crisis ambientales y la manera que plasma sus indicadores. .

Como resultado, se percibe a la concepción de “sustentabilidad débil” como más flexible, ya que se pueden clasificar como sustentable un amplio número de hospitales. Esto a consecuencia de la confluencia de capital humano, recursos financieros y externalidades positivas hacia la comunidad justifican la sustitución del capital natural. Al contrario, la sostenibilidad, en el enfoque fuerte, se encontraría en función del ecosistema, de esta manera, se debe mantener la eficiencia máxima en el uso de recursos en combinación a la población mundial. En conclusión, para el presente trabajo, se planteará hacer una evaluación integral, integrando ambos indicadores para establecer un parámetro más instruido.

Capítulo 2. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS ACERCA DE LA RELACIÓN SALUD Y MEDIO AMBIENTE: EL CONCEPTO DE “HOSPITAL SUSTENTABLE”.

Hasta ahora, se ha caracterizado la sostenibilidad y el debate que existe en torno a su definición, así como las estrategias teóricas para alcanzarlo. Existen desde las que justifican el establecimiento de límites a la actividad humana, hasta otras que se definen en términos de desarrollo humano o se centran en la lucha contra la exclusión. Finalmente, se encuentra la integración entre la economía y el medio ambiente, en la que los efectos ambientales influyen en las decisiones económicas (OMS Oficina Regional para Europa, 1997).

En este contexto, el objetivo del presente capítulo será el de describir y profundizar los vínculos entre la salud y el desarrollo sustentable. Para posteriormente, ahondar en el impacto de la salud sobre el medio ambiente. Los primeros antecedentes que relacionan ambos conceptos en propósitos internacionales, datan de la Declaración de Alma-Ata de la OMS en 1978, la cual señala que la promoción y protección de la salud es “esencial para el desarrollo económico y social sostenido”. Posterior, y de la misma manera, la Carta de Ottawa de 1986 incluye como condiciones fundamentales para la salud: “un ecosistema estable, recursos sostenibles, justicia social y equidad”. Resalta el hecho que estas declaraciones son anteriores a que se concibiera el término de “desarrollo sustentable” como tal, plasmado en el Informe de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU de 1987. Sin embargo, y reforzando los vínculos, la misma Gro

Harlem Brundtland, que encabezó dicha comisión, declaraba en el 2002 que la vida sana es: “un resultado del desarrollo sustentable, así como un medio poderoso y subvalorado para lograrlo”, resaltando el hecho de que la salud es adicionalmente un instrumento del crecimiento económico y para la reducción de la pobreza (Haas et al., 2007).

Forjando la estrategia para promover el desarrollo sustentable, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) gestionó la Agenda 21. La cual, en la mayoría de sus cuarenta capítulos se refiere a la salud, protegiendo y promocionándola, mediante la identificación y evaluación de riesgos asociados con el medio ambiente y el desarrollo (OMS Oficina Regional para Europa, 1997; OMS, 2002). Otro ejemplo de la relación se gestó en la Declaración de Río de 1992, que establece que los Seres Humanos tienen “derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza”, ubicándolos como el centro de las preocupaciones del desarrollo sustentable.

Ahora bien, la Declaración del Milenio cuenta entre todas las anteriores con mayor formalidad, ya que fue aprobada por unanimidad por los líderes mundiales de 193 países miembros, durante la Asamblea General de Naciones Unidas en septiembre del año 2000. De ella, se desprenden los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio, los cuales son considerados como referencia de los avances a nivel mundial en materia de sostenibilidad, al contar con objetivos y metas evaluables por indicadores, así como con límites temporales.

Al analizar el objetivo número siete, “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”, en su meta “A”, que pretende, por un lado, “incorporar los principios del desarrollo sustentable en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente” se vislumbra un panorama poco alentador, cuando se obtiene que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) de 1997 al 2007, medidas en miles de millones de toneladas métricas, han aumentado en un 35% a nivel mundial. La Organización de las Naciones Unidas (2010) destaca que “se necesita urgentemente dar una respuesta decisiva al problema del cambio climático” ya que se estima que, para el 2020, las emisiones superarán en un 65% los niveles de 1990. Si bien el crecimiento es insostenible,

e incrementaría aún más el riesgo de efectos adversos en el sistema climático global, el llamado a la comunidad internacional, para poner en práctica una respuesta decisiva, no formula ni define ninguna estrategia al problema del cambio climático.

Por otro lado, la meta “C” aspira a “reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento”. La Organización de las Naciones Unidas (2010) estima que, en 2008, había 2.6 mil millones de personas en todo el mundo sin acceso a instalaciones sanitarias mejoradas, con una tendencia a aumentar a 2.7 mil millones para el 2015. La cuestión reside entre los objetivos A y C, los cuales se vinculan en cuanto a que, la provisión de C, puede agravar la meta de A, dadas las características actuales del suministro del servicio de instalaciones sanitarias mejoradas. En este sentido, no existen muchos trabajos respecto a este vínculo. La provisión de infraestructura no contaminante sería un requisito fundamental, aunque poco tratado, para alcanzar las múltiples metas planteadas de este objetivo común.

Bajo estas consideraciones, la mayoría de la literatura referente se centra en los efectos de un medio ambiente contaminado sobre la salud. Ha privilegiado estos estudios, a tal grado, que actualmente son fácilmente identificables factores contaminantes que hace décadas eran insospechados, influenciando las decisiones de consumo global. Sin embargo, se ha dejado de lado la relación existente, aunque menos visible, de la provisión de salud y sus efectos en el medio ambiente, la cual es una problemática nueva, cuyos efectos negativos se están multiplicando a medida que se intenta satisfacer las crecientes demandas sanitarias.

Para emprender el estudio de la relación anteriormente descrita, se divide el presente capítulo en tres secciones. En la primera, se abordan los conceptos básicos y fundamentales de la economía de la salud. Abarca su definición e integración a la visión económica, es decir, que la inversión en salud, fortalece el capital humano y este a su vez, el crecimiento económico y el desarrollo. Seguidamente, se describe de manera concisa, la relación privilegiada, en la literatura económica, de los efectos de un medio ambiente contaminado sobre la salud, exponiendo evidencias de estudios empíricos.

En la segunda sección, se aborda la sustentabilidad de la provisión de la salud. Aquí, se introduce el nuevo enfoque planteado respecto de la interacción de la salud y el medio ambiente. De manera que, se define y delimita el sector de la salud, analizando los orígenes de su creación desde el Estado mexicano así como la relación que guarda con el sector privado para proveer servicios médicos, detallando a su vez, la importancia y extensión de este sector en la economía nacional. Una vez demarcado lo anterior, se ubica a los hospitales dentro de este contexto. Acto seguido, se aborda esencialmente la nueva problemática, relativa al impacto que genera el sector de la salud sobre el medio ambiente.

Finalmente, en la tercera sección, se plantea el enfoque del “hospital sustentable”, desarrollado a partir de la preocupación del sector de los hospitales, para reducir sus impactos en el medio ambiente. De manera que, se inicia precisando los efectos ambientales de los hospitales convencionales para concluir con la definición de hospitales sustentables. Asimismo, se exponen evidencias empíricas de la reducción de sus impactos.

2.1. Conceptos básicos y fundamentos de la Economía de la Salud.

A manera de marco conceptual, se podría decir que la economía estudia la asignación de recursos escasos entre necesidades ilimitadas. Un recurso puede ser el flujo de servicios, suministros, equipos, capital humano o infraestructura de una institución. Los recursos se consideran escasos, si se tienen usos alternativos por parte de la misma institución o de otras personas u organizaciones.

A menudo, aunque no siempre, la voluntad de pagar dinero por un resultado es una medida conveniente de valor, donde el beneficio es un valor dado a un resultado deseado. Este valor se describe en términos de disposición a intercambiar un resultado deseado por otro, en este caso dinero (Lee, 2009). Las herramientas económicas ayudan en el diseño de estrategias para alcanzar las metas dados los recursos disponibles. Por ejemplo, el costo de oportunidad enseña que el valor de un recurso es su siguiente mejor uso, por uno mismo o por otra persona.

Ahora bien, la economía de la salud se define como el razonamiento lógico de conceptos, teorías y técnicas de la economía aplicadas en el sector sanitario (Gimeno et al., 2005). Lee (2009) considera que la economía es potencialmente útil para la toma de decisiones gerenciales que involucran esta escasez de recursos. En consecuencia, se estudia la asignación de recursos entre los usos alternativos para el cuidado, la promoción, mantenimiento y mejora de la salud. Esto incluye su distribución entre individuos y grupos de la sociedad (Rout & Nayak, 2007).

En la visión económica neoclásica, el principio de racionalidad defiende la noción del comportamiento maximizador. Este se aplica a los individuos en relación de la utilidad que experimentan y a las empresas en cuanto a las ganancias que perciben. En este contexto, se da por entendido que los actores económicos realizan sus metas, tomando las mejores decisiones y empleando inmejorablemente los recursos existentes. Sin embargo, dado que contar con toda la información necesaria y realizar un análisis a conciencia, implica desgaste de tiempo, dinero y esfuerzo: la racionalidad completa es improbable (Rout & Nayak, 2007). Resulta entonces lógico que los tomadores de decisión estén habitualmente abrumados por la información. En esta situación, se emplean atajos y reglas para tomar decisiones rápidamente, en donde se debe tener presente que las mejores decisiones son teóricamente posibles, pero para que se den, se debe poder contar con todos los factores clave (Lee, 2009).

Es deseable que en las actividades de promoción de la salud, se pudiera evaluar tanto la eficiencia como los efectos de la asignación de recursos. Estos análisis debieran abarcar la forma de organización, la prestación de servicios y hasta el financiamiento de las instituciones de servicios de salud, ya sean de medicina preventiva, curativa o de rehabilitación. Establece una visión integral de evaluación de las asignaciones, que ofrezca información de sus impactos en los individuos y en la sociedad en su conjunto. O sea que se genera un campo para la innovación en la mejor asignación de recursos, que por regla o falta de información, son orientados ineficientemente por una estructura convencional (Rout & Nayak, 2007).

El análisis económico puede ser positivo o normativo. El primero es objetivo y emplea evidencia para responder preguntas sobre los individuos, organizaciones o la sociedad en su conjunto. Un análisis positivo define lo que “es”, especifica la economía y construye modelos que predicen cómo cambiará, así como los efectos de distintas medidas (Stiglitz, 2000). Es así como se podría describir la salud, en función de la tasa de ocupación de los hospitales a lo largo del tiempo, generando hipótesis y contrastándolas con evidencia. Lee (2009) ejemplifica un enfoque de economía positiva, en la que se analiza la evidencia,

respecto a que si el aumento del gasto sanitario por persona, pudiera deberse a que los consumidores de atención médica han reducido el porcentaje correspondiente al costo directo de los servicios que reciben.

Por su parte, la economía normativa se ocupa de elaborar procedimientos sistemáticos con los cuales comparar y emitir un juicio de valor global sobre la conveniencia de la propuesta (Stiglitz, 2000). Un análisis normativo evalúa lo que “debería ser”, hace juicios de valor sobre la conveniencia de los distintos cursos de acción, sopesando los distintos costos y beneficios. Se emplea comúnmente en política pública y se dedica a investigar cuáles son las mejores políticas, procurando una guía para la toma de decisiones. En un hospital, por ejemplo, sería de la incumbencia de la economía normativa, identificar las características o servicios adicionales que los consumidores están dispuestos a pagar, diferenciándolos de los que no valoran (Lee, 2009). La unión intrínseca es que el análisis normativo utiliza el análisis positivo, ya que no se puede valorar la conveniencia sin una idea clara de sus consecuencias (Stiglitz, 2000).

La aplicación de las herramientas de la economía de la salud asiste a los tomadores de decisión del sector, a tener siempre presente el concepto de “valor”. Significa no sólo contemplar los beneficios de los bienes y servicios que se prestan, sino tener en consideración los recursos disponibles, dando sentido a los costos cuando estos tengan por objeto el realizar el mayor beneficio neto. Se buscará a la larga y de manera constante, el mejorar los costos de producción de los bienes y servicios. Lee (2009) clasifica en cuatro pasos el proceso de toma de decisión. Comenzando por identificar todas las alternativas posibles, se continúa contemplando la posibilidad de modificar la forma convencional de realizar el proceso. Seguidamente se elige la mejor opción, a nivel de que su beneficio marginal sea igual a su costo marginal. Por último, se examina si los beneficios totales de la actividad exceden a los costos totales.

Al ver a la salud como un bien o un servicio, la economía procurará la mejor asignación de los recursos entre diversas alternativas de mejoramiento de la salud. Sin embargo, el sector en particular presenta dificultades para la ciencia económica. Una de ellas podría

ser él definir la medida satisfactoria de los resultados, es decir, la manera de cuantificar los beneficios en la salud de la sociedad con respecto a los gastos generados. Otras dificultades se encuentran, tanto en la manera de definir criterios para evaluar la productividad, como en la determinación de los montos de recursos a asignar, aplicando principios de igualdad (Rout & Nayak, 2007). La síntesis estructural de los esfuerzos públicos y privados para mejorar la salud, se traduce en el marco histórico y organizacional del sistema de salud.

2.1.1. Capital humano e inversión en salud desde una perspectiva de desarrollo económico.

En la historia reciente, se ha intentado describir analíticamente, un modelo que explique las determinantes del crecimiento económico en el largo plazo, dado que el ascenso de los indicadores del crecimiento económico presupone un mejoramiento del nivel de vida de la población. Por esta razón, el modelo de crecimiento de Solow, desarrollado desde el enfoque neoclásico, manifiesta que el desarrollo económico, medido como el valor de la renta per cápita, se produce por las diferencias en las tasas de ahorro exógenas. Si bien esto ha originado un debate en torno a las consecuencias de las afirmaciones²⁹. También, ha llamado la atención sobre la relevancia de los factores que intervienen en la producción y que eventualmente contribuyen al crecimiento.

Las teorías del crecimiento endógeno, como la presentada por Romer (1986) y la de Lucas (1988), explican el crecimiento de la economía a partir de factores endógenos. Exponen que el desarrollo se origina por aumentos del capital humano y cambios tecnológicos. En consecuencia, se añade la teoría del capital humano, la cual ya había sido desarrollada por Becker (1964). En ese sentido, el capital humano se define como el conjunto de las capacidades productivas de un individuo, las cuales son adquiridas a lo largo de su vida por acumulación de conocimientos, ya sean generales o específicos o por su misma salud, ya que un individuo enfermo merma su productividad. Mwabu (2007) afirma, que en la literatura reciente, se le conoce como “capital de la salud humana” para distinguirla del “capital de la educación humana”. Cabe señalar que una de las características del “capital de la salud humana” es su correlación positiva con otras formas de capital humano. Significa que individuos sanos son en promedio mejor nutridos y educados que las personas con mala salud.

²⁹ Como el estado estacionario y su crecimiento sólo a partir del progreso técnico.

Por consiguiente, ¿cuáles serían los efectos económicos de las inversiones en salud? En principio, las mejoras de la salud afectan los salarios y la oferta de laboral, medida como el número de horas trabajadas. También influyen en la productividad agrícola y las tasas de fertilidad (Mwabu, 2007). Haas et al. (2007) señalan que la salud es esencial para el desarrollo económico y social, en otros términos la salud fomenta la eficiencia del insumo trabajo, acumulando capital humano (KH) al incrementar su productividad marginal, como ocurre con otros elementos favorables a la productividad global de los factores (PGF), como la educación y la infraestructura pública.

Hasta cierto punto, los modelos son útiles para proporcionar los parámetros de la pertinencia de políticas públicas. Sin embargo, son poco pertinentes para la siguiente fase, la de establecer una conexión entre el uso de insumos de producción de salud y la misma salud del capital humano (Mwabu, 2007). Para esto, se emplean las funciones de las entradas de la demanda de salud. Se parte de un modelo estructural de Rosenzweig & Schultz (1982), en el cual los individuos eligen los insumos para la producción de su propia salud. El modelo expone que la heterogeneidad en la salud de las personas se debía tanto de las preferencias no observadas como de la dotación de insumos de la salud, la cual influye en la elección de los individuos. La posibilidad de realizar el análisis empírico de la acumulación de la salud es una de las novedades que ofrece el modelo. Posteriormente, se generaron modelos de producción de salud híbridos, los cuales relacionan el uso de insumos de salud a los cambios en el estado de salud (Mwabu, 2007).

Resultan interesantes las perspectivas que puede tomar la salud, por un lado, en el enfoque de inversión pura, es un factor de producción, por otro lado, a nivel de consumo puro, es un bien. El modelo general, para la demanda de salud de Grossman (1972), pretende integrar simultáneamente estas visiones. En este modelo, la salud es endógena, en el sentido incontrovertido de que los individuos eligen la cantidad óptima de la misma que necesitan para producir "días sanos". En otras palabras, el estado de salud se rige por la inversión en esta y el consumo resultante por parte de los individuos. De esta manera, el modelo predice tres bienes consecutivos resultantes. El primero es el capital de la salud,

generado a partir de dos insumos, la atención médica y el tiempo individual invertido. El consecuente capital de salud acumulado es utilizado entonces para producir días sanos los cuales son el segundo bien. Finalmente estos días sanos son empleados para producir productos y servicios en el mercado (Mwabu, 2007).

Rout & Nayak (2007) clasifican las contribuciones de salud en cuatro aspectos. En primer lugar, el aumento de la productividad de los trabajadores, ya que no hay pérdidas de días laborales por enfermedad, la productividad en estos días aumenta, mejoran las perspectivas y oportunidades de remuneración y se cuenta con vidas laborales más largas. En segundo lugar, permite o mejora el uso de recursos naturales que habían sido totalmente o casi inaccesibles a causa de plagas o epidemias, por lo que algunas inversiones en salud permiten aumentar la productividad de la tierra. En tercer término, se encuentran los beneficios a través de la educación para la próxima generación, ya que en principio el costo de oportunidad de asistir a la escuela significará a su conclusión mejores ingresos. Así los niños que gozan de mejor salud y nutrición durante la primera infancia están mejor preparados para aprender, tienen más probabilidades de inscribirse y aumentan con la educación la participación de las niñas. Por último, se liberan los recursos que abrían sido empleados en tratamiento, potenciando sus usos alternativos.

De este modo, como lo afirman Rout & Nayak (2007), el gasto en salud se puede justificar por razones puramente económicas. En principio, la asignación de recursos en medicina preventiva puede reducir la incidencia de enfermedades, resultando en ahorros de costos de tratamiento y atención médica. No obstante, también se deben tomar en cuenta los beneficios indirectos, tales como la reducción del dolor y el sufrimiento de los pacientes que generan una pérdida de bienestar. Además, el incremento de la productividad laboral, dado un buen estado de salud, genera mejores ingresos en el mercado profesional, en especial respecto a aquellas enfermedades que provocan discapacidades físicas o mentales. Como se ha expuesto, la salud en su conjunto se convierte en “fuerza motriz para el crecimiento económico” (Haas & Weisz, 2008). Esto cobra relevancia en un contexto económico global, donde el capital ya es altamente móvil, el trabajo lo es cada

vez más, las innovaciones tecnológicas y el impacto de las tecnologías de la información se difunden rápidamente (OMS, Oficina Regional para Europa, 1997). Acto seguido, el siguiente apartado fundamentará el enfoque privilegiado del medio ambiente como determinante de la salud.

2.1.2. Análisis convencional: El medio ambiente como determinante de la salud.

La calidad de algunos bienes ambientales tiene incidencia directa sobre los riesgos a los que se encuentran expuestas las personas, tanto en la probabilidad de contraer ciertas enfermedades, como de sufrir diversos tipos de accidentes (Azqueta, 1999). Los riesgos ambientales han manifestado tener un impacto significativo en la salud, ya sea directamente por medio de la exposición a agentes nocivos o, indirectamente, mediante la interrupción de los ecosistemas para mantener la vida (Remoundou & Koundouri, 2009)

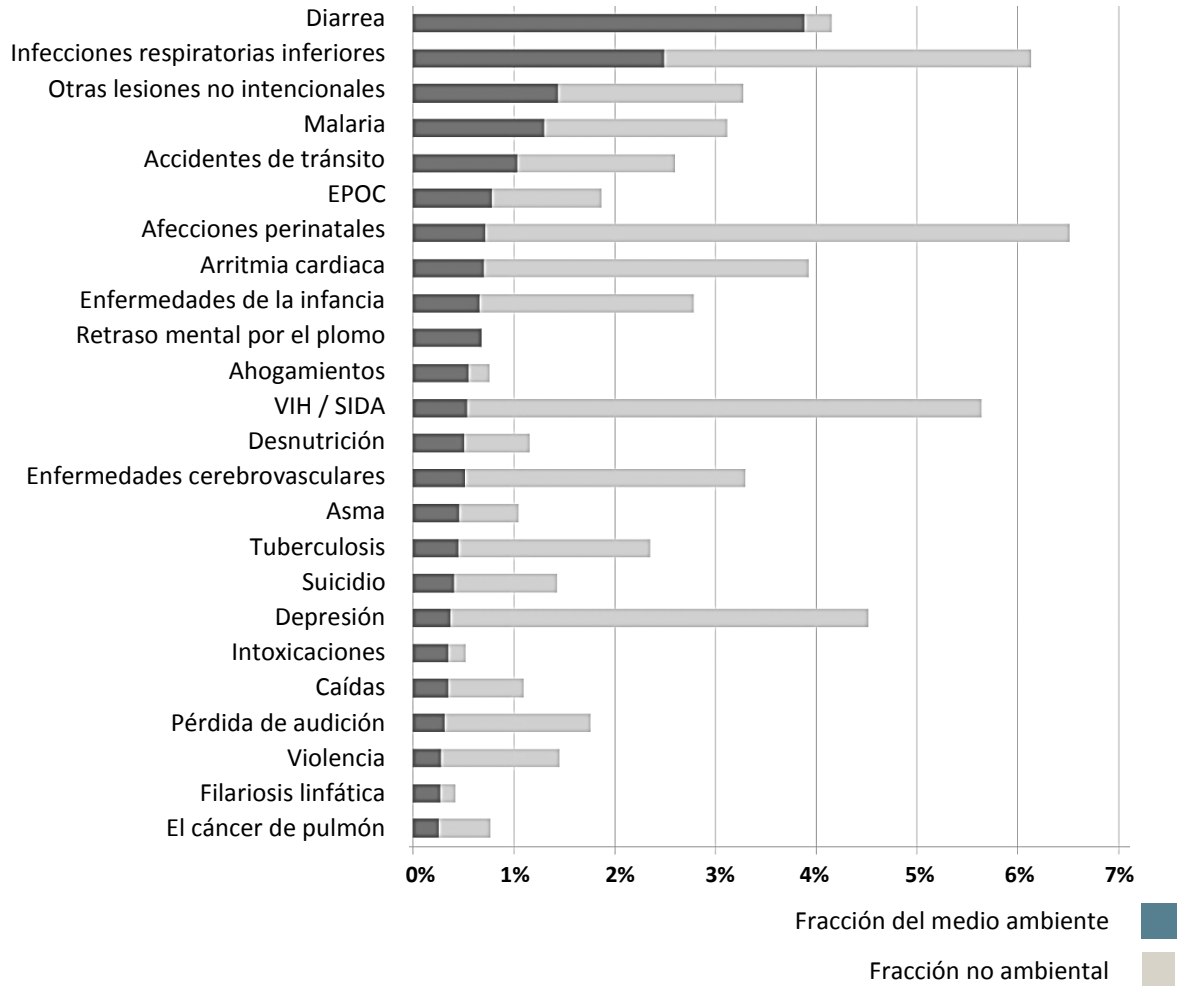
Puesto que existen efectos sobre el medio ambiente a escala global, causados por el cambio climático, estos pueden afectar la salud, ya sea de manera directa o indirecta. Un efecto directo puede darse mediante los golpes de calor provocados por cambios bruscos de temperatura (McMichael, 1996). Por su parte, los impactos indirectos se dan a través de efectos en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos, como inundaciones, tormentas y sequías, las cuales acarrearán cambios en la disponibilidad de agua dulce, en la productividad agrícola, la estructura y en el funcionamiento de los ecosistemas (PNUMA & PNUD, 2008).

La transmisión de muchas enfermedades infecciosas es particularmente sensible a estos factores climáticos. De esta manera, el acrecentamiento de trastornos climáticos de todas las formas tendrán como consecuencia adicional, malas cosechas y migraciones masivas (OMS, 1997). Análogamente, el cambio sobre los sistemas ecológicos y sociales afecta la producción local de alimentos, el desplazamientos de la población y la desorganización económica, con sus correspondientes consecuencias sanitarias (OMS, 2002).

Prüss-Üstün & Corvalán (2006) destacan el hecho de que factores de riesgo ambientales desempeñan un papel en más de ochenta de las principales enfermedades y lesiones en todo el mundo. Estiman que el 24% de la carga mundial de morbilidad y el 23% de todas las muertes se pueden atribuir a factores ambientales. La gráfica 4 muestra la fracción de la carga total de morbilidad, expresada como “Años de Vida Ajustados por Discapacidad”

(AVAD³⁰) Para esto, se utilizan los casos reportados o estimados de muerte prematura, discapacidad y los días de padecimiento debido a la enfermedad o condición específica (PNUMA & PNUD, 2008).

Gráfica 4: Enfermedades con la mayor contribución del Medio Ambiente.



Fuente: Prüss-Üstün & Corvalán (2006, p. 11).

Notas: EPOC significa Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.

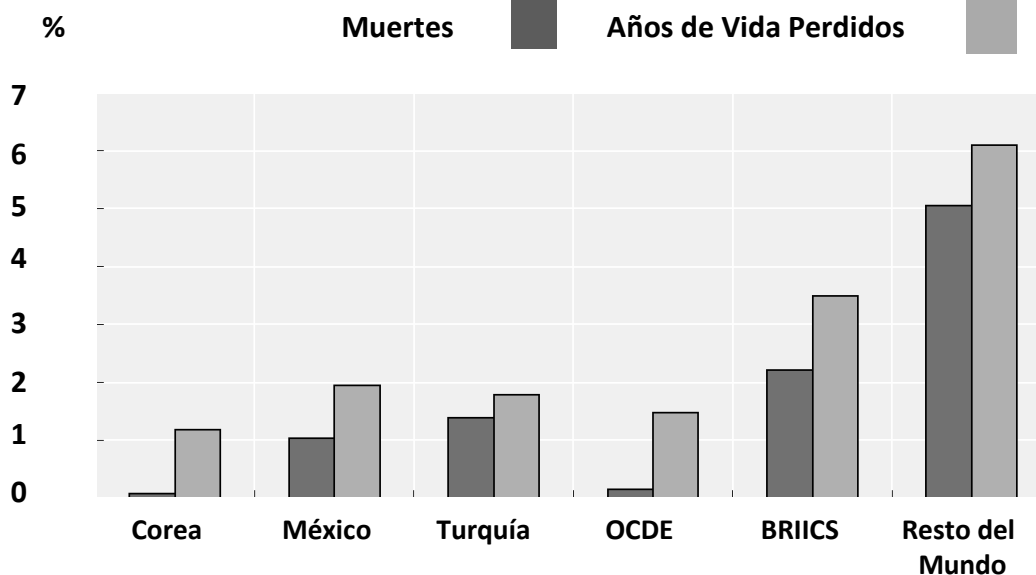
Para la OCDE (2008), queda claro que el mayor riesgo para la salud del capital humano proviene del agua potable. Los análisis muestran que los problemas más costosos de la degradación del medio ambiente son, en orden decreciente, el suministro inadecuado de agua, su ineficiente saneamiento e higiene, la contaminación atmosférica urbana, los

³⁰ Indicador de la Carga Global de Enfermedad (CGE) que mide el impacto en la salud de una enfermedad, respecto de la población global o mundial.

desastres naturales, la contaminación por plomo, la contaminación del aire y la degradación del suelo agrícola. Acorde con PNUMA & PNUD (2008), se afirma que, en países pobres como Perú, esto les representa pérdidas del 3.9% de su PIB cada año. Según la OCDE (2008), el abastecimiento de agua insalubre, el saneamiento y la higiene son responsables del 3% de las muertes y el 4,4% de todos los años de vida perdidos en todo el mundo. Sin embargo, los países menos desarrollados son los más afectados, ya que el 99% de estas muertes ocurren en países no pertenecientes a la OCDE, correspondiendo al 90% de estos decesos a niños, poniendo en grave riesgo el futuro capital humano de esas naciones.

En la gráfica 5, se observa como en países como Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica (BRIICS³¹), el agua contaminada fue responsable del 2,2% de todas las muertes, significando adicionalmente para estas naciones, el 3,5% de la carga total de enfermedad para el año 2002. Cabe señalar que el 87% de estos casos ocurrieron en la India y China (OCDE, 2008). Al ser una economía emergente, con alta concentración de la riqueza y PIB per cápita en aumento, México reúne condiciones para presentar esta problemática.

Gráfica 5: Mortalidad y carga por enfermedades, por agua contaminada en 2002.



Fuente: OCDE (2008, p. 3).

³¹ Naciones con gran población, territorio y recursos naturales, que en años recientes han reportado importante crecimiento económico, por lo que se les considera economías emergentes.

Los organismos patógenos, asociados a problemas en la salud pública, están presentes en las aguas residuales. Así que, por este medio se contaminen los mantos subterráneos y superficiales. A tal grado que se estima que solamente el 5% de los cuerpos de agua superficiales se encuentran libres de contaminantes. Luego, el 78% del agua utilizada en el país lo usa la agricultura, utilizando en muchos casos agua con tratamiento deficiente. Se genera un foco de a través de aquellos cultivos que se consumen crudos. De cualquier modo, aunque no se contaminara directamente, se puede afectar indirectamente a los suelos agrícolas mediante los metales, los compuestos nitrogenados y sólidos disueltos, ocasionando diferentes efectos que se dan sobre la salinización del suelo, PH y su toxicidad (Castillo, 2003).

Además, se encuentra la contaminación del aire la cual contribuye a una serie de enfermedades como el asma que, en algunos casos, conduce a una muerte prematura. A nivel mundial, se estima que la contaminación del aire es responsable de aproximadamente 800,000 muertes prematuras cada año, así como de 6.4 millones de años de vida perdidos. Representa el 1.4% del total de muertes prematuras y el 0.7% de años totales perdidos a nivel mundial (OCDE, 2008). Para el 2030, se estima que habrá un incremento de seis veces en las muertes atribuibles a la destrucción de la capa de ozono (OCDE, 2008). Además, a nivel del suelo, se espera un mayor número de muertes prematuras asociadas con la exposición al ozono precipitado.

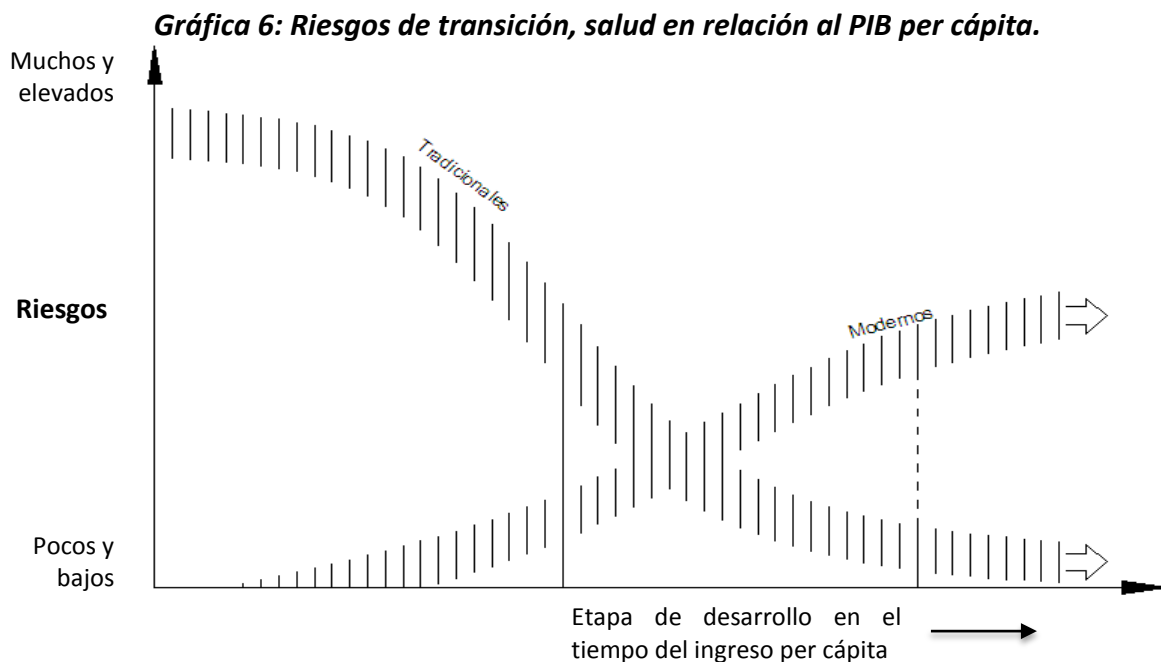
Estudios empíricos muestran que la relación beneficio-costos³² del control de la contaminación del aire, en ciudades en desarrollo, se encuentra en el intervalo de 1 a 5, para las iniciativas del sector energético y de 2 a 15 para las iniciativas del sector industrial (Remoundou & Koundouri, 2009). Además, Bosello et al. (2006) realizan un modelo de equilibrio general macroeconómico, en donde estiman los efectos en la salud del cambio climático. Los resultados señalan que los costos de los impactos en la salud contribuyen

³² Indicador financiero el cual expresa la rentabilidad en términos relativos. Para generarlo se deben establecer en primer término y por separado, los valores actuales de los beneficios, tanto directos como indirectos como de los costos, para posteriormente dividirlos (B/C). Consecuentemente, un resultado >1 sería aceptable dado que los ingresos (B) superarían a los egresos (C).

sustancialmente a los costos totales del cambio climático, impactando al PIB y a la inversión.

La carga de morbilidad, causada por factores ambientales, como la diarrea, las infecciones respiratorias inferiores, lesiones no intencionales y la malaria, es desproporcionadamente mayor en países en desarrollo. Esto se refleja en el número total de años de vida sana perdidos por habitante, los cuales llegan a afectarse hasta 15 veces más que en los países desarrollados (Prüss-Üstün y Corvalán, 2006).

En la Gráfica 6, Gilpin (2010) expone los riesgos de transición asociados al crecimiento económico de las sociedades, en donde existe una evolución hacia enfermedades “nuevas” o “modernas”. Tanto Shyamsundar (2002) como PNUMA & PNUD (2008), coinciden en dividir los riesgos ambientales a la salud, en dos grandes categorías. En primer lugar se hallan los “riesgos tradicionales”, relacionados con la pobreza y la falta de desarrollo. Estos se traducen en falta de agua potable, saneamiento inadecuado y la deficiente eliminación de residuos. En segundo lugar, se encuentran los “riesgos modernos”, como la contaminación del aire urbano, la exposición a productos químicos y desechos agroindustriales.



Fuente: Gilpin (2010, p. 291).

En las naciones en desarrollo, las infecciones comunes y los problemas reproductivos evolucionan hacia enfermedades no transmisibles y lesiones. Esto se correlaciona con el aumento de la esperanza de vida y la creciente exposición a los llamados “riesgos emergentes”, relacionados en su mayoría, con estilos de vida poco saludables. Gómez-Dantés et al. (2011) afirman que, a diferencia de los países desarrollados, en donde ha sucedido una clara sustitución de las infecciones comunes, en México, subsiste un “traslape” de enfermedades pre y postransicionales.

Los niños, como futuro recurso humano, son de especial preocupación, ya que son más vulnerables a la contaminación del aire que los adultos. La OCDE (2008) afirma que se han encontrado tasas mayores de mortalidad infantil en áreas con contaminación alta. De igual manera, la mala salud y nutrición disminuyen los beneficios comprobados de la educación, ya sea por la reducción de la plantilla estudiantil o por la deficiente capacidad de aprendizaje. Esto se debe a que la salud y la nutrición, durante la primera infancia, mejoran las probabilidades de matricularse y de obtener mejores resultados escolares (Rout & Nayak, 2007).

Weil (2006) realiza un estudio empírico utilizando una variedad de diferentes estimaciones microeconómicas, basándose en los retornos históricos de la salud y utilizando estimaciones alternativas de asignaciones entre los diferentes indicadores de salud. Sus resultados apuntan a que la salud es un determinante significativo de la variación de los ingresos y sostienen que, cada año de vida ganado, se traduce en crecimiento potencial per cápita del 2 % al 4 %.

Para concluir, se puede afirmar que la economía de la salud nos brinda herramientas técnicas, las cuales están diseñadas para auxiliar en la definición de la mejor alternativa de uso de recursos, con el objetivo de fomentar la salud. En esta sección, se expusieron las características del sector salud mexicano y como en este, al igual que en la mayoría de las naciones, se orienta a la provisión de hospitales, clínicas y médicos. La justificación de esta inversión de recursos se da debido a que la salud es determinante del capital humano, el cual favorece el crecimiento económico y desarrollo de una economía nacional.

Posteriormente, se mostró una síntesis de estudios empíricos, los cuales señalan que un medio ambiente contaminado afecta los determinantes de salud.

En consecuencia, existen recomendaciones como las de la PNUMA & PNUD (2008), las cuales fomentan la prevención de enfermedades mediante la modificación del medio ambiente. Los cambios pueden ir desde la promoción de hábitos de higiene, el suministro de agua potable, el saneamiento, hasta la construcción de clínicas, hospitales y la sustitución de ecosistemas considerados “dañinos”. Todo, en beneficio de la salud, se considera positivo, sin embargo, resulta escasa la literatura que analice los impactos en el medio ambiente ocasionados por la provisión de salud. Este será el tema a analizar en la siguiente sección.

2.2. Nuevo enfoque sobre la interacción salud y medio ambiente: La dimensión sustentable de la provisión de salud.

Ya se ha abordado la economía de la salud, como disciplina que estudia la mejor asignación de recursos con objeto de evitar la mortalidad y morbilidad de la población. Del mismo modo, se describió como el gasto en salud se justifica a manera de inversión en capital humano. Asimismo, se abundó el análisis convencional de como el medio ambiente es un determinante de la salud. A continuación, en la presente sección, se presentará el nuevo enfoque respecto de cómo la provisión de servicios hospitalarios, que afectan negativamente al ambiente, ponen en riesgo la inversión en salud. Así, la sección se divide en dos apartados.

Entonces, el primero describe las características y el tamaño del sector salud ubicando los hospitales como eje central de la provisión de salud. De esta manera, se expone el sector salud para el caso de México, así como su relevancia a nivel nacional. En este sentido, desde un punto de vista organizativo, los hospitales son plantas multi-productos, que, al mismo tiempo, proveen servicios a personas. Económicamente, cuentan como rasgo distintivo, el que tienen requerimientos intensivos tanto de capital humano, como tecnológico y financieros (Tobar, 2009).

Finalmente, el segundo apartado puntualiza sobre los impactos ambientales de los servicios hospitalarios. En este contexto, se establecen los fracasos que implican impactos negativos hacia el medio ambiente de la provisión de los servicios de salud. A continuación, se presentarán nociones teóricas aplicables a la nueva problemática planteada, en donde los hospitales, a través de su demanda, tanto de insumos y energía,

como de su generación de residuos, afectan significativamente al medio ambiente, generando consecuentemente, efectos adversos en la salud. Seguidamente, se mostrarán algunas evidencias de los impactos en el medio ambiente de las provisiones de salud, enfatizando el papel de los hospitales.

2.2.1. Importancia de la salud en México.

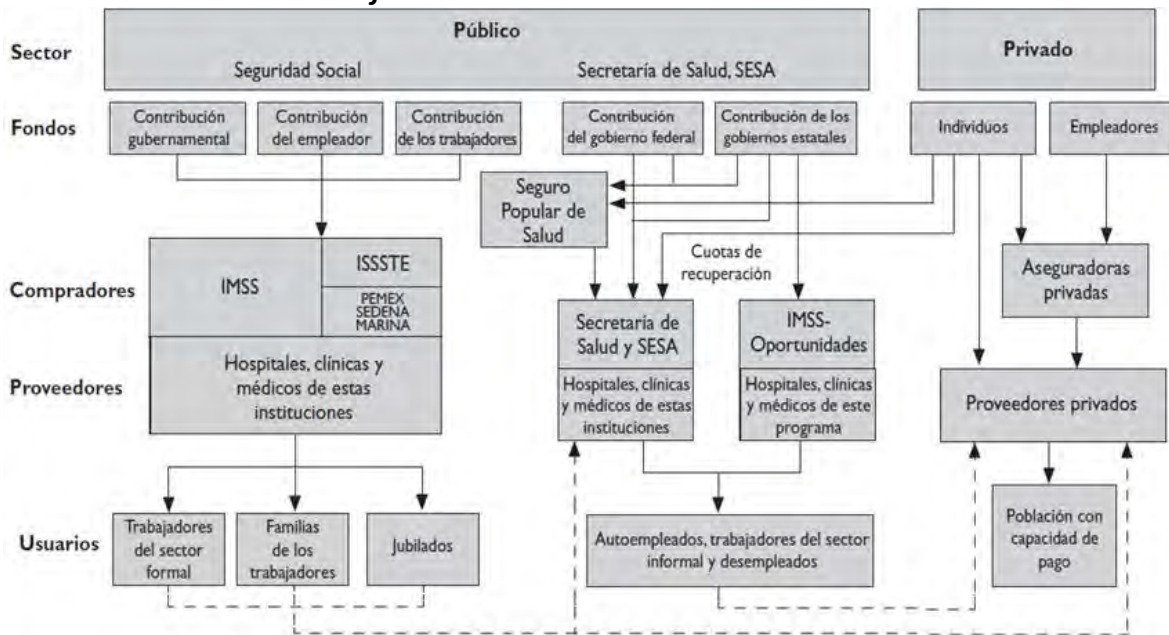
Aliaga (2009) clasifica en cuatro categorías las determinantes de la salud, en donde los hábitos personales de higiene intervienen en un 10%, las características genéticas y biológicas determinan un 15%. Seguidamente, con una relevancia del 50% se posiciona el ambiente socio-económico, el cual está influenciado por el ingreso así como las condiciones del entorno, interviniendo en el tanto el empleo y la educación, como el medio ambiente y la vivienda. Finalmente, se encuentran los sistemas de salud y servicios curativos, los cuales serían determinantes en un 25%.

Para proseguir, es necesario definir a nivel nacional, qué instituciones conforman el sector de la salud así como qué segmentos de la población se constituyen en sus usuarios. A manera de antecedente, a pesar que, desde 1905, se había inaugurado el Hospital General de México, no fue sino hasta 1943 cuando el sistema público de Salud se formaliza en México. Precisamente, se da mediante la institución de la Secretaría de Salud, el Instituto Mexicano de la Seguridad Social (IMSS) y el Hospital Infantil, primero de diez Institutos Nacionales de salud que existen actualmente (Gómez-Dantés et al., 2011). Posteriormente, en 1960, se crea el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de Trabajadores del Estado (ISSSTE), respondiendo a una primera fase de reformas de salud, al parecer motivadas por la emergente industrialización. Este contexto coyuntural corresponde a nivel mundial con el término de la segunda Guerra Mundial, la aplicación en Estados Unidos y Europa occidental del Plan Marshall así como la continuidad del Estado Benefactor/Interventor de distinción keynesiana.

En la gráfica 7, Gómez-Dantés et al. (2011) esquematizan la división pública/privada anteriormente descrita, con los mecanismos de financiamiento, las cuales pueden venir de aportaciones gubernamentales, contribuciones del empleador o de contribuciones de los empleados. Sin embargo, no se observa la intensidad de la aportación, pero si se puede añadir que, en el caso de la SSA como los SESA, la contribución que pagan los usuarios al

recibir la atención es relativamente menor que las aportaciones federales y estatales. El Seguro Popular, a diferencia de las otras instituciones que cuentan con su propio personal e instalaciones, compra servicios de salud para sus afiliados a la SSA y a los SESA y en algunas ocasiones a proveedores privados. Por último, el sector privado, que ofrece servicios en consultorios, clínicas y hospitales privados, es financiado por los pagos de los usuarios de la atención así como las primas de seguros médicos privados.

Gráfica 7: El sistema de salud de México.

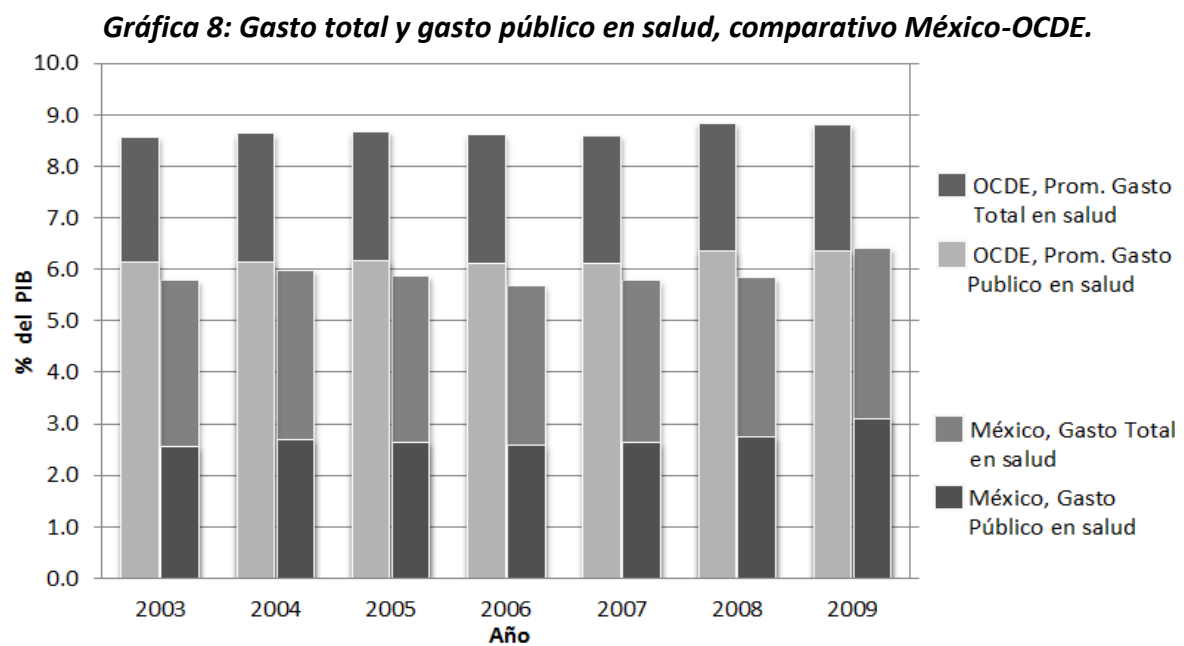


Fuente: Gómez-Dantés et al. (2011, p. 22).

El sistema de salud en México está compuesto por el sector público y privado. El primero lo integran las instituciones de seguridad social que protegen o prestan servicios a los trabajadores del sector formal de la economía, como lo son el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina (SEMAR) entre otras. El sector público también incluyen las instituciones que protegen o prestan servicios a la población sin seguridad social, dentro de las que se incluyen el Seguro Popular de Salud (SPS), la Secretaría de Salud (SSA), los Servicios Estatales de Salud (SESA) y el Programa IMSS-Oportunidades

(IMSS-O). Consecuentemente, se entiende que el sector privado presta servicios a la población con capacidad de pago.

De hecho, todo el sistema expuesto anteriormente, es distinguido a nivel de su tamaño en la economía de cualquier nación. Para mostrar lo anterior en el caso de México, se elaboró la gráfica 8, la cual refleja en términos porcentuales con relación al PIB, la situación y tendencia del país respecto del gasto total y al gasto público en salud, comparándolo con el promedio no ponderado de 33 países de la OCDE.



Para casi todas las naciones del mundo, aproximadamente tres cuartas partes del financiamiento del sector salud se destina a hospitales, clínicas y centros de salud, para la prestación de servicios de atención médica. De acuerdo con Weisz et al. (2011), desde mediados de la década de los ochenta, el gasto en salud ha aumentado en forma desproporcionada en comparación con el crecimiento económico en todos los países desarrollados, siendo el mayor incremento general en el sector hospitalario.

Teniendo en cuenta lo anterior, la diferencia en el costo por hospitalización entre las naciones influye y ello se debe a los contrastes de precios de los servicios, atribuibles a mayores niveles de dotación de personal y equipo médico. Ahora bien, estos datos de

gasto en salud pudieran no servir de referencia aproximada para calificar las políticas gubernamentales que tienen impactos en la salud ya que son un indicador proxy amplio (Shyamsundar, 2002). Lee (2009) afirma que existe evidencia de que mayores presupuestos per cápita no son determinantes de una mejora en la salud de la población, medida como el aumento en la expectativa de vida al nacer.

El sistema de salud mexicano ofrece beneficios muy diferentes dependiendo de la población de la cual se esté hablando. Gómez-Dantés et al. (2011) dividen en tres grupos la población beneficiaria de las instituciones de salud. En primer lugar, se encuentran los trabajadores asalariados, jubilados y sus respectivas familias. Seguidamente el grupo que conforman los autoempleados, los trabajadores del sector informal, desempleados y las personas que se encuentran fuera del mercado laboral, así como sus familias. Por último, el grupo de población que se considera con capacidad de pago.

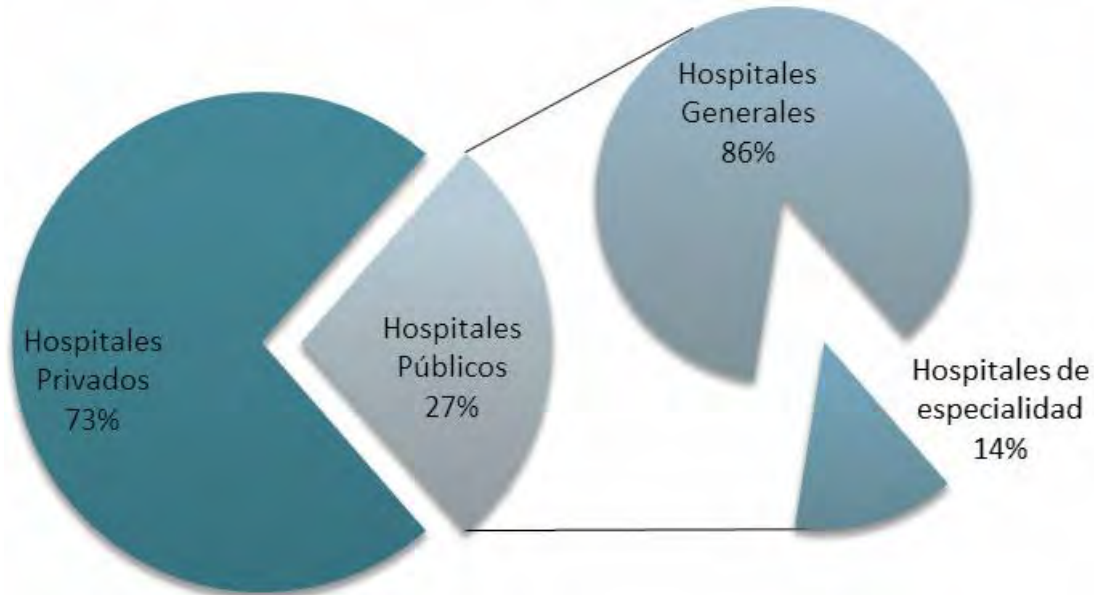
Para México del 2000 al 2007, el número de unidades médicas del sector público ha crecido en 8.2%, pasando de 19,099 a 20,664 unidades. De hecho, las unidades hospitalarias exponen un incremento de 17.3%, comparadas con las de consulta externa, las cuales sólo aumentaron en 7.7%. Del total de unidades, el 86.8% pertenecen al sector público, lo cual indica su relevancia proporcional respecto del total (Gómez-Dantés et al., 2011).

Para el año 2007, en México, se cuantificaron 23,858³³ unidades de salud. De ellas 4,354 corresponden a hospitales y el resto a unidades de atención ambulatoria. La gráfica 9 esquematiza las proporciones que guardan los hospitales públicos y privados, en donde el 27% de los hospitales son públicos, siendo los restantes, en su mayoría pequeñas maternidades del sector privado. A tal grado, se estima que alrededor de 70% de las unidades privadas con servicios de hospitalización tienen menos de 10 camas, solamente contando con más de 25 el 6% de ellas. Ahora bien, alrededor de 86% del total de hospitales públicos son hospitales generales, que representan la mayor parte del sector,

³³ Sin considerar los consultorios del sector privado.

siendo el resto hospitales de especialidad. Los hospitales del sector público cuentan en conjunto con 79,643 camas, constituyendo una razón de 0.75 camas por cada 1,000 habitantes, inferior a lo recomendado por la OMS, que es una cama por cada 1,000 habitantes. Cabe señalar que el 61% de los hospitales públicos atienden a la población sin seguridad social. Datos del 2008 estiman que las instituciones públicas en su conjunto cuentan con poco más de 3,000 quirófanos, a una razón de 2.7 por 1,000 habitantes (Gómez-Dantés et al., 2011).

Gráfica 9: Proporción de Hospitales en México.



Fuente: Gráfica propia a partir de Gómez-Dantés et al. (2011).

Tobar (2009) define a los hospitales modernos como organizaciones especiales difíciles de comparar. Esto se debe en principio a su caracterización ya que pueden considerarse como proveedores de servicios de mayor complejidad, desarrollados para solucionar los problemas de salud de la población. Más aún, la población objetivo de estos servicios puede ser de las más desiguales extracciones sociales, acudiendo por diversos motivos o patologías.

Se ha descrito el gran tamaño y relevancia económica del gasto en el sector salud, pero ¿cuál es la incidencia de este sector en la calidad ambiental? Ese es el punto que se trata a continuación, a través del análisis del marco teórico y empírico de la mencionada relación.

2.2.2. Incidencia de la provisión de salud sobre la calidad ambiental: Principales aportes.

McMichael (1996) señala que, durante el siglo XIX, se dio la revolución en salud pública, la cual tuvo por objeto controlar las enfermedades infecciosas. Esta revolución consistió en intervenciones gubernamentales tanto para regular las aguas residuales, como la disposición de desechos. De la misma manera, se impulsó la inocuidad de los alimentos y la limpieza de las viviendas, mezclando estrategias de fomento educativo e higiene entre las personas. Bajo este contexto, donde se han promovido y valorado activamente las inversiones para suministrar servicios de salud, nos enfocaremos en los impactos que ocasionan estas provisiones.

Si la salud es un impulsor económico, lo deseable sería aumentar la riqueza, sin efectos negativos sobre ella. Weisz et al. (2011) señalan que, al considerar justificado cualquier esfuerzo realizado en pro de la salud, la protección del medio ambiente se deja como un elemento periférico. Los resultados de las provisiones sanitarias pueden ser adversos, ya sea por impactos directos en la salud o indirectos a través de la contaminación del medio ambiente. De esta manera, los efectos de rebote no debieran superar la salubridad prevista (Haas & Weisz, 2008).

Es así como se debe abrir el debate en torno a los riesgos de la provisión de salud y la sostenibilidad real de los avances. Las comparaciones entre países y análisis de series de tiempo a largo plazo muestran que un mayor ingreso per cápita está asociado con mejor salud. Sin embargo, como lo señala Warford (1995), existe preocupación acerca de los impactos del desarrollo económico, tanto en el medio ambiente como sus consecuencias en la salud. Esto se debe a que existen “fuertes vínculos” entre los aspectos ambientales y sociales del desarrollo. Las recomendaciones invitan a desarrollar las capacidades de entendimiento de los impactos, no limitándose exclusivamente a los directos, a través del

efecto sobre los ingresos, sino además adicionar los indirectos, a través de cambios en el entorno natural.

Del mismo modo, persiste la corriente que sugiere la “desvinculación” entre la presión ambiental del crecimiento económico, que incluso, respalda la idea de que el crecimiento económico mejora la calidad ambiental. Se trata de la curva ambiental de Kuznets³⁴. Esta tendencia sostiene que, si bien la calidad ambiental inicialmente se deteriora, en los países que han alcanzado un suficiente nivel de riqueza, la contaminación comenzará a declinar. La doctrina fundamental que se defiende es que el crecimiento económico, por sí sólo, resolverá los problemas de contaminación.

Consecuentemente, las recomendaciones de política pública para el cuidado ambiental, se enfocarían en estimular el crecimiento económico (Correa-Restrepo, 2004). La curva ambiental de Kuznets se respalda por algunos estudios empíricos, los cuales muestran, que en economías desarrolladas, mayores ingresos se correlacionan con menores niveles de contaminación. La existencia de la curva ambiental de Kuznets en estos estudios se explica asumiendo que el medio ambiente es bien de lujo, por esta razón “se debe renunciar a él para posteriormente recuperarlo” (Correa-Restrepo, 2004).

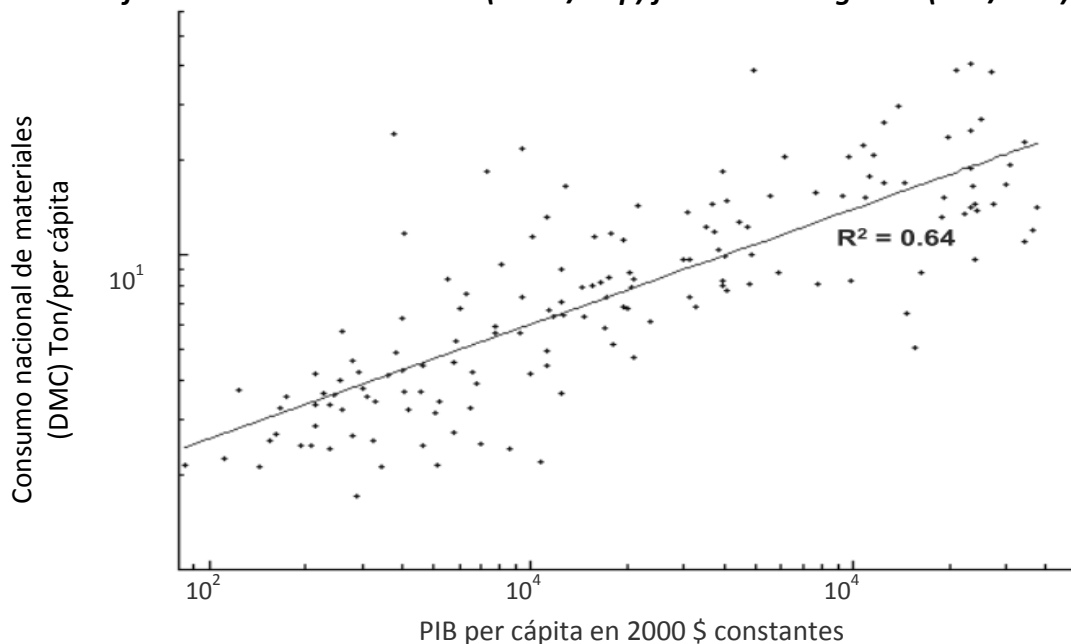
Sin embargo, existen similar cantidad de estudios que la desmienten. Arrow et al. (1995) afirman que, a pesar de que se observan en algunos casos reducciones en el nivel de emisiones, los análisis no están tomando en cuenta “la contaminación del pasado”. En otras palabras, la contaminación acumulada, la cual, continúa deteriorando las características fundamentales de la calidad ambiental. Por tanto, las capacidades de carga y de resiliencia de los ecosistemas no están siendo contempladas. Incluso, si se tomaran los datos estáticos sin contemplar la contaminación pasada, las variables que se seleccionan en los estudios, como la deforestación y la contaminación del agua, pueden no ser indicadores más apropiados de lo que es el medio ambiente. De esta forma, la labor de algunas naciones consiste en construir verdaderos indicadores ambientales

³⁴ EKC, en sus siglas en inglés, Environmental Kuznets Curve.

integrales, los cuales contemplen el aire, el agua, los suelos, los servicios ambientales y la capacidad de carga de los ecosistemas. Los primeros pasos en este camino los constituyen el Índice de Bienestar Económico Sustentable³⁵, la Huella Ecológica o la Brecha Ambiental que se mencionaron en el capítulo 1 (Correa-Restrepo, 2004).

En este sentido, la gráfica 10 muestra un análisis estático de la tasa metabólica³⁶, como medida de la carga ambiental de cada individuo, frente al PIB per cápita. La dispersión resultante muestra evidencia de la no señal global de la curva ambiental de Kuznets. De hecho, el análisis de la evolución histórica de la tasa metabólica global ha expuesto que desde 1900 hasta 1945 existió un crecimiento moderado del 0.2%, un rápido crecimiento del 1.6% desde 1945 hasta 1973, seguida de una etapa de estabilización de 1973 a 2000 donde se incrementó a una tasa del 0.6% a pesar de un crecimiento económico sustancial. Desde el año 2000, se observa una nueva fase de crecimiento del 3.7% (Fischer-Kowalski, 2009).

Gráfica 10: La tasa metabólica (DMC / cap) frente a los ingresos (PIB / hab).



Fuente: Fischer-Kowalski (2009, p. 10).

³⁵ ISEW, por sus siglas en inglés.

³⁶ La tasa metabólica se obtiene dividiendo el uso anual de material y energía de un sistema socio-económico, entre el número de la población. Representa la carga biofísica asociada a un individuo promedio.

En otro orden de ideas, Haas et al. (2007) afirman que la salud necesita recursos y un medio ambiente sustentable. Para lograr lo anterior, el debate se debiera enfocar en aquellos segmentos del gasto que pudieran ser asignados de manera más eficiente, sin ocasionar impactos al medio ambiente. En este sentido, la factura de energía eléctrica de los hospitales representa un segmento significativo del egreso del sector. Lo anterior se debe a que estos tienen necesidades energéticas únicas y de uso intensivo, no sólo por su iluminación y climatización artificiales las 24 horas del día, sino que adicionalmente, por el uso de variados equipos para esterilización, lavandería y la preparación de alimentos. De esta manera, en un hospital típico, las partes más significativas son: la iluminación con un 25% y la climatización con un 45%, las cuales son áreas con oportunidades para ahorros significativos (Consortio para la Eficiencia Energética, 2005).

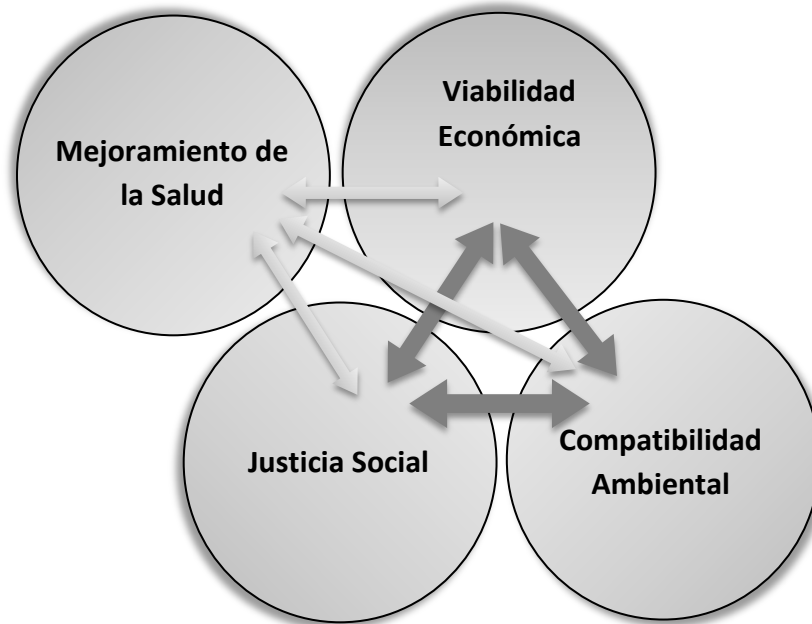
El sector de la salud, a través de sus unidades de salud, sigue aumentando su consumo de materiales y energías fósiles. Contribuye, de esta manera, a la contaminación y a la intensificación de las crisis ambientales, locales y mundiales. Los efectos adversos, generados sobre la salud, dificultan el alcanzar el desarrollo sustentable, ya que la salud es un requisito previo imprescindible (Weisz et al., 2011). En pocas palabras, el desarrollo sustentable aumenta la atención sobre la salud.

A este respecto, Haas & Weisz (2010) señalan que resulta contradictorio el hecho de que los sistemas de salud de los países desarrollados, al contribuir significativamente al cambio climático, generen a su vez una amenaza en la salud pública. Por esta razón, al aumentar la demanda de materiales y de energía, se dará lugar a más presiones ambientales que, consecuentemente, disminuirán la calidad de vida de la población. Esto genera impactos negativos sobre las determinantes de salud, dando lugar a los “efectos de rebote” definidos por Haas & Weisz (2008).

Para Haas et al. (2007), el enfoque ampliado de la gráfica 11 ofrece un modelo del equilibrio más realista. En él, se mejora el rendimiento en las funciones básicas, de la misma manera se integran los aspectos económicos, haciendo al medio ambiente,

operacional. Se contempla entonces, una perspectiva de mediano y largo plazo, que incluya a las generaciones futuras.

Gráfica 11: Enfoque Ampliado.

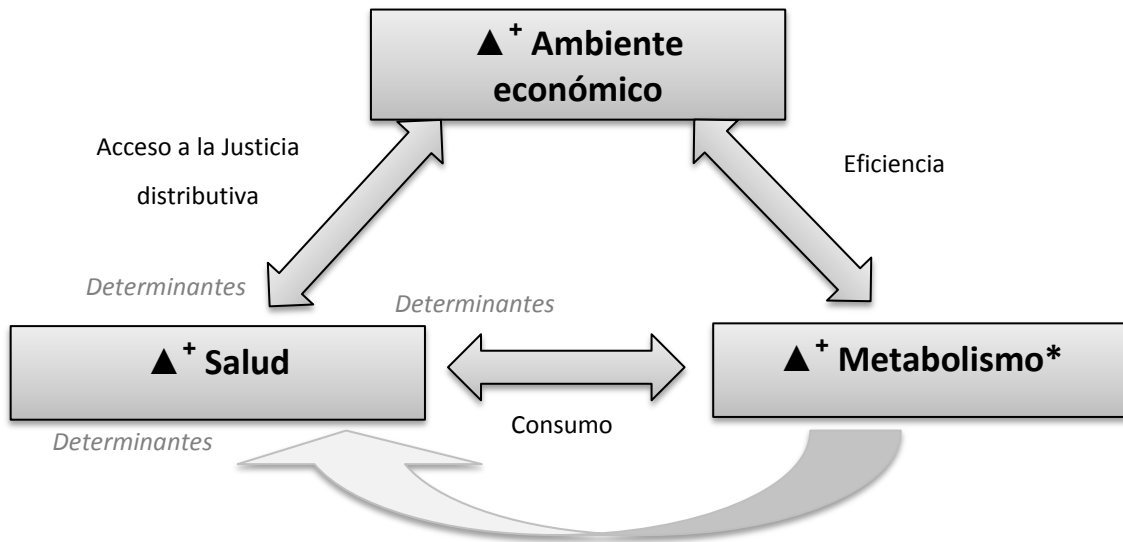


Fuente: Haas et al. (2007, p. 11).

De modo similar, la gráfica 12, muestra la interpretación de Haas & Weisz (2008) respecto como se articulan e interaccionan algunas determinantes de salud expuestos en la sección 2.1. La estructura base es triangular, en donde en cada vértice se posiciona una entidad que interviene en el modelo. En el primer extremo, se encuentra el ambiente económico, donde el PIB per cápita es el indicador más común y se relaciona con el empleo y la educación. El siguiente extremo se representa con la Salud, definida como la ausencia de enfermedades que ocasionan pérdida de años de vida productivos o reducen la expectativa de vida. Finalmente, el “Metabolismo”, cuya definición es probablemente la más complicada³⁷, se puede definir, como la suma de los procesos y actividades que demandan materiales o energía. Eso forma la escala “socio-metabólica”, que está conformada por el consumo nacional de materiales (DMC), el consumo de acero y los consumos energeticos (DEC) de un sistema socioeconómico.

³⁷ No existe una traducción directa del concepto de “Metabolismo” planteado por Haas & Weisz (2008).

Gráfica 12: Relaciones de los determinantes de la salud.



Fuente: Haas & Weisz (2008, p. 3).

Las flechas bidireccionales, que interrelacionan los extremos, condicionan la efectividad del vínculo, de tal manera que el crecimiento de un sector propicia el desarrollo del otro. Como se mencionó con anterioridad, la salud y el ambiente económico están ligados por el ingreso y con el medio ambiente creado, como lo es la vivienda. Dicha correspondencia está condicionada a la justicia redistributiva de los beneficios del crecimiento económico. Del mismo modo, la relación entre ambiente económico y "metabolismo" se afecta por medio de la eficiencia de la utilización de energía y materiales. A su vez, son demandados para su consumo por el sistema de salud. La flecha curva inferior representa el conjunto de las determinantes de la salud causadas por un medio ambiente contaminado, que son generadas por las demandas metabólicas. Este esquema, facilita la concepción de los nichos de oportunidad de uso eficiente, como los que representan la reducción de la utilización de materiales y energía. En consecuencia, resulta evidente la necesidad de utilizar herramientas que identifiquen y fomenten el consumo racional de los recursos, en proporción con capacidad de carga del medio ambiente. En este orden de ideas, a continuación, se presentará el enfoque de los hospitales sustentables.

2.3. Hacia una comprensión del concepto “Hospital sustentable”

El sector salud, en general, se encuentra en un estado de flujo constante, enfrentando presiones para reducir costos, rápidos cambios tecnológicos e institucionales, que, en conjunto, provocan que todas las partes se reinventen a sí mismas y nadie parezca saber dónde está y a dónde se dirige el sistema de salud (Lee, 2009). Según lo expuesto por Haas & Weisz (2010), el contexto coyuntural de los hospitales enfrenta graves problemas de sostenibilidad, desde el envejecimiento de la sociedad, los patrones de enfermedad más complejos, la evolución de enfermedades de agudas a crónicas, las restricciones financieras, entre otras. A lo anterior, hay que sumar las expectativas públicas y políticas, las cuales van en aumento y obligarán a las organizaciones a contribuir al desarrollo sustentable, dado que es mejor actuar ahora que reaccionar después (Pelikan & Schmied, 2008).

En este contexto, en varias naciones y a nivel mundial, existen iniciativas para el desarrollo de la sostenibilidad en los centros de salud. Uno de los primeros esfuerzos se da en 1998 entre la Asociación Americana de Hospitales y la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU., las cuales firman un acuerdo que dio pie al programa “Hospitales para un Medio Ambiente Sano” (H2H)³⁸. El compromiso residía en encaminar acciones rumbo hacia la prevención de la contaminación por los centros de salud. Lo anterior sirve de antecedente para que, en el 2006, H2H se convierta en una asociación sin fines de lucro. En 2008 el H2E se reorganiza y renombra “Practice Greenhealth”, la cual tiene la misión de informar y dar

³⁸ Cuyas siglas son H2E, dado que el nombre original en inglés es “Hospitals for a Healthy Environment”, el número dos se debe a la repetición de la letra H.

herramientas sobre las mejores prácticas ambientales para la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo (Practice Greenhealth, 2012).

De modo similar, el “Movimiento Hospital Verde”, conocido también como “Movimiento del Hospital Sano”³⁹, es un esfuerzo mundial de más de 440 organizaciones y de más de 55 países, con el objeto de eliminar insumos que dañen la salud o el medio ambiente. Por ejemplo, se pretende prescindir el uso de mercurio, que es un metal pesado con fundamentados efectos adversos en la salud y de difícil asimilación ambiental. También se pretende reducir la emisión de dioxinas cancerígenas, las cuales se emiten al calentar algunos productos plásticos ocupados en la construcción y el instrumental médico. Además de mejorar la calidad de la comida, influir en la política de compras de insumos y materiales, así como en la creación de hospitales “verdes”. Estos últimos eliminan el uso de PVC⁴⁰ y compuestos volátiles, además que reducen el consumo de agua y energía. Igualmente, “Salud Sin Daño”⁴¹ es una coalición global de 473 organizaciones en más de 50 países. Cuenta con subsedes en Europa, Canadá, EE.UU. y “el sur” a nivel global. Su objetivo es trabajar para proteger la salud, mediante la reducción de la contaminación del sector (Pelikan & Schmied, 2008).

Particularmente, a un nivel nacional, existe la “Coalición Canadiense para la Salud Verde”⁴², creada en el año 2000 que agrupa a actores interesados en minimizar el impacto adverso, en la salud ambiental y humana, del sistema canadiense de atención de salud. De manera semejante, en el 2004, durante el “1er Congreso Internacional de Salud en productos y prácticas sustentables en Europa”, se firma la Declaración de Viena, la cual refiere sobre estándares de sostenibilidad ambiental para los centros de atención de salud (Pelikan & Schmied, 2008).

³⁹ En inglés “Green Hospital Movement” y “Healthy Hospital Movement” respectivamente.

⁴⁰ Siglas de policloruro de vinilo, el cual es un derivado plástico muy versátil ocupado desde la construcción hasta la industria del vestido.

⁴¹ En inglés “Healthcare Without Harm”.

⁴² En inglés “The Canadian Coalition for Green Healthcare”.

En suma, a lo largo de este trabajo, se han distinguido los componentes básicos del concepto de sostenibilidad, así como las diferencias entre las interpretaciones teóricas "Fuertes" y "Débiles". También se describieron los vínculos e impactos que causa un medio ambiente contaminado en la salud. Seguidamente, se evidenció las fallas en la infraestructura hospitalaria que ocasionan impactos ambientales. Así, se puede afirmar que existen indolencias respecto a los impactos ambientales causados por la provisión de servicios de salud. Adicionalmente, se pudo apreciar que la literatura que aborda estas nociones resulta escasa. Como se mencionó con anterioridad, los impactos negativos al medio ambiente generados por el sector de la sanidad ponen en riesgo la inversión en salud. Pareciese entonces que, esta apatía está relacionada con la falta de estructuras paradigmáticas en la sociedad, las cuales vinculen cada afectación en el medio ambiente con pérdidas en las inversiones sanitarias, el crecimiento y el desarrollo socioeconómico.

A continuación, la presente sección apunta a clarificar el concepto de hospital sustentable. Cabe señalar que los hospitales sustentables no sólo tienden a minimizar su huella ambiental y aumentar los efectos positivos en su entorno sino que, adicionalmente, contribuyen y se adecuan a los cambios sociales coyunturales. Para abordar el tema se cuenta con dos apartados, el primero clasifica los impactos ambientales de los hospitales, identificando su origen. Así, existen consumos energéticos, de agua y de otros insumos, los cuales, a su vez generan residuos sólidos y líquidos.

Acto seguido, el segundo apartado define la perspectiva de los hospitales sustentables, los cuales, tienden a minimizar su impacto ambiental así como aumentar los efectos positivos en su entorno. De tal manera que, se trata de una alternativa de provisión sanitaria no contaminante o "verde", que adicionalmente, se adapta y proporciona externalidades positivas a su medio ambiente. En este apartado, se describen ejemplos desarrollados en otros países

2.3.1. Una tipología de los efectos ambientales de los hospitales tradicionales

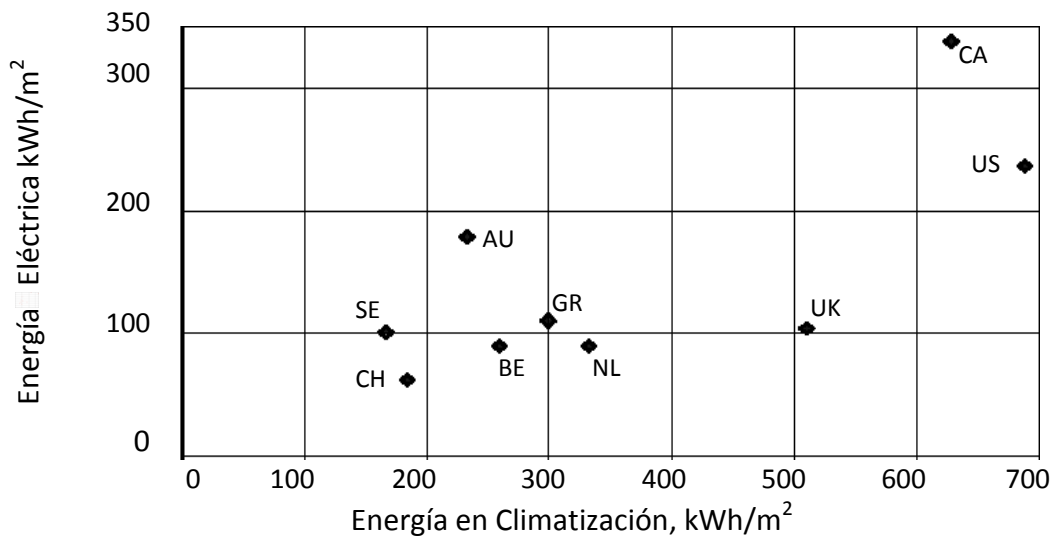
Para Weisz & Haas (2008), los hospitales se enfrentan a problemas urgentes, los cuales requieren poner en tela de juicio la sostenibilidad de los servicios que ofrecen. En principio, existe una concurrencia de opiniones, respecto a que los edificios sanitarios son grandes consumidores de energía (Túnica, 2009; Kaplan, 2011, Health Care Without Harm & Practice Greenhealth, 2011). A esta demanda de energía fósil, se debe sumar el consumo de recursos como el agua, materiales, alimentos, equipos y productos adicionales, los cuales son transformados en aguas residuales, emisiones a la atmósfera, residuos sólidos y residuos peligrosos. Consecuentemente, estos llegan a constituirse en un riesgo para el medio ambiente y un peligro para la salud de la población (Pelikan et al., 2012).

Los fenómenos meteorológicos extremos, el aumento de las enfermedades infecciosas, la disminución de los suministros de agua dulce y los problemas en la salud por la contaminación del aire, son los impactos proyectados por el cambio climático, originado por la enorme producción de residuos y dióxido de carbono (Health Care Without Harm & Practice Greenhealth, 2011). A través de su alta demanda de materiales y energía, los hospitales tienen un significativo impacto negativo sobre el medio ambiente, que causan efectos adversos sobre la salud con consecuencias económicas y sociales crecientes (Weisz et al., 2011).

En la gráfica 13, se representa la eficiencia energética en el consumo por superficie construida para los hospitales. El eje de las abscisas representa la energía utilizada para la climatización y el eje de las ordenadas la empleada en los contactos e iluminación. A medida que un dato graficado se aleja del origen, en mayor derroche incurren los hospitales de esa nación. Para evitar la correspondencia entre mejoras en la salud con mayor gasto energético, los datos son tomados de una selección de nueve países de la OCDE con baja variación de esperanza de vida al nacer, todos sobre el rango de 77.5 años.

Resalta el hecho de que el gasto total acumulado de kWh/m², es diferente hasta por factor de 5. En otras palabras, naciones como Suecia o Suiza utilizan menos del 30% de la energía que los Estados Unidos, obteniendo mayor esperanza de vida al nacer. Es evidente que, en la muestra, la calidad del servicio no está en función del uso de energía, sino que depende por el contrario de factores de eficiencia institucional.

Gráfica 13: Eficiencia en el consumo de energía en los hospitales.



Fuente: Realización propia con base en Pelikan et al. (2012, p. 12).

Notas: Australia (AU), Bélgica (BE), Canadá (CA), Suiza (CH), Grecia (GR), Holanda (NL), Suecia (SE), Reino Unido (UK), Estados Unidos (US).

Del mismo modo, la tabla 7 representa la tendencia de la demanda de materiales, en donde el consumo nacional de material (DMC) mide la cantidad anual total de materias primas extraídas del territorio nacional, las cuales son utilizadas directamente por la economía. El consumo energético se determinó mediante el Certificado de Energía Mostrado, DEC por sus siglas en inglés, el cual fue diseñado para promover la mejora de la eficiencia energética de los edificios, eliminando de esta manera las posibles asimetrías de información. La energía se mide en gigajoules (GJ) que es igual a mil millones de joules⁴³ (10⁹).

⁴³ En el Sistema Internacional de Unidades, es la unidad derivada de energía, trabajo o la cantidad de calor.

Tabla 7: Situación “metabólica” global: para el año 2000.

| | | | Consumo nacional de material (DMC) | Consumo de Acero | Consumo Energético (DEC) | Participación de la Biomasa respecto al DEC | Electricidad |
|-------------------------|----------------------|---|------------------------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------|
| | | | (Ton/per cápita) | (Kg/per cápita) | (GJ/per cápita) | % | (GJ/per cápita) |
| Industrializados | Alta Densidad | Europa, Japón, Corea del Sur | 15 | 440 | 190 | 20 | 22 |
| | Baja Densidad | Nuevo Mundo | 29 | 468 | 443 | 22 | 52 |
| | | Viejo Mundo | 14 | 197 | 192 | 20 | 20 |
| En Desarrollo | Alta Densidad | Sudeste Asiático incluyendo India, China, Centro América y algunos países Africanos | 6 | 61 | 49 | 53 | 3 |
| | Baja Densidad | Nuevo Mundo | 15 | 109 | 131 | 68 | 7 |
| | | Viejo Mundo | 6 | 42 | 76 | 49 | 4 |
| | Global | | | 10 | 137 | 102 | 36 |
| Referencia | China | | 7.5 | 108 | 55 | 42 | 4 |

Fuente: Haas & Weisz (2008, p. 13).

Usando esta información, Haas & Weisz (2008) plantean un escenario del consumo energético mundial para el año 2050. En este, los países industrializados reducen su consumo per cápita de energía del año 2000 en un 30%, de tal manera que las naciones con alta densidad consumirían 135 GJ / hab., las de baja densidad 310 GJ / hab. Los países en desarrollo, por su parte, alcanzan el mismo consumo de energía per cápita que los países industrializados, de acuerdo y en correspondencia a su grupo de densidad poblacional. Para ambos, se toma en cuenta el crecimiento de la población previsto por la

ONU. Los resultados indican que el consumo de energía aumentará 2.5 veces y los precios de energía aumentarán de manera impredecible. Tendrá implicaciones para el sector de la salud. En este escenario, los biocombustibles no son capaces de ofrecer una salida, por lo que se concluye que, tarde o temprano, se implementarán medidas normativas a nivel mundial, regional y nacional, las cuales serán aceleradas por las tensiones “Norte-Sur”.

Con el objeto de mostrar ejemplos de estos impactos, se puede referir al Servicio Nacional de Salud (NHS) de Inglaterra, cuya huella de carbono anual se estima en más de 18 megatoneladas de CO₂, lo cual significa el 25% de las emisiones totales del sector público y más del 22% del uso energético de los edificios (OMS & Health Care Without Harm, 2009; Weisz et al., 2011; Pelikan et al., 2012). Para el caso de Austria, los hospitales emiten 2.4 megatoneladas anuales de CO₂, lo que representa un 4.5 por ciento de sus emisiones nacionales de CO₂ (Weisz et al., 2011).

En América latina, para el caso de Brasil, los hospitales representan el 10.6% del consumo total de energía comercial del país. En los EE.UU., los edificios de la salud son los segundos edificios comerciales con mayor uso intensivo de energía, aproximadamente el doble por metro cuadrado respecto de un espacio convencional de oficina. Este gasto representa, para esta nación, alrededor de 8.5 mil millones de USD en energía (Health Care Without Harm & Practice Greenhealth, 2011). Para el caso de México, el Sistema de Información Energética, el cual depende de la Secretaría de Energía, no cuenta con datos disponibles en su Balance Nacional de Energía 2010, respecto al consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público.

Los hospitales de la UE-27 generan en promedio 3.68 kg de residuos por cama por día, lo cual constituye anualmente 3.9 millones de toneladas, de las cuales, 227,000 toneladas son de residuos peligrosos. Cabe señalar que estos son un peligro específico para la salud. Entre ellos, se encuentran los desechos farmacéuticos, agentes patógenos, bacterias resistentes a los antibióticos, la contaminación por mercurio entre otros (Pelikan et al., 2012). A continuación, se expondrá la definición de los hospitales sustentables, así como algunas muestras de hospitales verdes alrededor del mundo.

2.2.3 Definición y experiencias de hospitales sustentables.

Como ya se mencionó en la sección anterior, los hospitales juegan el papel central en el sistema de servicios de salud (Weisz & Haas, 2008; Weisz et al., 2010; Weisz et al., 2011). Por tanto, son fundamentales para el desarrollo sustentable de la sociedad en su conjunto. Actualmente, existen estándares internacionales de procedimientos aplicables a la erosión del suelo (directrices NBC⁴⁴), a la energía (ASHRAE 90.1 - 2004⁴⁵ / ECBC⁴⁶), para la calidad del aire en el interior (ASHRAE 62.1 a 2004⁴⁷) y para vigilar el desempeño de las inversiones en eficiencia energética y del agua (IPMVP⁴⁸) (Raghupathy, 2010). Lin et al. (2008) documentaron los efectos de la reducción de residuos, energía y agua en el Hospital General budista de Dalin Tzu-Chi en Taiwan, donde se redujo la producción de residuos en un 8.26%, energía 16.5% y agua en un 0.9%. Según sea el caso, la eficiencia puede variar y las posibilidades de aumentar la eficiencia son mayores en edificios nuevos. Según lo expuesto por Raghupathy (2010), los edificios verdes tienen beneficios tangibles de ahorro energético de entre el 40 y el 50% así como de agua, entre 20 y el 30%.

Se cree que existe un sustancial incremento de la inversión inicial de estas construcciones, dado que las mejoras eco-tecnológicas pueden acarrear costos adicionales, haciéndolas financieramente inviables para muchos. En este contexto, la tabla 8 enseña la experiencia

⁴⁴ Siglas de “National Building Code” que corresponde a los códigos de construcción utilizados en la India para prevenir la erosión. Contemplan planificar el periodo de construcción, el establecimiento de controles, la colecta de sedimentos, y la construcción de drenaje adecuados.

⁴⁵ Norma de la Sociedad de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado de los EE. UU. (ASHRAE) que establece los requisitos mínimos para el diseño de edificaciones energéticamente eficientes. Se aplica a los edificios y su envolvente así como a la iluminación y la mayoría de los sistemas mecánicos.

⁴⁶ Siglas en inglés que corresponden a “Energy Conservation Building Codes”, sistema implementado en India que se traduce como Códigos en Edificaciones para la Conservación de la Energía.

⁴⁷ Norma de la ASHRAE para determinar la ventilación requerida para una aceptable calidad del aire en el interior.

⁴⁸ Siglas del “International Performance Measurement and Verification Protocol” que se traduce como “Medición Internacional del Rendimiento y Protocolo de Verificación” el cual define términos y mejores prácticas para cuantificar los resultados de las inversiones en eficiencia energética y del agua.

de la India en construcciones certificadas LEED⁴⁹, la cual muestra que del 2003 al 2007, tanto el porcentaje que representa el incremento en el costo de construcción, como el periodo de recuperación de estas inversiones iniciales, han ido disminuyendo a través del tiempo. Lo anterior se puede deber a varios fenómenos. El primero pudiera ser el aumento de empresas de productos eco-tecnológicos como las energías alternativas. Otro sería el progreso técnico que favorece el cambio hacia equipos de consumo energético más eficiente y por último el aumento del costo de los energéticos lo cual induce hacia periodos de recuperación más cortos.

Tabla 8: Costo de Edificios Verdes - Experiencias de la India.

| Edificación | Año en que se otorgó | Superficie Integrada (m ²) | Clasificación alcanzada (LEED) | % de incremento en el costo | Recuperación de la inversión |
|---|----------------------|--|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <i>CII-Gogrej GBC, Hyderabad</i> | 2003 | 1,858.06 | Platino | 18% | 7 años |
| <i>ITC Green Centre, Gurgaon</i> | 2004 | 15,793.52 | Platino | 15% | 6 años |
| <i>Wipro, Gurgaon</i> | 2005 | 16,258.03 | Platino | 8% | 5 años |
| <i>Technopolis, Kolkata</i> | 2006 | 6,689.02 | Gold | 6% | 3 años |
| <i>Spectral Services Consultants Office, Noida</i> | 2007 | 1,393.55 | Platino | 8% | 4 años |
| <i>HITAM, Hyderabad</i> | 2007 | 7,246.44 | Plata | 2% | 3 años |

Fuente: Raghupathy (2010, p. 28).

A propósito de la diferencia entre “verde” y “sustentable”, la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (2010) trata como equivalentes los términos “construcción

⁴⁹ Acrónimo de “Leadership in Energy & Environmental Design”, que se traduce Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental.

verde”, “sustentable” o “construcción de alto rendimiento”. Estos son definidos como aquellas estructuras, ambientalmente responsables, en cuyo ciclo de vida, se eficiente el uso de los recursos, contemplando en su diseño: la economía, utilidad, durabilidad y el confort. Sin embargo, las certificaciones “verdes”, al evaluar individualmente indicadores de esfuerzos en pro del ambiente, pierden objetividad respecto del impacto real de la huella ecológica.

A manera de ejemplo, un producto puede considerarse “verde” ya sea por reducir el impacto ambiental de su producción, aumentar su eficiencia, postergar su remplazo dada su durabilidad o por incluir cierta cantidad de material reciclado. Indudablemente esto es deseable pero, a menudo, llega a ser insuficiente e incluso insostenible. Dicho de otro modo, podríamos precisar que “verde”, a pesar de constituirse como una herramienta necesaria, no es siempre “sustentable”. Esto puede deberse a que, como se expuso en el primer capítulo, la sostenibilidad es un concepto trans-generacional y multidisciplinario, el cual rebasa la esfera ambiental. De esta manera, los productos y actividades sustentables, son sujetos a estándares más elevados de desempeño, haciendo ver a lo “verde” comparativamente sencillo.

Por lo que sigue, para Weisz & Haas (2008), el valor añadido de la planificación sustentable puede significar ahorros potenciales muy superiores a las estrategias de ahorro tradicionales ya que en principio la sostenibilidad ofrece un marco “multi-factorial” en materia económica. Integra, entonces, la gestión de la calidad, la gestión ambiental y gestión de recursos humanos con las herramientas económicas. Esto sustituye por una optimización “multi-criterio” a la visión aislada de maximización de beneficios o de lograr ahorros a cualquier costo. De esta manera, en un mercado de la salud cada vez más competitivo, el minimizar el consumo de agua, materiales y energía reducirá la dependencia de los hospitales al aumento de los precios, mejorando adicionalmente su imagen hacia la sociedad y el gobierno, constituyendo una ventaja competitiva sostenible (Pelikan & Schmied, 2008; Weisz & Haas, 2008).

La tabla 9 muestra, para el caso de la India, evidencia de los ahorros energéticos anuales de los hospitales verdes. En ella, se observa el caso de tres hospitales con superficies construidas diferentes. Las columnas siguientes indican: cuánto hubiera consumido un edificio diseñado de manera convencional y cuánto consume actualmente, dadas las mejoras tecnológicas y de diseño. En la última columna, se muestra los ahorros económicos anuales proyectados para cada hospital.

Tabla 9: Ahorros energéticos anuales de hospitales verdes.

| Edificación | m² | Edificio Normal (kWh) | Edificio Actual (kWh) | Ahorros Energéticos anuales (En MXN) |
|----------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| Wipro, Gurgaon | 16,258.03 | 4,800,000 | 3,100,000 | 2,818,403.62 |
| ITC Green Centre, Gurgaon | 15,793.52 | 3,500,000 | 2,000,000 | 2,486,826.73 |
| CII-Gogrej GBC, Hyderabad | 1,858.06 | 350,000 | 130,000 | 248,682.67 |

Fuente: Raghupathy (2010, p. 29).

Notas: El monto en pesos mexicanos (MXN) se convirtió a moneda Nacional con base al tipo de cambio promedio del mes de Marzo del 2010, de 3.61907 Rupias hindús (INR) por cada peso mexicano (MXN), correspondiente al mes y año de la publicación.

Asimismo, a esto hay que sumar las externalidades positivas, las cuales son provocadas por la disminución de residuos y la demanda de energía y agua. Finalmente, al fomentar el ahorro de recursos, se reduce la producción de dióxido de carbono, contribuyendo de esta forma a frenar los efectos del calentamiento global, favoreciendo un medio ambiente más saludable (Lin et al., 2008).

Otras externalidades positivas son las que provee un diseño arquitectónico bioclimático, el cual logra un ambiente que alcanza el confort interior sin medios de climatización artificiales. Se ha documentado que estas medidas aumentan la productividad de los ocupantes entre un 12 y el 15%. De la misma manera, existen beneficios directos a la salud ya que, en primer lugar, se ha comprobado que la iluminación natural y las vistas paisajísticas, que proveen estos diseños, tienen beneficios curativos para los pacientes,

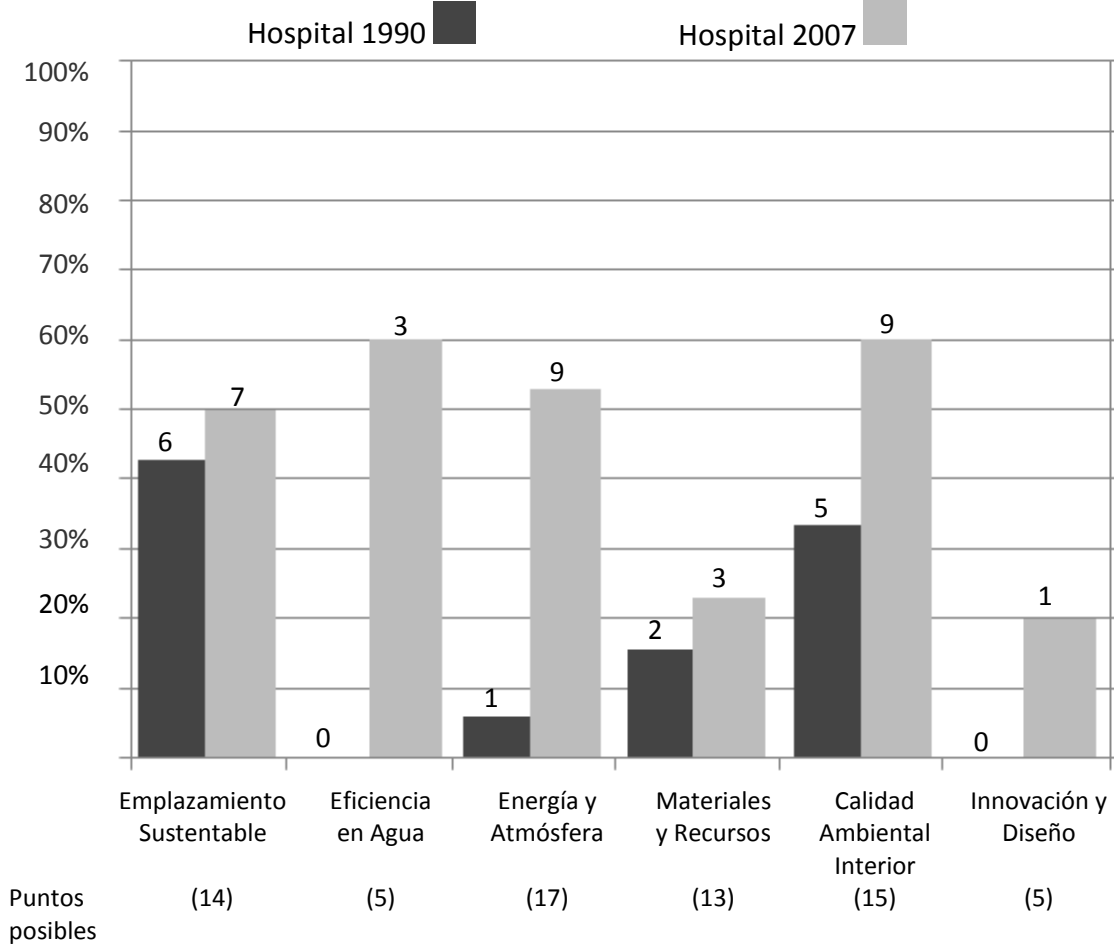
medido en la reducción del tiempo de recuperación. En definitiva, la ventilación natural mejora la calidad del aire interior, reduciendo la toxicidad y suprimiendo el síndrome del edificio enfermo (Raghupathy, 2010).

Azqueta (2007) sostiene que existe la necesidad de descubrir el valor económico del medio ambiente, balanceando las ventajas e inconvenientes de cualquier actividad económica. Para Raghupathy (2010), el costo inicial del edificio es relativo y depende de las características consideradas en el diseño. En este escenario, se debe tomar las decisiones sobre el ciclo de vida de la obra, en vez de tomar sólo el costo inicial ya que los ahorros operativos pueden llegar a compensar el costo inicial.

Las certificaciones “verdes” pueden ofrecer una solución para identificar las alternativas que ofrezcan mayor eficiencia. De manera que, se pueden llegar a eliminar las fallas de mercado, ocasionadas por asimetrías de información. Evidencia de lo anterior, puede ser el Hospital “Providence Newberg Medical Center”, de Oregón, EE.UU., el cual, fue el primer hospital en el mundo con certificación LEED “Oro”. Los beneficios obtenidos fueron un ahorro del 26% de la energía, 50% de reducción en el consumo de agua para jardinería así como mejor calidad de aire en el interior. De modo similar, el hospital Kohinoor de Mumbai fue el primer hospital verde con certificación LEED “Platino” en la India. Este reportó un ahorro del 35% de energía, parte de la cual provenía de generadores eólicos (Raghupathy, 2010).

La gráfica 14, expone el estudio de la certificación de dos hospitales similares, construidos en dos periodos diferentes, el primero en el año de 1990 y el segundo en 2007. Ambos se referencian a la puntuación máxima obtenible por la certificación LEED. En ella, se observa que los Hospitales han progresado en el cumplimiento de los puntos evaluables. Probablemente el desarrollo de equipos más eficientes, así como el establecimiento de normas cada vez más exigentes, ha servido de aliciente para que los hospitales hoy obtengan mejores resultados.

Gráfica 14: Evolución del cumplimiento de la certificación LEED.



Fuente: Elaboración propia con datos de Túnica (2009, p. 18).

Quien promueve las certificaciones LEED es la sociedad mercantil denominada el US Green Building Council⁵⁰, cubriendo la "negligencia regulatoria" del Estado al dejar un vacío de normas para la construcción verde (Environment & Human Health, 2010). Una de las principales críticas al sistema de certificación es que las categorías "platino", "oro" y "plata", transmiten información incompleta. Es decir, que no se puede deducir a que grado son seguras para la salud las construcciones. Por tanto, un edificio puede ser certificado "platino", aun teniendo peligrosos agentes químicos emanando de sus acabados interiores. La propuesta de Environment & Human Health (2010) es la división, en una escala clara y fácil de entender, la cual muestre el desempeño de un proyecto en cada categoría y sirva de incentivo a los promotores para mejorar en todas las categorías.

⁵⁰ Se traduce: Consejo de Estados Unidos para la construcción Verde. USGBC por sus siglas en inglés.

Entonces resulta que, se han abordado los conceptos básicos y fundamentales de la economía de la salud, definiendo e integrándolos a la visión económica. Podemos señalar que la inversión en salud fortalece el capital humano, repercutiendo en el crecimiento económico y el desarrollo. Asimismo, hemos definido y delimitado el sector salud de México, ubicando y señalando el complejo papel que cumplen los hospitales. Se pudo observar que se ha privilegiado en la literatura económica, tanto teórica como en estudios empíricos, los efectos que tiene un medio ambiente contaminado sobre la salud. Seguidamente, la segunda sección planteó la nueva problemática del impacto que genera el Sector de la Salud, para el caso específico de los hospitales, sobre el medio ambiente. Finalmente, se expuso el enfoque del “hospital sustentable”, los cuales, no sólo son “verdes” al minimizar su huella ambiental, sino que aumentan los efectos positivos en su entorno y se adaptan a los cambios sociales coyunturales.

Con todo, qué está fallando en el sistema de salud para producir servicios médicos que impactan negativamente hacia el medio ambiente. Algunas respuestas se pudieran encontrar en cómo se articula el sector salud público. Stiglitz (2000) explica que existen diferencias organizativas, como la falta de estímulos, lo cual provoca que las empresas públicas no actúen motivadas para maximizar su productividad sino que actúan motivadas por objetivos políticos. Adicionalmente, las empresas públicas cuentan con restricciones presupuestarias blandas. En otros términos, se encuentran subsidiadas con los ingresos del Estado para no quebrar, lo cual fomenta que no se preocupen de sus pérdidas.

Además, el sector público de salud puede contar con problemas del agente, es decir, funcionarios públicos con altos niveles de discrecionalidad, los cuales actúan en aras de sus propios intereses, contraviniendo el de los contribuyentes. Esto resulta particularmente grave en grandes organizaciones (Stiglitz, 2000). Los problemas del agente, para este caso en particular, pudieran darse si estos reaccionan ante incentivos de constructoras o proveedores de tecnologías ineficientes, lo cual tenga consecuencias perversas hacia el medio ambiente.

Sin embargo, esto también pudiera ser ocasionado por burócratas adversos al riesgo, los cuales opten por soluciones convencionales obsoletas, en lugar de informarse sobre los beneficios potenciales de las nuevas tecnologías. De existir, cómo se pudieran solucionar estos problemas. Para Stiglitz (2000) las diferencias entre empresas públicas y privadas están relacionadas con los incentivos y las restricciones tanto individuales como organizativas, siendo las estructuras de incentivos el método más eficaz para reducir los problemas de agencia.

La causa también podría estar en los desafíos propios de los gestores sanitarios para proveer atención médica. Los riesgos producidos por las asimetrías de información son comunes en los mercados de salud. Estos generalmente se refieren a las situaciones en donde un especialista tiene gran autonomía en las terapias que recomienda (Lee, 2009). En este caso, las asimetrías son generadas por arquitectos e ingenieros que proponen soluciones constructivas convencionales para los hospitales. Los tomadores de decisión, al contar con información imperfecta, tanto de las alternativas posibles que generen ahorros directos en materiales y energía, como de los impactos indirectos en el medio ambiente de inadecuadas provisiones de salud, caen en selección adversa.

Las tendencias de la administración pública fomentan que las decisiones se tomen maximizando el beneficio social. En este sentido, los métodos de evaluación ambiental proveen un marco comparativo, entre las diversas posibilidades para asignar recursos, los cuales tengan por objeto, proveer salud sin afectar al medio ambiente. También, es comprobable a través de mediciones que reflejen más objetivamente el impacto de su huella ecológica. De este modo, se deben identificar los métodos y elegir entre ellos, el más adecuado para evaluar un hospital sustentable. Esto será el objeto del tercer capítulo, en donde se realizará una evaluación económica de un hospital sustentable.

Capítulo 3. PROPUESTA DE UNA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UN PROYECTO DE “HOSPITAL SUSTENTABLE” PARA QUINTANA ROO.

Para el presente capítulo, se pretende realizar un estudio económico que evalúe las alternativas para satisfacer necesidades humanas, en este caso la salud, a desarrollarse en un medio ambiente determinado, específicamente Tulum Quintana Roo. Aún cuando es conocido que la naturaleza provee recursos y presta servicios los cuales pueden o no ser afectados, es necesario establecer parámetros para la toma de decisión, como se señaló en el capítulo 1. La intención, es tener la idea del valor de los ecosistemas y así poder integrarlo en el proceso y evitar su degradación o pérdida total. El primer enfoque en el que nos centraremos parte de una perspectiva antropocéntrica, en donde el objetivo es maximizar los beneficios hacia el Ser Humano. En este orden de ideas, la contaminación y las afectaciones a los ecosistemas causan una pérdida cuantificable, cuya unidad referente será la monetaria. Esto sin duda suscita debate, Stiglitz et al. (2009) afirman que las investigaciones actuales limitan los indicadores monetarios únicamente a los aspectos económicos de la sustentabilidad.

Ante todo, lo anterior nos obliga a exponer brevemente sobre lo que los Seres Humanos consideramos valorable. Cabe señalar que “precio” no es lo mismo que “valor”, desde la antigua Grecia, los pensadores, entre ellos Aristóteles (384-322 a.C.), distinguían entre *valor de uso* y *valor de cambio*. El primero envuelve la satisfacción o placer que la posesión

de una mercancía da a una persona. El segundo hace referencia a la cantidad de otras mercancías que se pueden obtener a cambio del bien o servicio evaluado (Cachanosky, 1994). Es decir que podemos diferenciar entre el concepto de “valor” sobre el cual profundizaremos, y el precio, que comprendería el valor de cambio.

Tiempo después en la antigua Roma, Lucio Anneo Séneca (4 a.C.-65 d.C.) tenía en cuenta tres elementos para la constitución de valor: la utilidad efectiva, el uso y el curso del mercado (Escartín, 2008). Llamam la atención los dos primeros, en donde se realiza la distinción ya Séneca ha observado lo que actualmente se denomina la “paradoja del valor”⁵¹. Declaraba que la naturaleza proveía, sin límites aparentes, bienes de fácil acceso, haciendo difícil de obtener los más superfluos. En el “uso” equilibró su concepción a lo que hoy conocemos como la demanda o la utilidad marginal, en todo caso una función decreciente del valor. De esta forma, se explicaba como el agua o los alimentos resultan más asequibles que el oro o las perlas.

Ya en la edad media, San Agustín (345-430) distinguía los objetos de intercambio entre los *insensibles* y los *sensibles* (Cachanosky, 1994). La paradoja del valor adquirió mayor análisis ético, ya que los objetos sensibles los constituían los seres vivos, animales o personas. En este sentido, San Agustín muestra que la valoración se da subjetivamente en función del uso individual, el cual, ya sea por desconocimiento o egoísmo, no toma en cuenta el lugar que ocupan los seres vivos en el “esquema de la naturaleza”. Tiempo después, Santo Tomás de Aquino (1225-1274) reforzó el concepto de “valor subjetivo”, en donde la valoración no se da según la “dignidad de su naturaleza” sino exclusivamente en correspondencia a las necesidades de uso humanas.

A continuación los escolásticos se centraron sobre la determinación del “precio justo” del valor de cambio. En suma, se acercaron mucho a los conceptos de marginalidad y del mismo modo sentaron las bases de las teorías modernas de valor y precio (Cachanosky,

⁵¹ Séneca ha observado que el agua, a pesar de ser muy necesaria para la vida y ser de gran utilidad, vale muy poco o nada; sin embargo, los diamantes que no son necesarios para la vida, ni de gran utilidad, valen mucho. Ejemplos similares se repitieron a lo largo de la historia.

1994). Posteriormente al final del período *mercantilista*, Richard Cantillon (1680-1734) deliberó sobre una doble composición del precio o valor de cambio, constituido por el “valor intrínseco” o costo de producción, tierra y trabajo, y la necesidad de los compradores del mercado. En este orden de ideas, John Locke (1632-1704) define que esta necesidad o utilidad puede estar influenciada por la fantasía y la moda, sin duda herramientas actuales de la mercadotecnia.

La escuela clásica separa definitivamente a la ciencia económica de la moral y la política. En ella, la teoría del valor se reduce al “valor de cambio” o precio y el análisis se basa en el costo de producción. Así, James Maitland, octavo Conde de Lauderdale (1759-1839), afirmó que no existe ninguna mercancía que posea valor intrínseco o fijo como para ser medida de valor de las otras para conferir valor. Análogamente, Karl Mark (1818-1883) afirma que ningún objeto puede ser un valor sin ser a la vez útil, enfocándose posteriormente a la valoración de intercambio.

Enseguida, Jules Dupuit (1804-1866)⁵², considerado por algunos el precursor del marginalismo, realiza un análisis a los bienes de uso común. En él, distingue a la utilidad absoluta y la utilidad relativa. La primera es el precio que el consumidor está dispuesto a pagar por una unidad de un bien, siendo este monto subjetivo. La segunda la compone la diferencia entre la utilidad absoluta y el precio de compra, finalmente queda constituida la idea del excedente del consumidor. En consecuencia, Alfred Marshall (1842-1924) desarrolló este concepto, concertando las teorías ricardianas con las del marginalismo formando las bases de la escuela neoclásica.

El objetivo del presente capítulo es el concretar el análisis y la evaluación económica de un hospital sustentable. Se pretende obtener parámetros de la pertinencia de la asignación de recursos de esta alternativa como política pública. Para alcanzar lo anterior se divide en tres secciones, siendo en la primera donde se expondrán los métodos de evaluación en economía ambiental. Asimismo, se comenzará definiendo las acepciones de valor que se

⁵² No siendo economista, sino ingeniero de formación.

manejan actualmente. Una vez precisado, se procederá a analizar los métodos de evaluación de la demanda de la calidad ambiental, los cuales se dividirán con base a preferencias reveladas o declaradas respecto de los efectos o la manera en la que repercuten en la utilidad o en la producción. La descripción de los métodos de análisis costo beneficio y físicos de huellas ambientales completan la sección.

A continuación, en la segunda sección se presentará el proyecto de hospital sustentable, describiendo las características de diseño y funcionalidad que lo diferencian de un hospital convencional. Están van desde las que significan ahorros en la operación, aumentos de la productividad y la salud, hasta las reducciones de impactos ambientales locales y globales como la contaminación atmosférica, los gases de efecto invernadero, los residuos sólidos y líquidos.

En la tercera y última sección, se aplicarán métodos de evaluación económica, tanto el que estima el valor monetario de los costos y beneficios ambientales, como la cuantificación de la huella ambiental que representa la provisión sanitaria. La fortaleza de los métodos combinados radica en ayudar a descubrir dos visiones diferenciadas. Por un lado, se encuentra el enfoque que devela el tamaño de la afectación a la naturaleza que generará dicha provisión. Por otro, considerando el costo de oportunidad de la afectación a los ecosistemas, se obtiene la medida en que la provisión de un servicio, con impactos en el medio ambiente, repercute en el bienestar de la sociedad. Ambas se constituyen como herramientas complementarias en la toma de decisiones.

En suma, se pretende verificar si es posible conciliar las políticas públicas de inversión en infraestructura hospitalaria con la sostenibilidad. La conclusión establecerá si la evaluación ayuda a atenuar la información imperfecta de los tomadores de decisión.

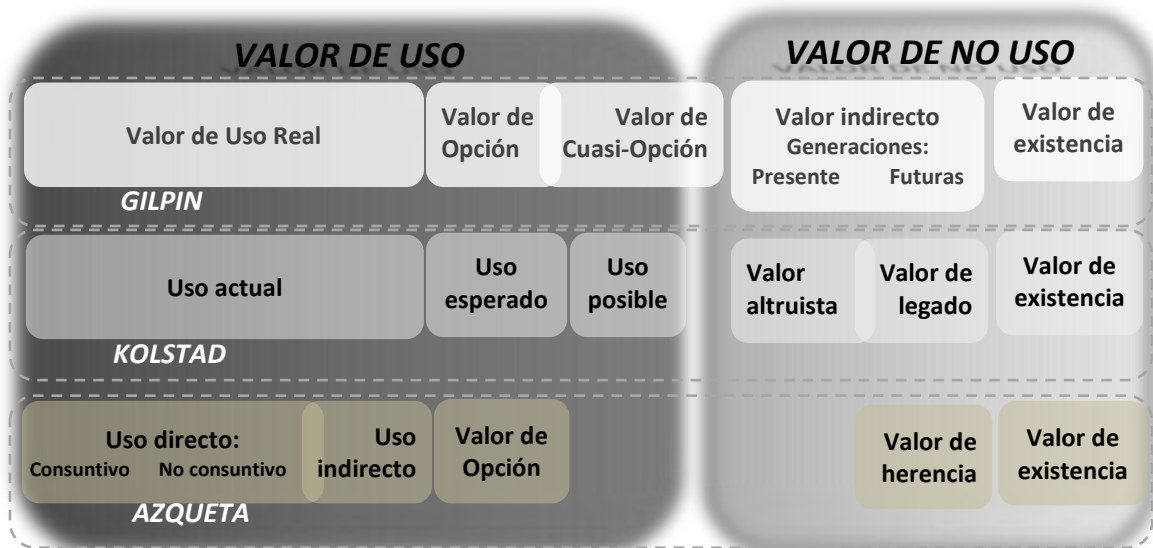
3.1. Métodos de evaluación económica del medio ambiente.

La valoración del medio ambiente puede abordarse desde dos perspectivas filosóficas diferenciadas. Por un lado, el biocentrismo considera que la naturaleza cuenta con valor instrumental y valor intrínseco. En otras palabras, la suma de lo que representa bienestar al Ser Humano y un valor independiente de la apreciación de este, más ligado a la propia existencia natural. Por otro lado, el antropocentrismo sólo considera el valor instrumental del medio ambiente. La sostenibilidad se encuentra en un difuso punto medio, dado que se debe satisfacer las necesidades presentes, instrumentales, sin comprometer la capacidad de satisfacción las necesidades futuras, contemplando el buen funcionamiento de los ecosistemas a través del tiempo, valor intrínseco de sus elementos.

Si bien hay muchos tipos y concepciones de valor, el que trataremos a continuación es el Valor Económico Total (VET) el cual es la suma de los valores de uso directo o indirecto, de uso futuro y de no uso. Gilpin (2010) sostiene que, el valor económico del medio ambiente se mide mediante la suma del valor de uso real, valor de opción y valor de existencia. Dicho de otro modo, el VET comprendería las acepciones de valor de *Uso* y de *No Uso*. Las acepciones de valor, clasificadas en la gráfica 15, resultan de utilidad para construir un marco conceptual de la temática en la cual profundizaremos. Los bienes ambientales constituyen uno de los principales desafíos para la valoración, dada la ausencia de mercados y costos de provisión (Field & Field, 2009). El valor de uso se refiere a la visión convencional asociada al consumo de un bien. Ejemplo de lo anterior, serían las actividades productivas o recreativas cuyo desempeño depende directamente de un ecosistema, como es el caso del turismo o la industria farmacéutica. Kolstad (2010) lo

divide en uso actual, uso esperado o uso posible. Particularmente, Gilpin (2010) lo considera como “valor de opción” que es la voluntad de pagar determinada suma hoy para el uso futuro de un bien o la preservación de un activo natural. En esto, establece un punto intermedio entre el uso al definir el “valor de cuasi-opción” que es la voluntad de preservar con el fin de mantener opciones para su uso futuro. En otras palabras, se supone que se tienen expectativas de incremento en los conocimientos acerca del funcionamiento del entorno natural, por lo que uso futuro se realizará más eficientemente. Se sigue considerando uso ya que no se renuncia a la posibilidad de aprovecharlo. En cuanto a los impactos del medio ambiente hacia el Ser Humano que afectan el valor percibido se encuentran los infringidos a su bienestar, no relacionados a una situación de mortalidad o morbilidad, como olores, ruido o impactos visuales.

Gráfica 15: Acepciones de valor que constituyen el VET.



Fuente: Elaboración propia a partir de Kolstad (2010), Gilpin (2010) y Azqueta (2007).

A continuación, de acuerdo a Kolstad (2010), el valor de “no uso” lo constituyen el valor altruista y el valor de legado y el de existencia. Los dos primeros Gilpin (2010) los engloba como “valor indirecto”, que se conceptualiza como la disposición de pagar para preservar el ambiente en beneficio de otros. En este sentido, cuando es altruista se trata de la presente generación, cuando es de legado se habla de las generaciones futuras.

Finalmente, el valor de “existencia” sería el valor intrínseco de los ecosistemas siendo completamente independiente del uso. Otra Interpretación sería que lo compone la satisfacción de saber que algo se preserva. De cualquier modo, el valor de “no uso” será en complemento a cualquier uso actual o potencial. Para ilustrar lo anterior, sobra decir que bienes y servicios no cotizados en el mercado, como es el caso de muchos tipos de recursos naturales, el ambiente y la vida animal, cuentan con valor existencial, de uso y de legado (Gilpin, 2010).

Para Gilpin (2010), los intentos por valorar en términos físicos o monetarios han generado una amplia variedad de técnicas y enfoques al problema de adjudicación de valores a los recursos ambientales. De este modo, se pueden clasificar por los efectos sobre la utilidad o la producción, ya sean impactos directos a terceros, o indirectos por daños al ambiente. Para la medición de la demanda de bienes y servicios ambientales, se clasificarán los enfoques entre los que revelan las preferencias (indirectos), los que se basan en entrevistas donde se declaran las mismas (directos) y los híbridos (Field & Field 2009). La fortaleza de los métodos de valoración de la demanda de calidad en los ecosistemas, reside en revelar la disposición a pagar de los consumidores por su preservación.

Cuando no se aprovecha o afecta directamente la pérdida de un ecosistema, se determina el valor percibido de su existencia, es decir, su preservación para concederlo o legarlo, de manera altruista, a las futuras generaciones (Field & Field 2009). Sin duda, asignar valor monetario al medio ambiente natural es difícil. Para lograrlo, se deben reunir conjuntos separados de indicadores físicos que brinden información respecto de su estado (Stiglitz et al., 2009). Aun así, Daly & Farley (2011) afirman que los métodos, para situar valores monetarios de los bienes y servicios no comercializados y prestados por los ecosistemas, resultan apropiados para valorar sólo un pequeño subconjunto de estos. Para Azqueta (2007), el contexto interdisciplinario del análisis del medio ambiente impugna irremediablemente cualquier resultado que pretenda ser excluyente.

3.1.1. Métodos de valoración de la demanda ambiental.

Dada la ausencia de mercados en bienes ambientales, los métodos indirectos se fundan en el principio de las preferencias reveladas. Es decir, en las elecciones que se dan en los mercados actuales, donde se mezclan bienes de mercado y bienes ambientales. La meta es inferir la curva de demanda para los bienes ambientales, los cuales afectan las decisiones de mercado (Kolstad, 2010).

Dentro de este grupo, se encuentra el “método de precio de mercado” que se utiliza cuando el principal recurso afectado es comercializado. Se basa en medir los cambios de valor en la cantidad o calidad de un bien o servicio u observando los precios que se pagan por otros bienes relacionados puestos a la venta, estimando el excedente del consumidor y el excedente del productor (Daly & Farley, 2011). La ventaja del método es que emplea técnicas económicas ampliamente aceptadas. Adicionalmente, los datos de precio, cantidad y costos son relativamente de fácil obtención para los mercados establecidos. No obstante, el método se encuentra limitado a los bienes y servicios ambientales cuyos usos productivos estén vinculados a los mercados, los cuales más aún son imperfectos y sufren de efectos y variaciones estacionales (King & Mazzotta, 2000).

Otra técnica alterna al mercado es la del “método de productividad”, donde se estiman los valores económicos de los productos o servicios de los ecosistemas que contribuyen a la creación de bienes comercializables (Daly & Farley, 2011). Este método, a pesar de contar con una metodología relativamente sencilla y de bajo costo, indistintamente se limita a la valoración de los recursos que pueden ser utilizados como insumos de bienes mercantilizados. La debilidad radica en que las relaciones ecológicas en un ecosistema son complejas y, dado que no todos los servicios están relacionados con la producción, consecuentemente la apreciación inferida al ecosistema puede subestimar el valor real para la sociedad (King & Mazzotta, 2000).

Un enfoque de mercado diferente es el método de fijación de “precios hedónicos”, el cual estima los valores que asignan los compradores a los atributos ambientales. Originalmente se ha enfocado al mercado inmobiliario, donde, los compradores ante viviendas de similares características, añaden o restan valor en función de las condiciones ambientales. De tal manera que, la diferencia pagada por un entorno mejor se denomina “precio hedonista” (Gilpin, 2010). En otras palabras, la aproximación hedónica se utiliza para determinar que tanto el precio de un bien convencional varía con relación a la cantidad o cantidad de un bien ambiental directamente relacionado (Kolstad, 2010).

En la teoría de los precios hedónicos se dispone de un consumidor típico con una función de utilidad (U) y un ingreso (y). La modificación a la forma tradicional de maximización se da en cuanto a un paso intermedio, en el que el consumidor debe ahora elegir el máximo de cuánto está dispuesto a pagar (θ) por la combinación deseada (\hat{U}), entre bienes tanto ordinarios (X) tal que es numerario al ser $x=1$, y el bien ambiental (z). Seguidamente, se iguala la disposición a pagar con ofertas de proveedores, con el fin de maximizar su utilidad. Los productores en este mercado ofertan a un precio (ϕ) cuyos insumos de producción cuestan (r), de tal forma que los costos están dados por $c(r,z)$ entonces resulta que su utilidad está determinada por:

$$\pi = \phi - c(r,z) \tag{2}$$

El equilibrio en un mercado hedónico se da cuando la pendiente de la función de oferta de un productor es igual a la pendiente de la función de la disposición a pagar de un consumidor (Kolstad, 2010).

El método es versátil y puede ser adaptable, además de que los mercados inmobiliarios son relativamente eficientes en responder a la información (King & Mazzotta, 2000). No obstante, el método se limita a temas relacionados con los precios de la vivienda, capturando sólo las diferencias percibidas, las cuales pueden ser superficiales al no contar los consumidores con información perfecta. Adicionalmente, la calidad ambiental no es el único atributo externo que afecta los precios de las viviendas. La accesibilidad a escuelas,

centros recreativos, de entretenimiento, ubicación distinguida, vecinos agradables, impuestos, tasas de interés y la percepción de seguridad u orden son otros factores de influencia.

El enfoque de la “variación del jornal para trabajo igual”, similar al método de cotización hedonista, complementa esta inconsistencia. Parte de la visión de que las variaciones del costo de jornal son una compensación, ya sea por las carencias de servicios o la mayor distancia a estos o por condiciones laborales más peligrosas. Así, el valor marginal de un servicio para un habitante es el resultado de la suma de las derivadas parciales de la función de “variación del jornal para trabajo igual” y la función de “precios hedónicos” inmobiliarios (Gilpin, 2010). De cualquier modo, el método requiere manipular grandes cantidades de datos, lo cual provoca por un lado que la implementación e interpretación sean comparativamente complejas y que, por otro lado, su disponibilidad y accesibilidad determinen el tiempo y los gastos en los que se incurrirá. Finalmente, los resultados dependerán en gran medida de las especificaciones del modelo (King & Mazzotta, 2000).

Otro método es el de la disposición a pagar (WTP)⁵³, si bien la dificultad principal radica en que los bienes ambientales no tienen precio de mercado, de ahí que se conciba la noción de la existencia de una “demanda restringida”. La finalidad es deducir la Voluntad a Pagar del Mercado (MWTP) por el bien ambiental, como función de la cantidad del mismo y los precios de un bien de mercado. Para lograr esto, se establece un bien de mercado (x) con un precio de mercado (p_x) y un bien ambiental (q) cuya calidad o cantidad puede afectar la demanda del bien x , lo que revelaría la voluntad de pagar (Kolstad, 2010):

$$x = h(p_x, q) \tag{3}$$

La inclusión de los valores de no uso en el monto de las indemnizaciones por daño ambiental ha generado debate en cuanto a qué método más adecuado para construir las curvas de demanda para los bienes o servicios ambientales. La Disposición a Aceptar

⁵³ Sus siglas en inglés WTP por “*Willing To Pay*”, en español se utiliza DAP.

(WTA)⁵⁴ es el concepto introducido. La WTA se concibe como la cantidad mínima que un individuo está dispuesto a aceptar, a manera de vendedor, ya sea por abandonar un bien o servicio o para soportar algo indeseable o negativo. El término se contrasta con la WTP que es la cantidad máxima que un individuo está dispuesto a sacrificar para adquirir un bien o evitar algo indeseable. El debate se genera debido a que los estudios muestran que la compensación por renunciar a la calidad ambiental (WTA), es sustancialmente mayor que la disposición a pagar por una mejora de la calidad ambiental (WTP) (Ahlheima & Buchholz, 1999; Brown & Gregory, 1999; Kolstad, 2010). En este punto, se ahondará en el siguiente apartado cuando tratemos sobre el Método de Valoración Contingente.

Después, el método de elección discreta que se basa en observar el comportamiento de los consumidores, en cómo toman sus elecciones de consumo, aplicando luego modelos econométricos para encontrar una función de utilidad indirecta (Kolstad, 2010).

A continuación, se encuentra la aproximación de producción de los hogares, en donde se asume la combinación entre recursos privados y ambientales para producir otro bien que produce utilidad. La aproximación de la producción de los hogares se divide en dos componentes. El primero es la determinación de gastos defensivos en los cuales se incurre para protegerse o restablecer la utilidad por una pérdida de calidad ambiental. Los gastos defensivos se emplean para determinar males públicos. El segundo es el método de costos de transporte o costo de viaje. El método del “costo de viaje” es otra técnica utilizada para revelar las preferencias y así determinar el valor económico de áreas naturales o recreativas que no tienen cuota de acceso. Se supone que, el gasto del viaje, a determinado sitio, establece la disposición de pagar por un servicio ambiental, convirtiendo la relación entre los costos y el número de visitantes en una curva de demanda (Gilpin, 2010).

Este último es el más empleado para valorar el medio ambiente objeto de visitas, donde la contaminación degrada la experiencia recreativa. Cabe señalar que en él se emplean

⁵⁴ Es menos usual que la disposición a pagar, sus siglas en inglés WTA “*Willing To Accept*”, en español DAA.

encuestas para recabar información sobre los costos incurridos para realizar el viaje (Kolstad, 2010). El método es bien aceptado ya que se basa en comportamiento real y se asemeja a la manera convencional de estimar los valores económicos. Además, su aplicación resulta comparativamente de bajo costo y los resultados son relativamente fáciles de interpretar y explicar (King & Mazzotta, 2000).

Sin embargo, una desventaja se encuentra en el asumir que los individuos realizan el viaje para un solo propósito o que estos no “disfrutan” el camino, lo cual dificulta la asignación de los gastos de viaje entre los diversos fines. Otra desventaja resultaría del no establecer el deseo máximo de pagar, pudiendo con ello subestimar los beneficios reales (Gilpin, 2010). Por último, la promoción turística asimétrica de atractivos naturales similares puede alterar las preferencias de viaje de los individuos.

En otro orden de cosas, las alternativas de “costo del daño evitado” y de “costo de remplazo” se basan en los gastos que implican el suplir los servicios de los ecosistemas o la prestación de servicios sustitutos. Se parte del supuesto de que en algunos casos puede ser razonable que los servicios valen por lo menos lo que la gente paga para remplazarlos. La ventaja que representan es que es más fácil cuantificar costos que beneficios no comercializados, proporcionando un indicador aproximado del valor económico. Sin embargo, al no tener en cuenta las preferencias sociales ni el comportamiento de los individuos en ausencia de los servicios, los costos no son una medida técnicamente correcta de valor y es inusual que sean iguales a los beneficios. King & Mazzotta (2000) señalan que estos métodos deben utilizarse como último recurso para la valoración de los servicios de los ecosistemas.

En resumen, los métodos indirectos se representan en la tabla 9, en ellos se observa una opción real en un mercado y se deduce la aportación ambiental en el valor. Sin embargo, de acuerdo a Kolstad (2010), los métodos indirectos están limitados ya que no pueden ser usados para valorar completamente la mayoría de los bienes y servicios ambientales. El valor de existencia es un ejemplo de la limitada capacidad de valoración de estos

métodos. A continuación, se presentan los métodos directos los cuales teóricamente contemplan todas extensiones de valor desde la perspectiva antropocéntrica.

Tabla 9: Métodos indirectos.

| Método de precio de mercado. | Recurso natural afectado es comercializado. |
|---|--|
| Método de productividad. | Productos o servicios de los ecosistemas que contribuyen a la creación de bienes comercializables. |
| Método de los precios hedónicos. | Estima los valores que asignan los compradores a los atributos ambientales. |
| Método de la Variación del jornal para trabajo igual. | Variaciones del costo de jornal como una compensación por la pérdida de atributos ambientales. |
| Método de elección discreta. | Observa elecciones para encontrar una función de utilidad indirecta. |
| Aproximación de producción de los hogares. | Se asume la combinación entre recursos privados y ambientales para producir otro bien que produce utilidad. |
| Método de determinación de gastos defensivos. | Se emplean para determinar males públicos. |
| Método de costos de transporte o costo de viaje. | El gasto del viaje establece la disposición de pagar por un servicio ambiental. |
| Método de costo del daño evitado y de costo de replazo. | Gastos que implican el suplir los servicios de los ecosistemas o la prestación de servicios sustitutos. |

Fuente: Elaboración propia a partir de Kolstad (2010), Gilpin (2010) y Azqueta (2007).

En otro orden de ideas, en la valoración de bienes ambientales, surge una división importante, la comparación entre bienes que se utilizan frente a los bienes que no se utilizan. Los primeros pueden ser la visita a un área natural o la contaminación del medio habitado. Los segundos no se experimentan o quizá nunca se lleguen a ver directamente, como la conservación de ciertas especies o ecosistemas que resulten exóticos (Field & Field 2009; Gilpin, 2010). En este contexto, la segunda clasificación de métodos nace ante la ausencia de información sobre los precios comerciales. De ahí, causa controversia por la ausencia de valores reales (Kolstad, 2010).

Los enfoques con base en consultas se fundamentan en las preferencias declaradas, es decir, preguntando de manera directa a los consumidores sobre su disposición a pagar (WTP) por un beneficio ambiental, o recibir una compensación ante una pérdida (WTA). En él, se pregunta a los consumidores, basados en un mercado, ya sea completamente hipotético o construido con dinero real, su disposición a pagar por específicos servicios del ambiente.

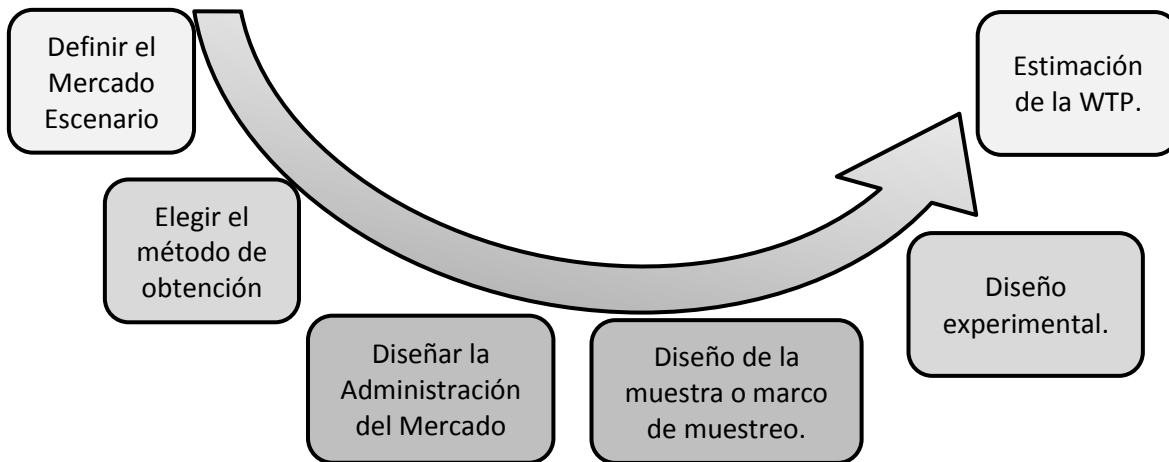
Por un lado, la creación de mercados hipotéticos puede dividirse en preferencias declaradas, valuación hipotética y valoración contingente (VC), acorde con Kolstad (2010). Las preferencias declaradas buscan encontrar la voluntad para pagar individual por un bien mediante la aplicación de una serie de preguntas respecto a sus preferencias. En el mercado hipotético, se evalúan tanto los atributos de los ecosistemas como los servicios que prestan, los cuales pudiesen ser considerados como mercancías (Azqueta, 2007). La diferencia entre la valuación hipotética y la contingente radica en que la segunda se le pregunta al consumidor acerca de cómo reaccionaría respecto de una situación fuera de lo ordinario (Kolstad, 2010). Su nombre más específicamente sería “valor contingente de la existencia de un mercado”. El método de valoración contingente (MVC)⁵⁵ es el más empleado para la estimación de “no uso” o “uso pasivo” de ecosistemas y servicios ambientales, pudiendo estimar valores para prácticamente cualquier bien o servicio (Kolstad, 2010; Gilpin, 2010).

Los pasos para realizar el MVC se muestran en la gráfica 16. Primeramente, se define el mercado escenario, en el cual se sitúa al entrevistado en el marco mental pertinente para responder. Seguidamente, los métodos de obtención se consiguen por pregunta directa, juego de ofertas, tarjeta de pago, elección por referendo o elección discreta. Acto seguido, la administración del mercado puede realizarse ser vía correo, internet, teléfono o personalmente. Para el diseño de la muestra o marco de muestreo, se define el segmento de la población sobre el que se aplicará la muestra. Enseguida, el diseño experimental consiste en construir la encuesta para que se colecte eficientemente la información

⁵⁵ Sus siglas en inglés CVM por “*Contingent Valuation Method*”.

apropiada, sin sesgos intencionales en su análisis estadístico. Por último, se estima la función de la disposición a pagar (WTP). Sin embargo, la valoración contingente es muy controversial dado su carácter hipotético y las distorsiones que pueden generarse y que afecten los resultados (Kolstad, 2010).

Gráfica 16: Pasos para el método de valoración contingente.



Fuente: Elaboración propia a partir de Kolstad (2010).

En este contexto, se trata de que se declaren las preferencias, es decir la valoración individual, por lo que existen diferentes enfoques basados en consultas. Ejemplos pueden ser las técnicas de concursos o lotería, fundadas en la teoría de las decisiones y de la utilidad. De modo similar la técnica de Delfos, se basa en entrevistas a un limitado número de expertos o líderes sociales, los cuales se presupone disponen de mejor información de los atributos ambientales, eliminando posibles asimetrías. Análogamente, el procedimiento de “el regateo” y su variante, la “entrevista directa alterna”, son metodologías donde a los consumidores se les dan un valor elevado, el cual muy probablemente rebase la disposición razonable de pagar y un valor bajo que se pagaría con facilidad. Seguidamente, el valor elevado se reduce y el bajo se incrementa hasta converger en un valor de equilibrio (Gilpin, 2010).

En otras formas de valoración contingente, no se pregunta directamente la voluntad de pagar, sino que los consumidores clasifican o realizan intercambios entre bienes comercializados y bienes o servicios ambientales sin mercado. Algunos de estos enfoques

son los “juegos de elección”, donde se ordenan pares de bienes. Otros clasifican los bienes naturales, como en la “elección contingente”, o se comparan los servicios del medio ambiente y los comerciales como en el “método de elección sin dinero”. Cuando se trata de asignar el presupuesto entre satisfactores, se utiliza el método de la “evaluación de prioridades”. En este método se otorga una suma hipotética de capital para consumir tanto bienes convencionales como ambientales a determinados precios. Estas técnicas cuentan con las ventajas de ser considerablemente flexibles y los resultados son fácilmente analizables (Gilpin, 2010).

Entre preferencias declaradas y preferencias reveladas, se encuentra una zona indefinida como el caso de la creación de mercados experimentales, en donde las decisiones son reales pero el contexto es artificial (Kolstad, 2010). Por lo que sigue, la creación de Mercados Experimentales se da con el fin de observar los comportamientos. En ellos, se construyen todas las características de un mercado, incluyendo dinero real, para las transacciones por bienes o males (Kolstad, 2010). Puede haber tanto mercados experimentales de campo como de “laboratorio”. Los primeros toman su forma más definitiva llamado “referendo oficial”, el cual es oficialmente construido y donde los votantes se les pregunta sobre el destino de recursos públicos sobre un bien ambiental. Los segundos, como su nombre lo indica, son construidos en el contexto de un laboratorio. En síntesis, la tabla 10 muestra un sumario de los métodos directos y los mercados experimentales.

No obstante, existe controversia sobre si los métodos anteriormente descritos realmente miden adecuadamente la voluntad de pagar de los consumidores, puesto que podrían verse reflejados sus sentimientos o su postura personal sobre lo que les gustaría que sucediera, en lugar del verdadero valor percibido. Para comenzar, teóricamente, la WTP y la WTA debieran ser similares, pero por el contrario, cuando se han comparado, la WTA ha sido significativamente mayor. Se cree que se debe a que la respuesta será alta si no se está realmente obligado a pagar por el bien o servicio (King & Mazzotta, 2000). Existe pues preocupación respecto a que las estimaciones por el método de valoración contingente

puedan acentuar la diferencia en la proporción al sobrestimar la WTA (Brown & Gregory, 1999).

Tabla 10: Métodos directos y mercados experimentales.

| | |
|--|---|
| Creación de mercados hipotéticos para: | ✓ Preferencias declaradas. |
| Disposición a pagar WTP la Voluntad a Pagar por el bien ambiental. | ✓ Valuación hipotética. |
| Disposición a aceptar WTA inclusión de los valores de no uso. | ✓ Método de valoración contingente (VC). |
| Método de valoración contingente (VC). | |
| Técnicas de concursos o lotería. | Teoría de las decisiones y de la utilidad. |
| Técnica de Delfos. | Limitado número de expertos o líderes sociales. |
| Procedimiento del “regateo”. | A los consumidores se les dan un valor elevado hasta converger en un valor de equilibrio. |
| Juegos de elección. | Donde se ordenan pares de bienes. |
| Método de elección contingente. | Clasifican los bienes naturales. |
| Método de elección sin dinero. | Comparan los servicios del medio ambiente y los comerciales. |
| Monto hipotético de capital para consumir. | |
| <i>Se otorga una tanto bienes convencionales como ambientales a determinados precios.</i> | |
| Método de evaluación de prioridades. | Asignar el presupuesto entre satisfactores. |
| Creación de Mercados Experimentales | |
| <i>Incluyendo dinero real para las transacciones decisiones son reales pero el contexto es artificial.</i> | |
| Mercados experimentales de campo. | |
| Referendo oficial. | Pregunta sobre el destino de recursos públicos sobre un bien ambiental. |
| Mercados experimentales de laboratorio. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Kolstad (2010), Gilpin (2010) y Azqueta (2007).

Sin embargo, la divergencia, en el tamaño de las WTA-WTP expuestas, puede explicarse en el marco de la teoría de la utilidad estándar (Ahlheima & Buchholz, 1999). Inclusive los

experimentos con dinero real muestran que la disparidad en la valoración no está limitada a la valoración contingente (Brown & Gregory, 1999). La diferencia se acentúa principalmente por los efectos de sustitución seguido del efecto ingreso ya que la WTP está limitada por la restricción presupuestaria, mientras que la WTA no tiene límite superior. Otras razones económicas son los costos de transacción, el valor implicado y la motivación del lucro (Brown & Gregory, 1999).

Adicionalmente, existen motivaciones psicológicas como el efecto de la dotación el cual genera aversión a la pérdida. Lo anterior es de esperarse teóricamente ya que la sustitución de bienes ambientales es difícil (Ahlheima & Buchholz, 1999). En pocas palabras las pérdidas son valoradas mayores a las ganancias (Brown & Gregory, 1999). A menudo, la diferencia puede provenir de la respuesta a la ambigüedad así como de la asignación de "derechos de propiedad morales", esto decir la legitimidad y dimensión ética de responsabilizar al contaminante (Ahlheima & Buchholz, 1999).

Ante estas disparidades, se presentó el testimonio de 22 expertos en el panel NOAA⁵⁶ de 1993, presidido por reconocidos economistas como Kenneth Arrow y Robert Solow. Las recomendaciones del panel son las de utilizar siempre el formato WTP para estudios prácticos, por ser la opción conservadora que evita el riesgo de sobrestimación (Ahlheima & Buchholz, 1999). No obstante, la WTA es conceptualmente correcta y generalmente legal para medir las pérdidas de recursos, a tal grado que Brown & Gregory (1999) afirman que la dependencia incondicional hacia la WTP resulta en subestimar los daños ambientales.

Eventualmente, el problema se traslada al agregar, ya sea la WTP o la WTA, lo que significa salir del terreno de la teoría de la utilidad ordinal contradiciendo sus principios (Ahlheima & Buchholz, 1999). La agregación de los valores individuales, de acuerdo con el criterio de Kaldor-Hicks, es indispensable para realizar un Análisis Costo-Beneficio (ACB) el cual describiremos en la siguiente sección. En este sentido, Ahlheima & Buchholz (1999)

⁵⁶ Siglas que de la National Oceanic and Atmospheric Administration, organismo auspiciador del panel.

recomiendan que la agregación debería depender del marco específico, político y socioeconómico del proyecto en cuestión.

Después, otra manera de estimar los beneficios es a través de la extrapolación de resultados de investigaciones efectuadas: Este proceso se conoce como el “método de transferencia de beneficios”. La ventaja es que es menos costoso que un estudio y se puede valorar con mayor rapidez, aunque su exactitud está en función de la localización, disponibilidad y correcta adecuación de las publicaciones existentes (King & Mazzotta, 2000; Field & Field 2009).

Para finalizar e ilustrar el debate que suscita la elección de métodos de evaluación de las preferencias de la calidad ambiental, se presenta brevemente un caso empírico. En 1989, el buque petrolero Exxon Valdez encalló en el arrecife Bligh en Prince William Sound Alaska, derramando 250,000 barriles de petróleo. El método aplicado para evaluar los daños fue la valoración contingente cuya WTP agregada, para evitar accidentes similares, se estableció en un mínimo valor 2.9 mil millones de dólares, con una media de 7.2 mil millones de dólares (Eriksson & Andersson, 2010). El fallo determinó negligencia por un monto de 5 mil millones de dólares a la corporación Exxon y 5 mil dólares al capitán (Gilpin, 2010).

En su defensa, la corporación Exxon buscó el soporte técnico de economistas respetados con trabajos generalmente de alta calidad, cuya estrategia fue desacreditar la VC realizada por el demandante (Kolstad, 2010). El estudio de preferencias reveladas realizado sobre una muestra poblacional de Alaska mediante el método de costo de traslado de recreación fue realizado por Hausman et al. (1995). Adicionalmente, Kahneman & Knetsch (1992) publicaron evidencia de que la WTP de la calidad ambiental en la Valoración Contingente varía respecto de que si se presenta en un conjunto de opciones dependiendo de la satisfacción moral obtenida y no por valoración económica (Kolstad, 2010). Sin embargo otros trabajos han documentado problemáticas y dificultades de los métodos indirectos en donde existen efectos de ingresos y la información confiable es difícil.

En suma, la concepción de la monetización del medio ambiente se da en el contexto de tratar de percibir costos y beneficios ambientales. El proceso se inicia con la observación de las externalidades, fluyendo hacia el análisis de los ecosistemas cuando hay una pérdida de valor, consumando en dar valor al medio ambiente previo a su destrucción. Por un lado, la sustentabilidad fuerte argumenta que el dar valor económico a la naturaleza arriesga su sustentabilidad, al crear mercados que no deberían existir y al poner a la venta bienes inestimables. Por otro, existe la visión de los que consideran que el dotar de valor al medio ambiente es útil, al permitir compensar daños y asignar responsabilidades. En este enfoque, los bienes ambientales no siguen siendo gratuitos y se da elementos para la toma de decisiones de políticas públicas ambientales. Del mismo modo se incorpora el capital natural a las cuentas nacionales y a la medición del bienestar, como se vio en el capítulo 1.

Claro está que la monetización tiene sus límites, delineados por el desconocimiento de los ecosistemas y sus funciones, así como lo incipiente y complejo de las técnicas de medición que aún están en desarrollo. Si bien lo anterior puede poner en entredicho las decisiones de políticas públicas que se basen en ellas, los incentivos para continuar los estudios son mayúsculos.

En este sentido, los valores monetarios al medio ambiente son a menudo difíciles de estimar, por lo que se requiere que los aspectos ambientales cuenten con indicadores físicos de deterioro o alteraciones irreversibles, las cuales ofrezcan una medida de la salud de los ecosistemas (Stiglitz et al., 2009). Gilpin (2010) llega a la conclusión de que no existe una técnica preferible, entre la amplia variedad y disponibilidad existentes. De este modo, se debe emplear la que se adecue a las particularidades, aplicabilidad, potencial utilidad, disponibilidad de información y recursos. Al final, cuando se trata de contar con una herramienta para la toma de decisiones del sector público que impacta al medio ambiente, el análisis costo-beneficio (ACB) es el método más utilizado en economía de los recursos y del medio ambiente (King & Mazzotta, 2000; Kolstad, 2010). Sobre estos tipos de métodos de apoyo en la toma de decisiones, se indagará en el siguiente apartado.

3.1.2. Métodos de apoyo en la toma de decisiones.

No cabe duda que la toma de decisiones requiere información, si bien contar con ella no garantiza tomar buenas disposiciones. Su falta generalmente contribuye a cometer errores previsibles (Kolstad, 2010). Por tanto, a continuación, se describirán algunos de los métodos para evaluar proyectos y políticas, centrándonos posteriormente en dos criterios dominantes de corrientes de pensamiento contrastables. La primera es la economía ambiental, cuyo criterio dominante es el análisis costo – beneficio, donde la distribución y la equidad son secundarios. La segunda es la economía ecológica que, basada en el "principio de precaución", prioriza la estabilidad de los ecosistemas y su biodiversidad y donde la eficiencia pasa a un segundo plano.

Para comenzar, cabe señalar que existen varios marcos alternativos para generar y presentar información útil. Los primeros se pueden englobar en los “análisis de impactos”, los cuales se enfocarían a describir los efectos de un proyecto o política. Dado que estos efectos pueden ser numerosos, de ahí nace la variedad de los análisis. Por lo tanto, de este grupo se desprende el “análisis de Impacto Ambiental”, cuyo propósito es identificar y estudiar las repercusiones ambientales de una determinada acción. Los especialistas son los ecólogos, que identifican y describen los impactos físicos del programa o proyecto, siguiendo los complejos vínculos en los que se dividen los ecosistemas. Este análisis no vincula la problemática con la valoración social de los impactos (Kolstad, 2010).

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, ha dado pie a la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). En la sección V, de la ley se establece como procedimiento que condiciona las obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones legales. Sin embargo, para estudiar toda la variedad de impactos, es necesario incluir no únicamente

los efectos físicos, sino las maneras que la gente reaccionará y se adaptará a estos impactos (Kolstad, 2010).

A continuación, se encuentra el “análisis de impactos económicos”, el cual se centra en los efectos de las regulaciones ambientales, en el empleo, la industria, y las tasas de crecimiento. Para realizarlo se requiere sin dudas un entendimiento básico de cómo funcionan y se integran las partes de una economía. Otra perspectiva es el “análisis de impactos regulatorios”, la cual identifica y estima los impactos de las regulaciones propuestas (Kolstad, 2010).

Cuando se trata de contrastar las diferentes alternativas para lograr un objetivo, se emplea el “análisis costo-eficiencia”. Se utiliza cuando el decisor considera que el objeto buscado tiene unos beneficios que superan a sus costos y por lo tanto se debe descubrir la forma más asequible de alcanzarlo (Azqueta, 2007). Por tanto, el objeto es mostrar, en unidades comparables, los diferentes costos en los que se incurriría para alcanzar la meta. De cualquier modo, las diferentes alternativas serían deseables en términos relativos, por lo que el principio de equimarginalidad⁵⁷ es manifiestamente importante en estos estudios. Sin embargo, su restricción es que la eficiencia no se puede determinar solamente con los costos (Kolstad, 2010).

Otro tipo de estudio es la “evaluación de daños”, la cual estima el valor de los deterioros hacia un recurso natural, de tal manera que estos montos pueden ser demandados a los responsables. En este sentido, las cortes de Estados Unidos determinan que los daños a reponer deben ser iguales al menor monto, entre la pérdida de valor del recurso o su costo de reposición/restauración (Kolstad, 2010). En años recientes, se ha optado por el enfoque de medir el costo de restauración, rehabilitación, remplazo o adquisición de recursos similares, aunque el simplemente estimar la restauración puede convertirse no solo en una idea complicada, sino técnicamente imposible (Kolstad, 2010). En principio

⁵⁷ Es un principio planteado por William Stanley Jevons (1835-1882) en el cual, si una cantidad X de un recurso puede dedicarse a dos usos, la asignación que maximiza la utilidad es cuando la utilidad marginal del primer uso sea igual a la utilidad marginal del segundo.

surge el problema de la simple determinación o referencia de la calidad original del recurso. Por si fuera poco, la pérdida de valor asociada a la reducción de la calidad ambiental puede provenir de muchas fuentes. Por estas razones, Kolstad (2010) manifiesta que parece imposible hablar de restauración en términos físicos sin tener en cuenta sus costos monetarios.

En el contexto anteriormente descrito, se integra el Análisis Costo-Beneficio (ACB), cabe resaltar que es el método que utilizará en la evaluación. Como su nombre lo indica, consiste en medir, sumar y comparar todos los beneficios y todos los costos de un programa o proyecto público en particular (Kolstad, 2010). El objeto es proporcionar un marco adecuado de comparación entre la conveniencia de distintas alternativas (Azqueta, 2007). El ACB tiene su origen en los análisis de ganancias-pérdidas del sector privado. Por un lado, se estima costos de producción y distribución, como pueden ser los materiales, la mano de obra, las herramientas y el equipo entre otros. Por otro lado, se estiman los ingresos a través de un estudio de mercado. Análogamente, en el sector público se emplea para realizar decisiones públicas desde el punto de vista del beneficio social. De esta manera, contiene una gama más amplia de beneficios que simple lucro. Los ACB se han desarrollado tanto técnicamente por los economistas como normativamente por políticos y administradores (Kolstad, 2010).

El ACB es un auxiliar de información importante y sustancial, en la toma de decisiones, sin embargo nunca es su sustituto. El estatus de los ACB relacionados a las decisiones de los recursos naturales y el Medio Ambiente no han estado fuera del foco de conflictos. Es controvertido porque se especula que ciertos sectores de la administración los utilizan para justificar aumentos presupuestales (Field & Field, 2009). De la misma manera, algunos creen que distancia a la discusión y los acuerdos políticos de la decisión sobre el destino de los recursos públicos. En este sentido, se integra la problemática de medir los beneficios ambientales que se mencionó en las secciones anteriores (Kolstad, 2010). Gilpin (2010) cita las limitantes del ACB planteadas por el Australian Department of

Finance (1991), entre las cuales destacan las consideraciones de tipo social, ético y político además de la incertidumbre.

Los defensores de los ACB aplicados a programas del sector público argumentan que sirven para ponderar apropiadamente los costos asignados a programas y proyectos (Kolstad, 2010). Para Azqueta (2007), lo realmente útil es la reflexión rigurosa que se realiza de todos los pros y contras, tanto impactos directos como indirectos. De esta forma, los ACB han contribuido a cambios en la normatividad que trasciende fronteras. En este sentido, en los EE.UU. los ACB favorecieron a la eliminación de los lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por si fuera poco, también al establecimiento de reglas para terrenos donde se dispone de desechos sólidos así como a la reducción gradual del plomo en la gasolina (Kolstad, 2010). Este último caso, fue detonado por un estudio realizado por la EPA⁵⁸ en 1986, a partir del cual la reducción del plomo en ciudades estadounidenses ha sido dramática (Gilpin, 2010). El primer paso que siguieron fue el establecer los costos derivados del cumplimiento de normatividad propuesta, los cuales se basaban en el proceso de refinación. Al evaluar los beneficios, se consideraron reducciones de costos sociales asociados a la exposición por plomo. En este rubro, se consideraron el tratamiento para reducir los niveles de plomo en la sangre, la educación especial para niños con problemas de aprendizaje, el mantenimiento de los vehículos, los daños menores a las cosechas y las enfermedades respiratorias.

El ejemplo anterior muestra los pasos esenciales en un ACB los cuales se representan en la gráfica 17. Se parte de cuatro pasos esenciales, que incluyen, el detallar la acción a ser evaluada, especificando completamente los principales elementos del proyecto de producción física o el programa de regulación ambiental. Para comenzar, se debe puntualizar claramente la descripción completa de los principales elementos del proyecto o programa. Esto incluye su ubicación, el horizonte temporal, los grupos involucrados, las conexiones con otros programas etc. Los proyectos físicos involucran la producción directa

⁵⁸ Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU., por sus siglas en inglés US Environmental Protection Agency.

de un bien público, como las plantas de tratamiento de residuos, la restauración de ecosistemas o la construcción de un hospital como es el caso del presente trabajo.

Acto seguido, se describen y consideran los efectos y consecuencias que darán lugar a costos y beneficios para la sociedad. En otras palabras, se debe describir cuantitativamente las entradas y salidas del programa, determinando la gama completa de las consecuencias que se deriven (King & Mazzotta, 2000; Field & Field, 2009; Kolstad, 2010). En este paso, se contemplan tanto los insumos necesarios para la construcción como para el funcionamiento. Sobra decir que el factor tiempo juega un importante papel en esta etapa, ya que los proyectos ambientales suelen contemplar largos periodos, en los cuales, se debe poder predecir eventos futuros

Gráfica 17: Pasos esenciales en un análisis de costo-beneficio.



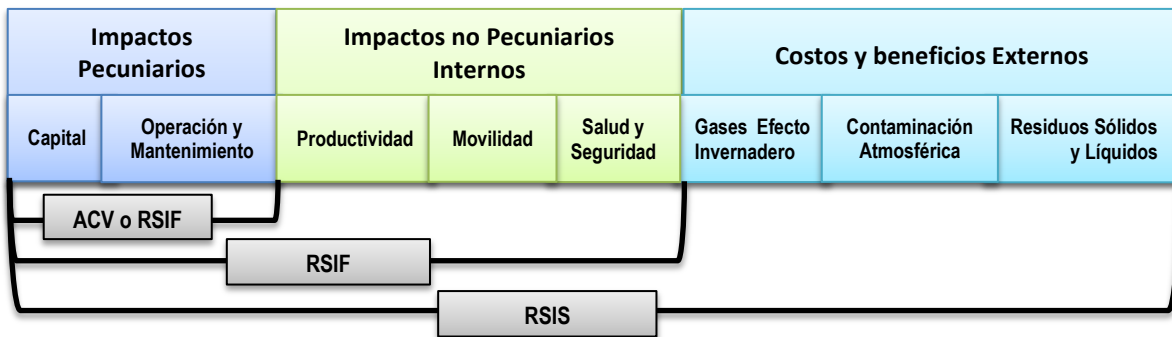
Fuente: Elaboración propia a partir de (Kolstad 2010).

Después viene la estimación de los costos y beneficios sociales de las entradas y salidas descritas en el párrafo anterior: La valoración de las consecuencias en términos comparables, por lo general monetarios. Cabe recordar que se ha explicado que no significa en términos de valor de mercado. En cuanto al caso en que ciertos impactos ambientales no puedan ser transformados a términos monetarios, se debe complementar el ACB con estimaciones de estos impactos intangibles (Kolstad, 2010).

Por último, se comparan los beneficios y los costos, en donde los beneficios netos son simplemente los beneficios totales menos costos (B-C). En este orden de ideas, la relación Beneficio-Costo se obtiene del cociente de los beneficios entre los costos (B/C), interpretándose como la cantidad de beneficios producida por cada unidad monetaria invertida (Field & Field, 2009; Kolstad, 2010). Si bien a veces no se incluyen ciertos aspectos no evaluados, es deseable incluir la mayor fuente de beneficios.

Sin duda suena sencillo, y hasta cierto punto lo es, pero existen pasos analíticos básicos que pueden tener mucho peso en el resultado. En primer término, es determinar el tamaño apropiado de un proyecto o programa, lo que significa decidir sobre la perspectiva del estudio a realizar y a quienes va a impactar. Por esta razón Larocque et al. (2011) proponen, desde el enfoque costo-beneficio, el Retorno sobre la Inversión Sustentable (RSIS)⁵⁹, el cual es un análisis probado que constituye una ampliación de alcance para los Análisis Costo-Beneficio y Financiero de proyectos, especialmente cuando se contempla su ciclo de vida. La gráfica 18 compara el RSIS con modelos habituales como el Análisis de Costo del Ciclo de Vida (ACCV)⁶⁰, y el Retorno Sobre la Inversión Financiero (RSIF)⁶¹, los cuales a menudo se quedan cortos al considerar únicamente impactos pecuniarios al no tener en cuenta la incertidumbre. Un ACB se debe especificar por completo en términos de su tamaño o alcance. Si bien un ACB puede realizarse para una región o un país, el aumento de los problemas ambientales mundiales obliga a realizarlo desde una perspectiva mundial (Field & Field, 2009; Kolstad, 2010).

Gráfica 18: Amplitud del análisis.



Fuente: Larocque et al. (2011, p. 9).

Acto seguido, es encontrar la diferencia entre los beneficios netos y la relación costo-beneficio como criterio de decisión. Para ilustrar, se puede decir que una relación beneficio-costó sólo puede ser utilizada para asegurarse que al menos los beneficios exceden el costo, sin embargo más allá de esto, puede ser un indicador que lleve a

⁵⁹ En Inglés, Sustainable Return on Investment (SROI).

⁶⁰ En Inglés, Life-Cycle Cost Analysis (LCCA).

⁶¹ En Inglés, Financial Return on Investment (FROI).

confusión. Lo anterior se debe a que el tamaño eficiente del proyecto no es aquel que resulta en una mayor relación beneficio-costos (Kolstad, 2010). Otro paso analítico es el análisis de sensibilidad, el cual implica volver a calcular los costos y beneficios con ligeras variaciones. Un proyecto poco sensible sería deseable dado que las desviaciones propuestas produzcan la menor reducción de beneficio.

En ese sentido, el Centro de Estudios para la preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, CEPEP, (2007) menciona que hay que contemplar la aplicabilidad del principio de la "separabilidad de proyectos", la cual consiste en realizar la evaluación aislando los componentes que sean divisibles. En otras palabras, significa simplificar y clarificar los objetivos de cada elemento en la medida de su independencia y las consecuencias que tengan en costos y beneficios adicionales.

Así, un punto especialmente controvertido es la elección de la tasa de descuento a emplear para comparar los costos y beneficios que ocurren en distintos puntos en el tiempo. King & Mazzotta (2000) sostienen que esta tasa puede ser controversial dado el gran efecto que tienen sobre el resultado. Kolstad (2010) afirma que el descuento tiene dos facetas: por un lado, la mecánica de hacerlo y por otro el razonamiento soporte de la elección, según sea el caso, de la tasa de descuento a utilizar. Se obtiene entonces el valor actual de beneficios menos el valor presente de los costos, lo cual resulta en el valor presente de los beneficios netos. Este procedimiento se puede calcular para cada año del horizonte de evaluación de un proyecto.

La tasa de descuento apropiada es la que refleja a través del tiempo las preferencias sociales para la utilización de recursos naturales. Sin embargo, el resultado de la agregación de beneficios netos a través del tiempo dependerá en gran medida de la tasa de descuento a utilizar⁶². Para comenzar, una tasa igual a cero implica que todos los años son iguales y agregables. Después, una muy baja tiene por consecuencia similitud entre los valores a través del tiempo. Al final, una tasa elevada valora más el corto plazo que el

⁶² Hay que tener en cuenta la diferencia entre las tasas de interés real y nominal, donde las nominales son las observadas por el mercado, mientras que las reales se obtienen ajustando el valor a la inflación.

largo plazo. Hay quienes afirman que los recursos que se invierten en el sector público deben evaluarse con tasas de retorno social comparables a las tasas de rentabilidad del sector privado (Kolstad, 2010). Pero la cuestión se vuelve controvertida cuando las futuras generaciones están involucradas. Por esto, Kolstad (2010) explora las posibles opiniones de los economistas en torno a este punto, donde es probable que la mayoría concuerden en lo apropiado de una tasa de descuento positiva, aunque también acordarían que esta fuera bastante baja, en el orden de un 1 o 2 por ciento.

Un ACB social tiene por objeto el bienestar social, comparando diversas alternativas de acciones, programas y políticas públicas, determinando las ganancias y pérdidas netas que representan para la sociedad (King & Mazzotta, 2000). De ahí, para realizarse se deben eliminar todos los efectos que involucren una redistribución de la riqueza pero que no modifiquen la cantidad total de recursos (Azqueta, 2007). En la base de la agregación se encuentra el criterio Kaldor-Hicks, el cual ha sido ampliamente criticado por obviar consideraciones tanto morales como de equidad. Azqueta (2007) afirma que el principio de compensación potencial o principio Kaldor-Hicks es rechazado incluso por la postura de sostenibilidad débil, la cual exige una compensación efectiva. Las cuestiones de distribución de los beneficios y costos es principalmente una cuestión de equidad o imparcialidad en donde las consecuencias pueden ser programas regresivos, progresivos o neutros.

A continuación, el análisis de riesgos se realiza debido a los altos niveles de incertidumbre en los componentes y sistemas ambientales. Kolstad (2010) plantea tres pasos para el análisis de riesgo: La evaluación, la valoración y la gestión del riesgo. En la primera, se estudia de dónde proviene el riesgo y cómo responderían los individuos. El segundo valora la WTP de las personas por reducir el riesgo. La tercera y última analiza cómo las diferentes políticas afectan los niveles de riesgo ambiental a la que están expuestas las personas. Un ejemplo extremo ante el riesgo es el principio de máxima precaución o la necesidad de garantizar un estándar mínimo de seguridad, donde a partir de sospechas

fundadas, pero sin una prueba científica definitiva del riesgo, se pueden adoptar medidas protectoras (Azqueta, 2007).

Kolstad (2010) declara que los ACB de los programas ambientales se realizarán con mucho más frecuencia en el futuro. A todo esto, el propósito de la valoración económica es determinar las preferencias de los individuos respecto de bienes o servicios ambientales. De esta manera, los ACB sólo determinan la opción económicamente más eficiente. No obstante, como mencionan King & Mazzotta (2000) la eficiencia pudiera no coincidir con lo ecológicamente más conveniente para un ecosistema, ni con lo socialmente más aceptable. Por adición, desde la perspectiva de la sustentabilidad fuerte, el capital natural no puede sustituirse por el capital producido (Azqueta, 2007).

Ante este contexto, algunos economistas argumentan que la mejor manera de presentar el desempeño de la economía en el medio ambiente es mediante indicadores de consumo personal per cápita, adaptándolo a los niveles sustentables de bienestar (Common & Stagl, 2005). Por esta razón, Daly & Farley (2011), manifiestan que es necesario tener dos nociones para la toma de decisiones. Por un lado que tan grande y relativa es la demanda de materiales y energía por el sistema económico, así como el costo de oportunidad que esta demanda de flujos inflige en el bienestar social. Por otro lado, el contemplar la capacidad de los ecosistemas para absorber y regenerarse antes estos impactos.

Como ya se mencionó en el capítulo 1, el interés por mostrar el estado del medio ambiente y la afectación sufrida por las actividades económicas mediante información generó los indicadores no monetarios. También llamados de sustentabilidad fuerte o biofísicos, intentan medir el estado del medio ambiente y las afectaciones que sufre. Estos se dividen en tres: los que miden la Huella Ecológica (EF)⁶³, las cuentas de flujo de material y los Indicadores Híbridos. La primera es la relación entre la superficie requerida para producir los recursos y asimilar los residuos. La segunda mide la relación entre los requerimientos de material y el total de materiales producidos. Los últimos incorporan al

⁶³ En inglés *Ecological Footprint (EF)* introducido por Wackernagel & Rees (1996).

ingreso los costos de cumplir con la sustentabilidad fuerte, para lo cual primero deben establecerse los estándares y normas a cumplir.

Dentro del primera categorización, Galli et al. (2011) la describen como la “Familia de indicadores de Huella”, sub-clasificándola entre: la Huella Ecológica (EF), la de Carbono y la Hídrica (WF⁶⁴). Primeramente, abundaremos sobre la EF para después tratar las otras dos. La EF surge en los años 90 como herramienta de contabilidad de recursos y emisión. Por eso, se documenta tanto las demandas humanas directas e indirectas para la producción de recursos y la asimilación de desechos para después compararla con la “biocapacidad” del planeta (Galli et al., 2011). La biocapacidad se traduce como la capacidad de la tierra para producir los recursos que se consume y para absorber todos los desechos que genera la economía (Common & Stagl, 2005). Debido a que existe dificultad para interpretar los datos científicos y la diversidad de indicadores biofísicos expresados en diferentes unidades de medidas, así pues surgió el interés público por indicadores comparables y de fácil comprensión (Common & Stagl, 2005). De esta manera que existe un reto para reducir todos los componentes a un solo indicador común, cuantificable y comparable, tanto transversalmente como en el tiempo (Azqueta, 2007).

En ese sentido, la EF tiene distintos componentes, primeramente las distintas presiones sobre el medio ambiente se agrupan en el numerario común. De manera que se restringen a la producción de alimentos, producción de madera y otras materias primas, la generación de energía, el espacio construido, incluidas vías de transporte, así como la parte asignada a la conservación de la diversidad biológica (Azqueta, 2007). A continuación, la superficie biológicamente productiva muestra la dependencia de una unidad social sobre su entorno, tanto para el consumo de recursos como para la disposición de sus residuos. En este sentido, como los distintos productos requieren diferentes tipos de superficie y como la productividad por hectárea difiere, se introducen consecuentemente factores de equivalencia los cuales ponderan su productividad

⁶⁴ Por sus siglas en inglés Water Footprint.

comparativa. Finalmente, al confrontarla con el área total disponible, se obtiene un déficit ecológico (Azqueta, 2007).

Para ilustrar lo anterior, acorde con Azqueta (2007), se muestra la manera de calcular la huella ecológica en un lugar determinado (i) a la producción interna (Q_i), donde se le suman las importaciones (M_i) y se le restan las exportaciones (X_i). Luego a este numerador, se le resta el rendimiento promedio de la tierra en la producción de dicho cultivo (Y_i)

$$huella(i) = \frac{Q_i + M_i - X_i}{Y_i} \quad (4)$$

En este contexto, para el cálculo de la huella por energía, se consideran irrelevantes las energías renovables y por lo tanto no son incluidas en el cálculo. De tal forma que sólo se distinguen cinco tipos de energía: en primer término los combustibles fósiles, sean líquidos, sólidos y gaseosos, seguido de la energía nuclear y por último la energía Hidroeléctrica. Acto seguido, para el cálculo de combustibles fósiles, se estima la superficie reforestada necesaria para capturar el CO₂ emitido, contemplando el papel de los océanos en la captura (Azqueta, 2007). Cabe señalar que el CO₂ es el único gas de efecto invernadero que se toma en cuenta en el método de la EF (Galli et al., 2011). Para efectos prácticos, no se abundará en la manera de calcular la superficie que impacta la energía nuclear e hidroeléctrica ya que esta no se produce en la región.

Para la determinación de la EF, existen dos enfoques, el compuesto y el componente. El primero ocupa datos de las diferentes agencias de las Naciones Unidas. El segundo contempla mayor número de categorías e implica mayor detalle y exigencia en la información, lo que lo convierte en un análisis de huella ecológica más preciso. Sin embargo, lo complicado del análisis restringe la comparación de resultados a otros obtenidos mediante el mismo método (Azqueta, 2007).

Para dar una idea contextual de las diferencias en la huella ecológica per cápita entre naciones alrededor del mundo, si el promedio mundial es de 2 hectáreas per cápita, el de

Estados Unidos es de 9.7 hectáreas. En este sentido, Common & Stagl (2005) citan un estudio de Wackernagel et al. (2002) en donde se determinó que los impactos de la huella ecológica en relación con la capacidad de la tierra disponible pasaron de 0.7 en 1971 a 1.2 en 1999. En este orden de ideas, el WWF⁶⁵, a través de su indicador del LPI⁶⁶, determinó que la biodiversidad de los ecosistemas de la tierra ha declinado en un 33% en los últimos 30 años. Del mismo modo, se determinó por medio de la WEF⁶⁷ que la presión de la humanidad sobre la tierra ha aumentado en un 50% en el mismo periodo y excede en un 30% la capacidad de la biósfera de regenerarse. El déficit se logra disminuyendo el capital natural, tomándolo del futuro (Daly & Farley, 2011).

Si bien existe consenso respecto a la utilidad de la EF como elemento sintético expresado en unidades fácilmente comprensibles para la sensibilización ambiental, el método presenta algunos inconvenientes. Por ejemplo, el no contemplar el consumo intermedio, de modo que al sumar las importaciones y restar las exportaciones se hace necesario un modelo de insumo producto (Azqueta, 2007). Adicionalmente una solución propuesta para la captura de CO2 por medio de plantaciones destinadas para este fin, no es la única ni la más eficiente forma de lograrlo (Azqueta, 2007). Existen problemas de precisión para medir todos los requerimientos de tierra (Common & Stagl, 2005). De hecho, los bosques y selvas al alcanzar su madurez llegan a un punto de equilibrio donde dejan de capturar carbono. Del mismo modo, la falta de especificidad geográfica limita a nivel sub-nacional la vinculación del consumo con la demanda insostenible de recursos naturales (Galli et al., 2011). En otras palabras, se puede identificar un problema, pero no se puede precisar la causa ni el origen. Para este caso, en particular, se requerirían indicadores más particulares y preciosos como la Huella de Carbono o la Huella Hídrica (WF). A continuación, se describirá el proyecto de “hospital sustentable”, el cual se desarrolló en Tulum Quintana Roo.

⁶⁵ Por las siglas en Inglés de World Wildlife Fund o Fondo Mundial para la Naturaleza.

⁶⁶ Living Planet Index por sus siglas en inglés. Es un indicador del estado de la diversidad biológica mundial, con base en las tendencias de las poblaciones de especies de vertebrados de todo el mundo.

⁶⁷ Por sus siglas en Inglés World Economic Footprint o Huella Ecológica Mundial.

3.2 Descripción del proyecto de “hospital sustentable”: Tulum.

Quintana Roo, en el Caribe Mexicano, es referencia de bellezas naturales y atractivos que favorecen la actividad turística. La consecuente generación de fuentes de empleo ha contribuido a que por más de 20 años consecutivos este Estado haya registrado tasas de crecimiento poblacional muy superiores al promedio nacional. Cabe resaltar el hecho de que el suministro de servicios viene a ser un reto para cualquier administración pública. La disyuntiva estatal radica en que el desarrollo presupone contaminación, como residuos sólidos y aguas negras, la demanda de más alimentos significan mayor destrucción de selvas y agotamiento de acuíferos, más viviendas implican a su vez menos masa forestal, mayor demanda de energía y, nuevamente, mayor contaminación. Ocurre lo mismo para la provisión de los servicios de salud.

En el contexto anteriormente descrito, una provisión sustentable pretendería proveer los servicios pero con los mínimos efectos colaterales negativos. En sí, para proveer un servicio como los hospitales, se requiere satisfacer la necesidad del espacio construido, la edificación del hospital en sí. Luego, para abordar el tema de una provisión sustentable, es necesario definir los conceptos técnicos para el diseño del espacio que se emplean. En primer término, se encuentra la Bioclimatología, también llamada Biometeorología, la cual estudia la interacción entre los seres vivos y el ambiente atmosférico donde se desenvuelven (Bojórquez & Luna, 2012). Particularmente la relación entre el Ser Humano y su clima es aplicable al tema en materia. Luego, la ergonomía sería la herramienta de aplicación concerniente al diseño de objetos, sistemas y ambientes para el uso de los Seres Humanos. Para lograrlo se estudia la termorregulación del cuerpo humano, es decir

cómo reacciona a su ambiente térmico. Seguidamente, el objetivo es determinar cuáles serían los índices de valoración o el balance térmico en donde se alcanza el confort. Lo anteriormente descrito, ha dado lugar a los modelos de confort térmico, que para construirlos se realizan estudios estadísticos.

Por su parte, ya en el área de búsqueda de soluciones e implementando conocimiento de bioclimatología, ergonomía, fisiología, psicología y arquitectura, se encuentra el diseño ambiental. Busca “armonizar” los espacios, creando inmejorables condiciones de confort y bienestar para sus ocupantes (Bojórquez & Luna, 2012). En este rubro, también, se encuentra la Arquitectura bioclimática. Si bien es cierto que la arquitectura por si sola se apoya en la Biometeorología y la Ingeniería Térmica⁶⁸, la diferencia radica en que la Arquitectura Bioclimática hace uso de modelos de confort térmico y emplea herramientas como las cartas bioclimáticas de Olgyay (1963), Givoni (1998) y Docherty & Szokolay (1999).

Otros autores definen otro enfoque complementario a la solución arquitectónica, el cual parte del hecho que los ciclos térmicos, el día, la noche, el viento y las estaciones provienen de la relación directa con el sol. A lo anterior hay que añadir que el 99% de la energía proviene, o provino, del mismo sol y que el hombre la emplea para asegurarse condiciones de confort térmico y lumínico. En este contexto, surge el diseño solar pasivo: Busca mejorar la relación de rendimiento energético de los edificios en tres aspectos, calefacción, refrigeración e iluminación (Comisión Europea, 2010). Se le llama “pasivo” porque busca lograr mejorar las condiciones de confort prescindiendo de sistemas mecánicos. Para lograr su objetivo, se emplean estrategias de diseño que optimicen la relación con factores como la ventilación, la iluminación, las ganancias o pérdidas térmicas mediante la adecuada disposición de los elementos arquitectónicos. Lo anterior resulta conveniente ya que se reduce la dependencia energética vinculada a innumerables efectos negativos.

⁶⁸ De la cual se desprende la Ingeniería de Aire Acondicionado y Calefacción.

Además de aprovechar la iluminación natural durante el día y procurar la climatización pasiva, un último enfoque añade otros criterios de proyección. Se trata del diseño ecológico el cual contempla, adicionalmente, el implementar estrategias para reducir los impactos ambientales negativos de las construcciones. Se parte desde su diseño, abarcando la construcción, culminando con el uso funcional de los edificios. El análisis liga los procesos con el consumo de recursos naturales como agua, la vegetación y el uso de suelo. Del mismo modo, abarca la producción de materiales, sistemas constructivos y sus residuos (Comisión Europea, 2010).

En cuanto al área exterior se encuentran la definición arquitectónica y la urbanística del hospital sustentable de Tulum, Quintana Roo. Es decir, la envolvente del edificio y sus interacciones con el entorno urbano. Se denomina envolvente al exterior de un edificio, a esa “capa” que lo define en su forma y lo separa de lo que se considera exterior. Para comenzar, la Secretaría de Salud (2010, p. 3) considera un “Hospital Sustentable Intercultural es aquel que intencionalmente”:

“incorpora elementos en espacios arquitectónicos y procedimientos de atención, para fortalecer las condiciones de salud para la gente y el ambiente, para que sea más eficiente en el manejo de la energía y recursos, y para evitar y/o erradicar las barreras culturales y facilitar el acceso de los usuarios.”

Es así que un Hospital Sustentable, desde su diseño, pretendería modificar su medio físico-natural en la menor medida posible, tratando de conservar sus características y adaptando su arquitectura. De ahí, para el “plantado” de la estructura se contemplen factores como los vientos dominantes, el asoleamiento y la vegetación existente.

Por todo lo dicho, el primer paso para el diseño del hospital fue el levantamiento del sitio, el cual está ubicado en un área considerada como “acahual” que en lengua náhuatl refiere a la selva en recuperación. En esta etapa se observó la abundancia de árboles de “Tzalam”⁶⁹, lo que implica que esta poca diversidad es la característica típica de un área

⁶⁹ Nombre científico *Lysiloma latisiliqua*.

previamente impactada. Se prosiguió, como se muestra gráfica 19, a la “georeferenciación”⁷⁰ con GPS⁷¹, con los datos obtenidos de 138 árboles clasificados según su diámetro de entre 20 y más de 30 cm en poco más de dos hectáreas.

Gráfica 19: Levantamiento georeferenciado de árboles.



Fuente: Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

⁷⁰ Se refiere a la técnica geográfica que asigna, por coordenadas, la ubicación de un objeto cualquiera de tal manera que sea ubicable.

⁷¹ De sus siglas en inglés Global Positioning System que se traduce como Sistema de Posicionamiento Global. Para el caso del hospital de Tulum se empleó diferencial Promark 3 con precisión de 0.005 +2 ppm. El procesamiento de datos se utilizaron las antenas de la red geodésica nacional activa operada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

De esta manera, se altera el esquema de diseño convencional de obra pública, que implica la remoción de vegetación del área a construir. Finalmente, la tabla 11 indica que porcentaje de la vegetación presente fue finalmente conservada en el terreno en cuestión, que para el caso de Tulum fue de 71%.

Tabla 11: Preservación final de árboles en el sitio.

| | RANGO DE DIAMETRO EN CMS | | | | | | | | TOTAL | % |
|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------------|------------|
| | 5-14 | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-49 | 50+ | | |
| SE CONSERVAN | 7 | 14 | 18 | 25 | 15 | 11 | 8 | 0 | 98 | 71 |
| SE ELIMINAN | 1 | 5 | 15 | 6 | 3 | 6 | 3 | 1 | 40 | 29 |
| | | | | | | | | | TOTAL | 138 |
| | | | | | | | | | | 100 |

Fuente: Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

Estos datos fueron de apoyo para el diseño del futuro edificio ubicándolo en áreas despejadas, que para el caso del hospital se localiza al centro del terreno, como se observa en la imagen 1.

Imagen 1: Fotografías del despalme selectivo del terreno.



Fuente: Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

Además, otros puntos a considerar son la reducción de los impactos a su entorno inmediato, como se mencionó anteriormente; son la contaminación sonora, del aire y el

calor. En el Hospital Sustentable de Tulum, como se observa en las imágenes 2 y 3, la disminución del ruido se logrará con un adecuado manejo de barreras protectoras, como pueden ser elementos que “rompan” o difuminen el sonido. La vegetación y materiales y acabados con textura suelen ser utilizados para lograr este efecto. En este orden de ideas, la vegetación también es empleada tanto para reducir las partículas suspendidas en el aire como para reducir el “efecto isla de calor”. Este último es un fenómeno producido por la reflexión y radiación de la energía solar. Se conoce como isla de calor debido a que si se grafica en el corte transversal de una ciudad y su área periférica, las temperaturas diurnas alcanzarán un pico en el centro de la masa urbana. La gráfica tiene forma muy similar a una dispersión normal estadística, asemejando a una isla. Lo anterior es debido a que las construcciones “modernas” fomentan la reflexión y la radiación del calor solar.

Imagen 2: Conjunto del edificio.



Fuente: Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

Imagen 3: Fachada poniente del hospital, acceso de servicio.



Fuente: Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

Como se mencionó en el párrafo anterior, el diseño de la envolvente del edificio tiene repercusiones sobre el medio ambiente inmediato, puesto que representa el contacto del elemento arquitectónico con su zona urbana. Sin embargo, no es la única manera en que interactúa, ni la única forma con la que se puede fomentar la reducción de las emisiones. Un Hospital Sustentable promueve el transporte alternativo, es decir que se cuenta con espacios y disposiciones que se constituyen en incentivos para el peatón y para el uso de transportes alternativos como la bicicleta. Precisamente para el caso de Tulum, se fomenta a través de accesos especiales, los cuales conducen hacia zonas de aparcamiento sombreadas y preferenciales. La prioridad de aparcamiento por tipo de transporte sigue el siguiente orden: bicicletas, discapacitados, motocicletas y finalmente vehículos. Adicionalmente, el conjunto plantea áreas de ascenso y descenso para taxis y transporte masivo.

En el caso de Tulum, además de emplear materiales y métodos constructivos locales más amigables con el entorno, se contempla con un diseño intercultural. Implica el permitir proyectar espacios no contemplados en el diseño convencional. Cobra relevancia por estar insertado en una zona con fuerte influencia Maya. De esta manera, inicia con el brindar accesibilidad con transporte alternativo como las bicicletas, ya que es muy usado en las comunidades indígenas. Las áreas de tratamientos autóctonos como lo es el parto vertical

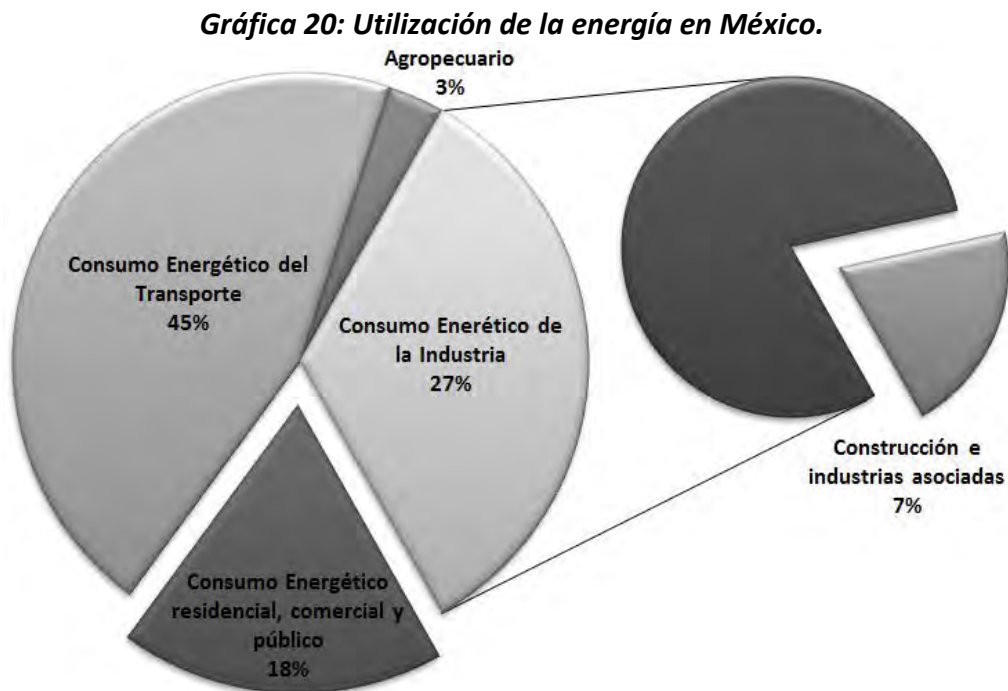
vinculado con Tocología y los masajes tradicionales con imaginología⁷² vinculan el pasado con el presente. Finalmente, los baños de vapor conocidos como “temazcales” y la medicina tradicional en su conjunto complementan la propuesta.

De ahí, los subsecuentes dos apartados presentarán las estrategias empleadas en el proyecto del hospital sustentable de Tulum, Quintana roo, para minimizar sus impactos. En primer lugar, se expone la metodología que deriva en estrategias de uso eficiente de la energía. En segundo lugar, se presenta la recopilación de información para la selección de materiales y acabados considerados de bajo impacto, así como las técnicas implementadas para el manejo integral de residuos sólidos y líquidos. Así, se describe la manera en la que se propone la obtención y uso de agua desde un enfoque alternativo.

⁷² De acuerdo a la RAE: Estudio y utilización clínica de las imágenes producidas por los rayos X, el ultrasonido, la resonancia magnética.

3.2.2 El uso de energías.

En cuanto a la energía, de acuerdo a datos de SENER (2012) reflejados en la gráfica 20, en México, el porcentaje de energía de las construcciones residenciales, públicas y comerciales es alrededor del 20% del consumo energético total nacional. Lo anterior no contempla lo que ocupan las industrias relacionadas con la construcción, como la del cemento, siderurgia y vidrio, que a su vez se vinculan con la minería y la refinación de combustibles, las cuales en conjunto representan cerca del 30% del total de la industria nacional. Si a esto se pudiera agregar lo utilizado por el transporte, el cual por si sólo representa cerca del 50% del total nacional, los impactos negativos relacionados pueden ser mucho mayores.



Fuente: Elaboración propia con base a SENER (2012).

El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano que registran precipitaciones entre 1,000 y 2,000 mm anuales y temperaturas que oscilan de 22° y 26°, con regiones en donde superan los 26°C (Servicio Meteorológico Nacional, 2010). Estas

características son similares con el 23% del territorio nacional, por lo que estrategias similares se pudieran utilizar en estas zonas.

Los pasos para reducir el consumo energético se muestran en la gráfica 21. Primeramente, para definir las estrategias de diseño pasivo se utilizó el diagnóstico bioclimático. Para estimar los valores, se seleccionó la hoja de cálculo de Luna (2008) que utiliza la metodología descrita por Docherty & Szokolay (1999). La hoja tiene por objeto delimitar las técnicas pasivas aplicables a la edificación en concordancia con el clima. Para establecer la zona de confort térmico, en la cual un individuo promedio percibe comodidad de acuerdo a las variables de humedad y temperatura, se seleccionó el modelo de Auliciems definido en 1981. La amplitud de rangos de confort térmico seleccionada fue de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Finalmente con las temperaturas promedio mensuales, se calculó la temperatura neutral (T_{neutral}) mensual, además de los límites de confort para Tulum Quintana Roo.

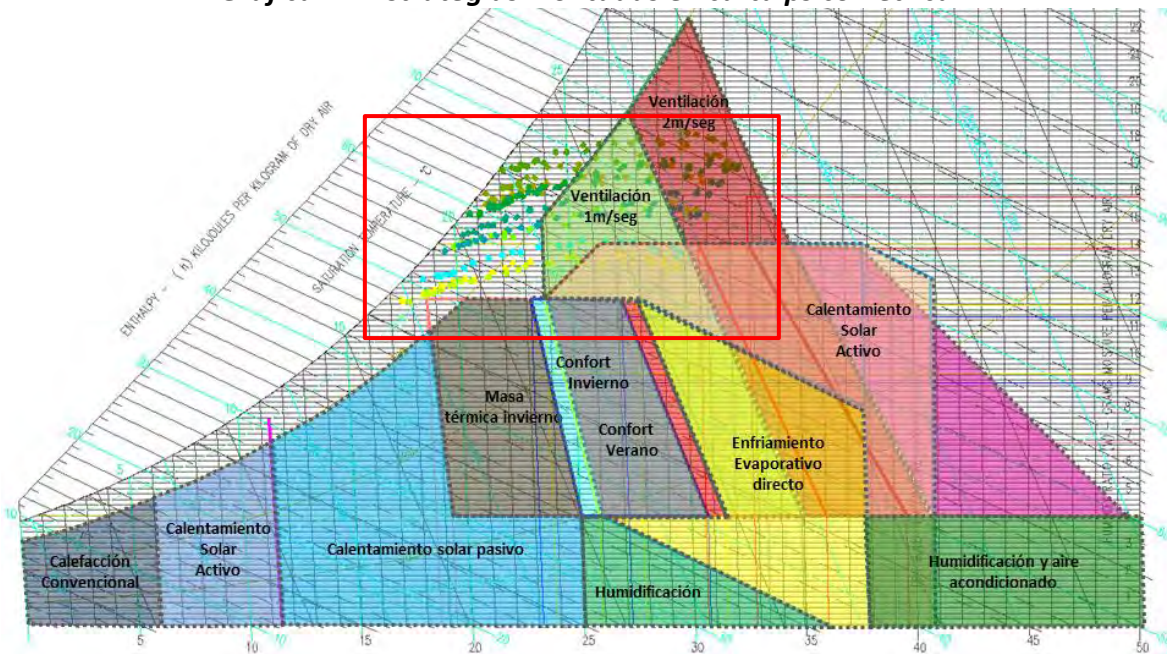
Gráfica 21: Pasos para reducir el consumo energético.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los cálculos se grafican en la carta psicrométrica ASHRAE No. 1 para el nivel del mar. Como se observa en la gráfica 22, se ven expresadas las estrategias bioclimáticas definidas: como lo son la masa térmica, la ventilación natural, el enfriamiento evaporativo entre otras. Las estrategias se establecieron al ubicar en la carta psicrométrica los puntos que representan la temperatura/humedad medias horarias mensuales. De esta manera, las que quedan contenidas dentro del área corresponden a cada estrategia.

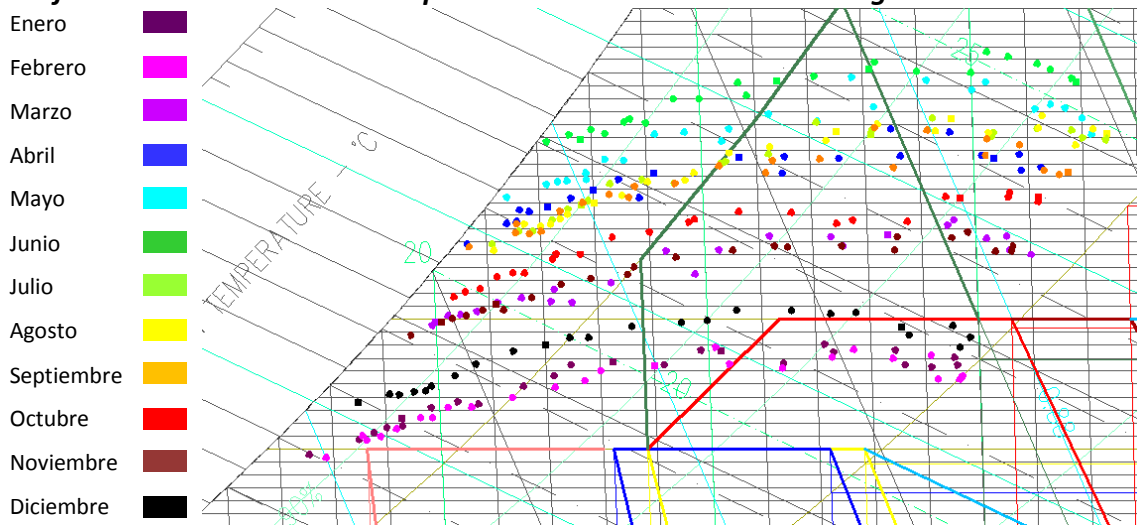
Gráfica 22: Estrategias montadas en carta psicrométrica.



Fuente: Elaboración propia sobre carta psicrométrica ASHRAE No. 1, nivel del mar.

La ubicación de los puntos se realizó de acuerdo a las horas de la temperatura promedio mensual, como se muestra en la gráfica 23. Si se cuentan con 24 horas por 12 meses se reflejan 288 puntos. Los datos provienen de las normales Climatológicas de 1971-2000 de la Estación 00023025 Tulum del Servicio Meteorológico Nacional (2010).

Gráfica 23: Incidencia de la temperatura de Tulum con las estrategias bioclimáticas.



Fuente: Elaboración propia con Normales Climatológicas de 1971-2000.

Las consideraciones de los resultados se indican en la tabla 12. Estos implican que la única y más eficiente estrategia de diseño, dada la revisión de estrategias por hora es la ventilación, únicamente variando la velocidad requerida.

Tabla 12: Consideraciones a las estrategias bioclimáticas.

| Componente | Consideraciones |
|-------------------|---|
| Orientación | <ul style="list-style-type: none"> - Mejor orientación Suroeste –Noreste para recibir transversalmente los vientos dominantes Este-Sureste. - Fachada principal orientada hacia el Norte. - Sembrado de espacios en el terreno en base a las horas de uso: diurnos del Norte al Este, nocturnos del Sur al Oeste. |
| Asoleamiento | <ul style="list-style-type: none"> - Evitar asoleamiento durante todo el año desde Sureste, Ssur, Ssuroeste y Oeste. - Elementos de protección de ventanas para generar sombra al suroeste-oeste. Por el ángulo tan agudo se recomienda parteluces. |
| Vientos | <ul style="list-style-type: none"> - Principal estrategia: se debe favorecer su uso en todos los espacios de circulación interior y exterior. - Conservación de vegetación para reducción de incidencia directa de la radicación solar sobre elementos construidos. |
| Interiores | <ul style="list-style-type: none"> - Cubiertas protegidas mediante material térmico y colores claros. - Muros de orientación sureste, sur, suroeste y oeste de material aislante. - Ventanas del sureste al suroeste protegidas del asoleamiento directo mediante elementos construidos. |
| Exteriores | <ul style="list-style-type: none"> - Uso de vegetación endémica como creador de microclimas. - Elementos que provean sombra tipo pérgolas o similares en zonas de espera circulación y aparcamiento. |

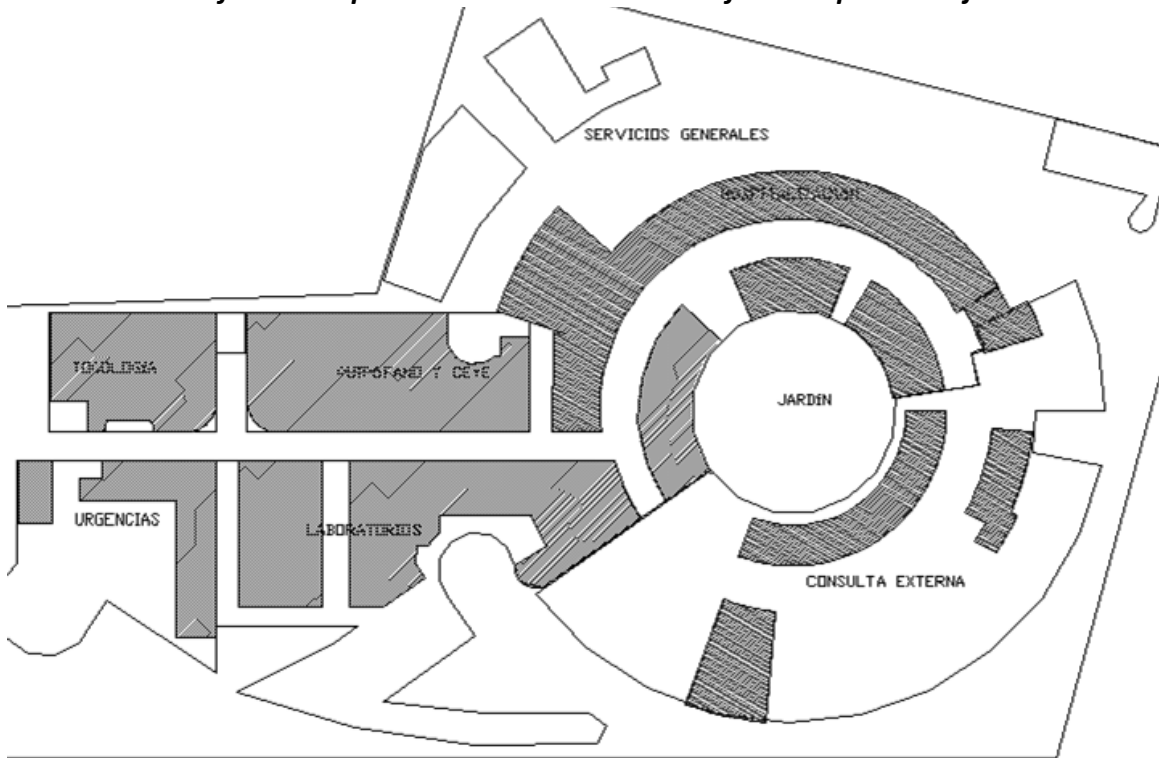
Fuente: Elaboración propia.

Nota: los parteluces son elementos protectores de vanos (como puertas y ventanas) dispuestos verticalmente en el exterior

Si bien es cierto que en un hospital existen áreas que obligadamente deben contar con climatización artificial, como lo son los quirófanos, en la propuesta se optó por reducir y definir las áreas a climatizar, que para el caso de la propuesta representa el 39% de la superficie construida como lo muestra la gráfica 24. Adicionalmente, el equipo propuesto tipo “cassette” es de alta eficiencia, cuenta con ocho diferentes filtros y un sistema

redundancia integrado que garantiza su funcionamiento en caso de fallas. Lo anterior también reduce el costo de instalar el doble de los equipos para una eventual emergencia. Sin embargo, siempre es recomendable no utilizarlos al máximo de su capacidad para evitar choques térmicos.

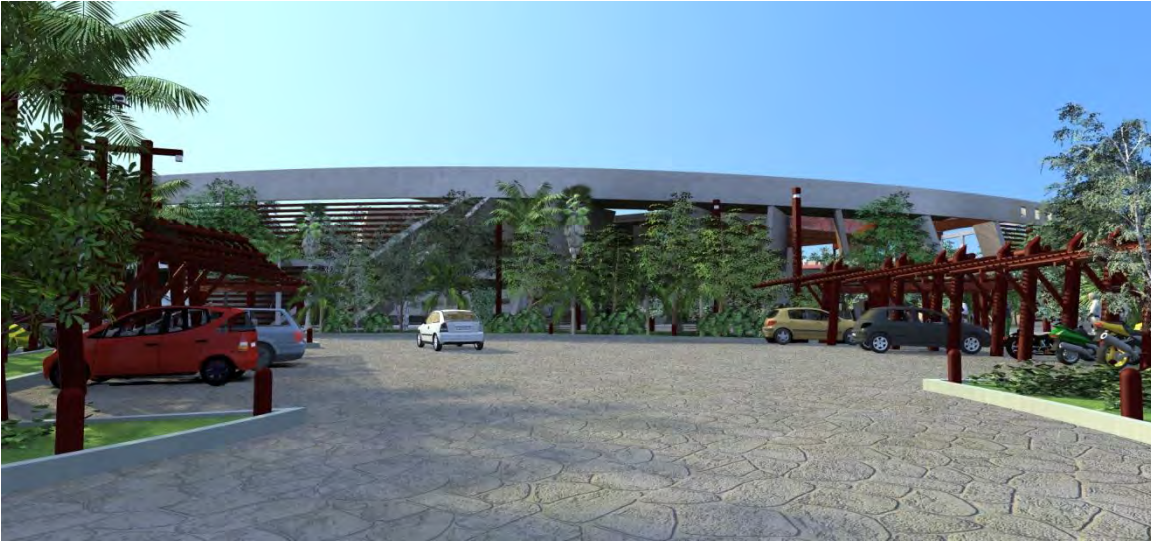
Gráfica 24: Espacios con climatización artificial en planta baja.



Fuente: Hospital Sustentable de Tulum.

A continuación, como se distingue en la imagen 4, el diseño de los exteriores evita la irradiación de calor que pudiera ser enviado al interior. Se cuenta con andadores sobrados con pérgolas de materiales locales y las formas, los materiales y los colores propuestos para la envolvente reduce las transferencias térmicas al interior, sin ocasionar el efecto de isla de calor en todo el conjunto.

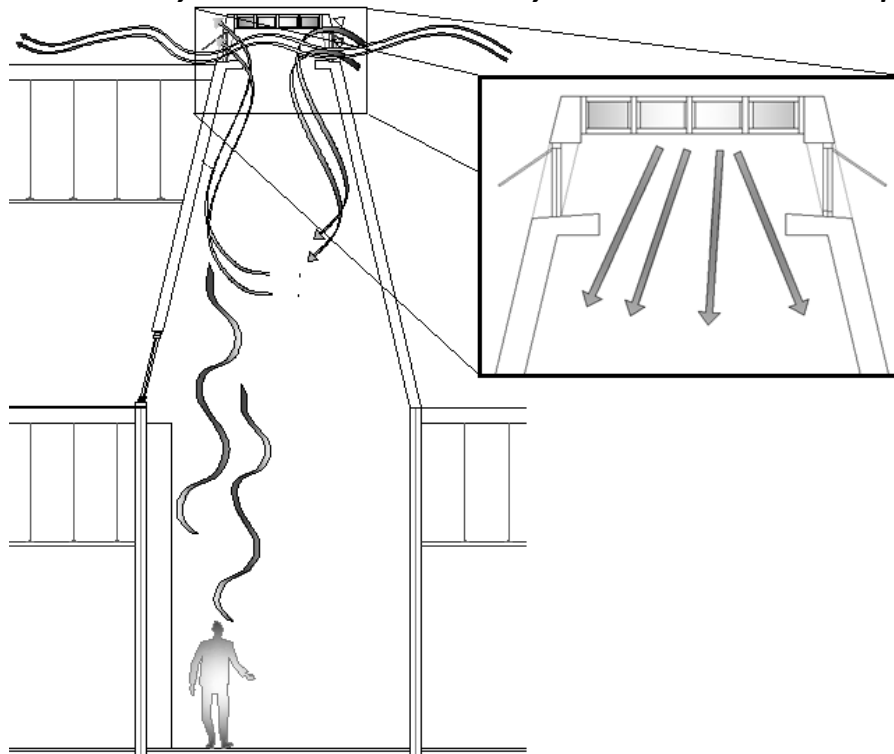
Imagen 4: Fachada norte y acceso principal del hospital.



Fuente: Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

La iluminación y ventilación naturales se verían favorecidas por los jardines interiores y los pasillos a doble altura que recorren la totalidad del edificio como muestra la gráfica 25.

Gráfica 25: Corte y detalle de la iluminación y ventilación naturales en pasillos.



Fuente: Hospital Sustentable de Tulum.

En este sentido, la propuesta incluye la utilización de luminarias tipo LED⁷³ de bajo consumo y alta vida útil. Las luminarias de este tipo cuentan con mejor geometría óptica y su espectro luminoso es optimizado por lo que su respuesta espectral está sintonizada con la sensibilidad del ojo humano. La eficiencia luminosa es 1.7 veces superior a la de la lámpara fluorescente y aproximadamente 11.5 veces la de una lámpara incandescente, que se indica en la tabla 13. Otra de sus principales ventajas sobre las lámparas fluorescentes, es que se puede variar la intensidad de la luz emitida. Lo anterior resulta conveniente al complementarse con los sensores que detectan las variaciones en la luz natural y regulan la luz en el interior. El equipo también cuenta con sensores de presencia que apagan automáticamente las lámparas en pasillos y áreas de tránsito temporal. Cabe señalar que, en el diseño de la iluminación exterior, se cuidó el no afectar los ciclos naturales de la fauna nocturna que son de ayuda para la polinización y la salud del ecosistema.

Tabla 13: Comparativo del consumo por tipo de lámparas.

| Tipo de lámpara | Consumo hora | Consumo En 60.000 horas |
|-----------------|--------------|----------------------------|
| Filamento | 0,1 KW | 2.664 KW |
| Fluorescente | 0,05 KW | 1.332 KW |
| LED | 0,015 KW | 399,6 KW |

Fuente: Hospital Sustentable de Tulum.

Los paneles solares instalados complementan en un 23% la demanda de energía contratada estimada por concepto de iluminación. No se propuso la instalación de banco de baterías, lo cual en ocasiones resulta lo más costoso del sistema. Además, si se plantea un medidor bidireccional interconectado a la red eléctrica, de tal manera, que de existir excedentes, serían absorbidos por la instalación de la Comisión Federal de Electricidad y tomados a favor del hospital para consumos futuros.

Es importante remarcar el hecho de que la proyección de los encamados de hospitalización se realizó con vista hacia los jardines, tal como se realiza en las

⁷³ Acrónimo que proviene por sus siglas en Inglés “Light-Emitting Diode” que se traduce como diodo emisor de luz o diodo luminoso.

instalaciones hoteleras turísticas. Esta propuesta no renuncia a la funcionalidad y no es exclusivamente para favorecer la iluminación y ventilación naturales, sino que es un incentivo para el humor y el buen estado de ánimo en los pacientes encamados. Así pues, para alcanzar una constante ventilación natural, el eje del cuerpo principal del hospital fue plantado transversalmente a los vientos dominantes. Por último, los jardines interiores y la doble altura de la fachada favorecen la generación de áreas de baja presión, lo cual fomenta la ventilación en las áreas más intrincadas de los interiores del edificio.

3.2.2 Materiales de bajo impacto, manejo de agua y residuos.

Otro elemento importante es la reducción de la demanda de materiales que favorezcan la alta entropía⁷⁴. En otras palabras, se consideren los que cuentan con ciclos de producción y transporte complejos, lo cual favorece las pérdidas energéticas que a su vez tienen impactos en el medio ambiente. Los materiales sustentables son, por regla general, materiales poco industrializados. Deben entre otras características reducir costos de mantenimiento y remplazo, conservar de la energía, mejorar la salud y la productividad de los ocupantes. En este sentido, se prefieren los materiales locales y poco industrializados. La toma de decisión incluye este criterio además de consideraciones de duración y precio. González & Navarro (2006) estiman que la selección adecuada de Materiales de Construcción de bajo impacto pueden reducir las emisiones de CO₂ hasta en un 30%.

En la tabla 14, se muestra un caso comparativo de los impactos ambientales por la producción de recubrimientos para pisos. En el análisis, se tomó en cuenta precio, espesores, propiedades térmicas, presencia de compuestos nocivos para la salud, resistencia a agentes químicos, durabilidad, entre otros. En años anteriores, lo habitual eran los pisos de vinil en hospitales. En el presente, se ha optado por porcelanatos para las construcciones nuevas y remodelaciones. Cabe señalar que las diferencias en costos por metro cuadrado no resultaron significativas.

Tabla 14: Impactos ambientales por la producción de pisos.

| Estilos de piso | Energía utilizada (MJ/Ton) | Emanación de CO ₂ (Kg of CO ₂ /Ton) |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| Canteras o lajas | 240 | 12 |
| Mármoles | 5,900 | 317 |
| Pisos cerámicos | 9,000 | 430 |
| Pisos porcelanatos rectificados | 9,000 | 430 |
| Pisos de vinil | 115,100 | 3,900 |

Fuente: Realización propia con base en Joseph & Tretsiakova-McNally (2010).

⁷⁴ Expresado desde el punto de vista de que cada trabajo realizado desprende, en mayor o menor medida, energía en forma de calor: A mayor calor desprendido más alta será la entropía y por ende mayor consumo energético. No se implica sobre los límites naturales de la cantidad de energía utilizable de un sistema.

También, se pretendería reducir la dependencia de recursos exteriores, en particular del agua y la energía. El ideal en estos puntos es de huella hídrica cero y de carbono, relacionado a la energía, neutro o incluso negativo. Esto último se logra “secuestrando” el carbono mediante actividades que lo demandan. Ya se mencionó que, en las áreas exteriores, se cuenta con pergolados realizados con maderas duras de la región. Para este respecto, se propone que sean de ejidos con plan de manejo forestal. En otros términos que, se garantizaría de alguna manera la preservación de los ecosistemas y la regeneración de los recursos. Hay que considerar que las plantaciones forestales demandan carbono en su proceso fotosintético. En este sentido, la madera resultante sería carbono secuestrado de la atmósfera. Estos pergolados sirven de sombreaderos para vehículos, andadores y parqueaderos de bicicletas. Como se mencionó, tanto las bicicletas como los espacios de aparcamiento para discapacitados cuentan con accesibilidad privilegiada.

A continuación, se tratará la obtención y el manejo del agua. Para comenzar, es uno de los elementos centrales de la propuesta. Hay que señalar que la demanda anual total del líquido se estima en 4,927 m³. Lo anterior ocurre si nos referimos a lo establecido por la Organización Panamericana de la Salud (450 litros/cama/día). En este contexto, bajo un sistema de captación de agua pluvial, el hospital será más que autosuficiente en este rubro. Lo anterior no cuenta los sistemas de ahorro explicados en la sección anterior. En este sentido, la conexión al sistema estatal de agua sólo debiera funcionar en casos de emergencia.

Particular resultó el cálculo del agua de lluvia captada, ya que se utilizó un sistema, del cual no se tenían referencias y que se debe en mucho a la contabilidad de costos respecto del flujo de efectivo. En primer término, se estima como “gasto corriente” los requerimientos estimados de agua mencionados en el párrafo anterior. Seguidamente se calcula, como si se tratase de ingresos, la captación de agua de lluvia. El ingreso es el resultado del producto de la precipitación promedio mensual por la superficie de intercepción en metros cuadrados. Consecuentemente, el flujo de “ingresos” resulta casi

siempre muy variable influenciado por las estaciones seca y lluviosa. Los dos escenarios extremos previstos son que se rebose la cisterna o que se quede vacía. La cisterna entonces tendrá el volumen de acuerdo al mes donde el flujo de agua es el más alto.

Por lo que sigue, se tratará la vinculación con la generación de residuos. Los cuales, no deben significar costos adicionales y deben ser manejables. Así, se busca favorecer la separación y el reúso como estrategia para reducir la entropía que generan los procesos. Cabe señalar que dichos procesos, como el tratamiento de agua y el manejo de residuos sólidos, demandan recursos. El enfoque empleado considera visualizarlos como insumos aprovechables en sí. En este sentido, si el 85%⁷⁵ de los residuos en establecimientos del sector salud son considerados comunes, no siendo infecciosos-patogénicos ni peligrosos. Estos pueden seguir un sencillo esquema de separación. La recuperación y reintegración a ciclos productivos de residuos hoy subutilizados es una alternativa para la disminución de las tasas de generación de desechos por medio de la estructuración de programas de reciclaje. Evita problemas comunes en los rellenos sanitarios convencionales donde las baterías, al degradarse, liberan metales pesados que contaminan el manto freático.

Lo anterior no implica equipos sofisticados ni cuantiosas inversiones. Para el caso del Hospital de Tulum, tanto los residuos orgánicos como las aguas residuales se tratan en sitio, reduciendo de este modo el costo de infraestructura de servicios de drenaje y recolecta de residuos. De esta manera, el Municipio no recibirá presión por este concepto. En este sentido, la primera contempla desperdicios en alimentos, podas de jardinería, papel, madera y algunos textiles, los cuales cuentan con un área de composteo especialmente diseñada para este fin y ligada a un vivero. El área de compostas y vivero propio pueden motivar la participación ciudadana y la intervención de los tres niveles de gobierno para lograr que el reciclaje genere beneficios ambientales y económicos. Cabe señalar que los problemas de los tiraderos urbanos ligados a la fauna nociva⁷⁶, son

⁷⁵ Porcentaje referenciado al peso.

⁷⁶ Desde un punto de vista antropocéntrico se conoce como fauna nociva al conjunto de animales, que por actividades relativas a su existencia o por estar en contacto directo con residuos biológicos e infecciosos fomentan o transmiten enfermedades al Ser Humano.

producto de la presencia de residuos orgánicos. Consecuentemente, ante su ausencia, no se propicia el problema. Otra estrategia contemplada para la reducción de residuos sólidos en el exterior es la proyección de bebederos de agua potable instalados en áreas públicas. Esto disminuirá la demanda del líquido embotellado reduciendo la generación, con bases culturales, de envases de PET⁷⁷.

En cuanto a la segunda, se cuenta con una planta de tratamiento para la recuperación de recursos en residuos líquidos tipo “Xochicalli” que se muestra en la imagen 5. Esta planta, además de limpiar el agua a una tercera parte del costo de una planta de tratamiento aeróbica típica, recupera metano utilizable producto del proceso de digestión, como lo muestra la tabla 15. Cabe señalar que el costo de tratamiento sólo es respecto del costo comercial observado. Del mismo modo, produce un líquido efluente desactivado, el cual puede ser utilizado como fertilizante e incluso para la engorda de ganado. Por consiguiente, los materiales en las aguas negras y basuras se transforman en productos útiles, desactivando los peligros ambientales.

Imagen 5: Planta de tratamiento Xochicalli para Tulum.



Fuente: Xochicalli (2011).

⁷⁷ Por sus siglas en Inglés *polyethylene terephthalate* que se conoce en español como tereftalato de polietileno, también como politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno tereftalato. Es un plástico resistente de uso común en envases y textiles.

Tabla 15: Comparativo de costos de tratamiento de aguas negras.

| Tipo de tratamiento: | Costo aproximado por m ³ tratado: | |
|--|--|-------------------|
| | Planta Convencional | Planta Xochicalli |
| NOM-. 003-ECOL-1997 , límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público | > \$3.00 / M3 | <\$1.00 / M3 |
| NOM-. 002-ECOL-1996 , límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal | > \$2 / M3 | > \$0.50 / M3 |
| NOM-. 001-ECOL-1996 , límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales | >= \$1.50 / M3 | < \$0.50 / M3 |

Fuente: Elaboración propia con base en Xochicalli (2011)

Las plantas de tratamiento “Xochicalli” se construyen con diferentes materiales locales e industriales. El esquema de tratamiento incluso supera los requerimientos de la Norma Oficial respectiva en cuanto a calidad de aguas de servicio. Entre los más empleados, está el ferrocemento⁷⁸, los plásticos y el concreto armado. En cambio, las plantas convencionales, además de demandar energía, con sus consecuentes perjuicios ambientales, generan lodos activados, fuente de contaminación del aire y peligrosos para el contacto humano. Por este sentido, deben ubicarse lejos de los centros urbanos, con sus correspondientes costos de traslado.

Por su parte, las plantas propuestas al controlar su contacto con el aire pueden disponerse en zonas urbanas. En la imagen 6 del 2011, se enseña un sistema de tratamiento y recuperación en jardín público cerca del centro de la Cd. de México construido para el Gobierno del D.F. La imagen 7 muestra un sistema de tratamiento de 5.50 lps⁷⁹ para reciclarse en riego y fuentes. Se construyó entre zonas urbanas de lujo en Barranca de Interlomas, Huixquilucan, Edo. de México. Es de resaltar que el costo de tratamiento es de \$0.75/m³, muy por debajo de los más de \$12.00/m³ de costo comercial del agua en la

⁷⁸ Técnica constructiva versátil de concreto muy rico en cemento y de poco espesor (5cm) reforzado uniformemente por mallas de alambre de acero de diámetro pequeño.

⁷⁹ Abreviatura de “litros por segundo”, en dinámica de fluidos e hidrometría unidad de flujo volumétrico, tasa de flujo de fluidos o caudal que mide el gasto hidráulico en un tiempo determinado.

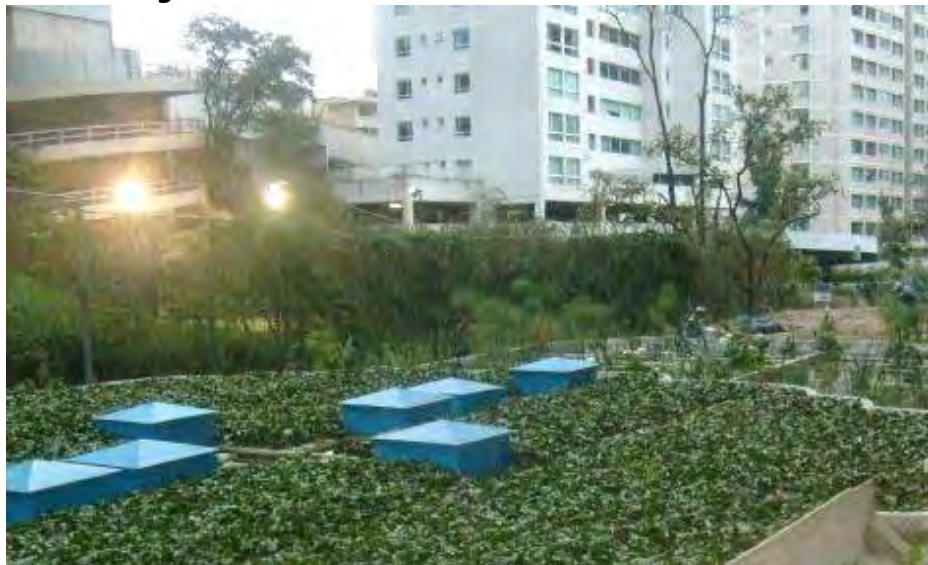
zona. Sin duda, estos efectos pudieran cuantificarse en un estudio de precios hedónicos, sin embargo no se profundizará en este respecto, enfocándose exclusivamente en los impactos directos e indirectos de las alternativas de tratamiento planteadas.

Imagen 6: Sistema Xochicalli Centro DF.



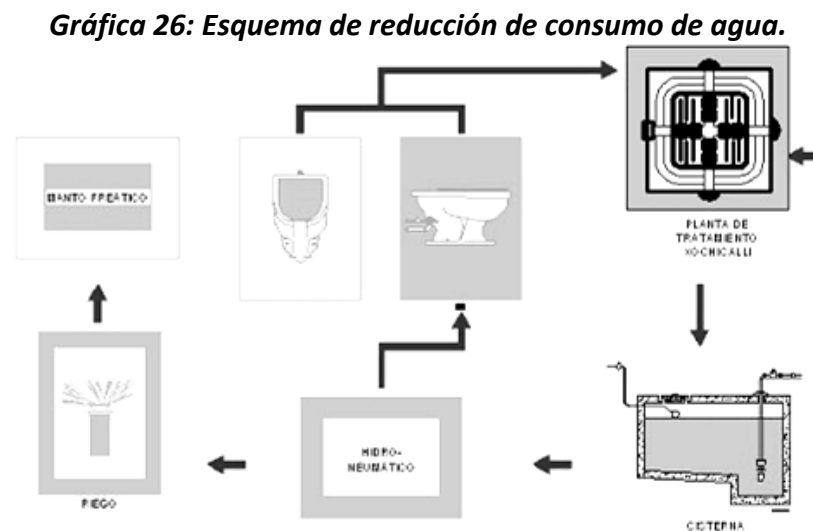
Fuente: Xochicalli (2011).

Imagen 7: Planta de tratamiento Xochicalli Interlomas.



Fuente: Xochicalli (2011).

A continuación, el sistema para reducción del consumo de agua se muestra en la gráfica 26. Contempla la reutilización del agua tratada en un sistema paralelo que suministra el servicio a los sanitarios. Cabe señalar que el agua tratada deberá cumplir con estrictas normas de saneamiento y purificación con rayos ultravioleta. El objetivo de lo anterior es evitar la transmisión de enfermedades. Adicionalmente, los mingitorios están previstos como secos reduciendo la demanda total de agua. En suma, esta agua regresará al sistema de tratamiento haciéndolo continuo. El excedente del agua tratada se ira al riego de los jardines, que como se mencionó con anterioridad, fue diseñado con plantas endémicas para reducir la demanda de riego.



Fuente: Hospital Sustentable de Tulum.

Finalmente, el agua negra no puede ni debe filtrarse a los mantos subterráneos de Tulum, cenotes, cavernas, ríos subterráneos o pozos. En este sentido, el trabajo del Hospital Sustentable e Intercultural de Tulum coadyuvará como muestrario de alternativas a la conservación del río subterráneo más grande del mundo, 153 Km según estimaciones. Sin duda, los beneficios se maximizan cuando se incluyen externalidades y beneficios indirectos. Sin embargo, es complejo y difícil de cuantificar (Comisión Europea, 2010). En este sentido, en la evaluación de la siguiente sección se contemplarán las que se consideran más relevantes.

3.3 Medición biofísica y monetaria de la incidencia ambiental: Un estudio comparativo “hospital sustentable” y hospitales convencionales.

En definitiva, en el presente apartado, se presenta la tentativa de la evaluación biofísica y monetaria del hospital sustentable la cual se divide en tres secciones. Para iniciar, en la primera sección se introducen los componentes a los que limitará la evaluación, en donde se explicará brevemente sus unidades y las cantidades en las que se tiene el registro. Son diversos ya que se juega con diferentes medidas de superficie, volumen, trabajo y energía.

Desde el punto de vista de la física, el trabajo se entiende como el desplazamiento de una fuerza en la propia dirección de la fuerza, es decir la fuerza por el desplazamiento. Partiendo de lo anterior, energía es todo lo susceptible de transformarse en trabajo. Consecuentemente, existen muy diversos tipos de energía como la potencial, la gravitatoria, la cinética, la química, la eléctrica, la nuclear, la calorífica, lumínica entre muchas otras. La energía tiene las mismas unidades que el trabajo⁸⁰.

Posteriormente, para establecer una medida o parámetro de referencia, respecto de las mejoras que implicaría el hospital de Tulum, se cuenta con una muestra de hospitales del Estado de Quintana Roo. Se incluyen en el estudio los hospitales generales de Cancún,

⁸⁰ En el sistema internacional, se emplea el Julio o Joule (*J*). Diferentes unidades de energía son, la caloría, las *BTU*, por sus siglas en Inglés; “British Thermal Unit”, y la tonelada equivalente de carbón (*TEC*). Otro término que se manejará es la potencia, la cual es la velocidad con que se realiza un trabajo, en otras palabras la rapidez con la cual se “transforma” la energía. La principal unidad de potencia es el Vatio o Watt, siendo un Watt un Joule consumido en un segundo ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$). De ahí, un watt-hora (1 Wh) sea igual a 3,600 Joules/segundo o que 1 kilo-watt-hora (1 kWh) represente 3,600,000 Joules/segundo. Otras unidades de potencia son el caballo de vapor o caballo de potencia (*HP*), por sus siglas en Inglés; “Horse Power” y la tonelada de refrigeración (*TRF*).

Chetumal, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto y Playa del Carmen. Adicionalmente, se cuenta con el Hospital Materno Infantil Morelos de la ciudad de Chetumal, el cual es un edificio histórico parcialmente climatizado que servirá de referencia. Cabe mencionar que el material de apoyo como planos, tablas y croquis forma parte integral de los anexos A y B.

Seguidamente, se obtuvieron de los hospitales mencionados el consumo histórico de energía eléctrica y agua potable. Para la energía, se utilizó la demanda máxima (kW), el consumo total (kWh) y el costo social de la electricidad del periodo correspondiente. En cuanto al agua, se empleó el consumo estimado de los hospitales cruzando datos con el costo social marginal ($\$/m^3$) de suministrar agua para el municipio de Tulum. El tratamiento de las aguas residuales es el último costo evaluado. Para ponderar el consumo, se dividieron según sus funciones y se cuantificaron los metros cuadrados operativos de cada hospital. A esta muestra, se agrega el hospital sustentable de Tulum que, a diferencia de los anteriores, se estima el gasto futuro.

Luego, se cuantificaron las salidas eléctricas de luminarias, contactos y el consumo esperado del equipo. A la suma total del consumo, se establece un porcentaje que, para el caso, fue de 60% del total y que corresponde a su demanda contratada. El hospital contempla el suministro e instalación de equipo fotovoltaico el cual complementará la demanda. Resulta evidente que, en la evaluación monetaria, su costo se debe contemplar y cruzar con los beneficios estimados.

A continuación, en la segunda sección, se establecen los impactos biofísicos de huella de carbono (CF) y huella hídrica (WF). Se eligen estos parámetros por su especificidad sumada a los beneficios asociados a los indicadores de este tipo. Se presentan primero los biofísicos ya que se debe estimar el volumen demandado o consumido, que es un paso vinculado al establecer el impacto monetario total. De ahí, se estimen las huellas de carbono antes para dar lugar a asignar costos y beneficios monetarios, lo cual correspondería a la última sección. Como ya se mencionó, ambos métodos sirven de apoyo en la toma de decisiones. En conclusión, se espera que los resultados sirvan de referencia para la sostenibilidad de las políticas públicas en materia de salud. Así, las

recomendaciones generadas servirán de guía a las inversiones en infraestructura sanitaria, de tal manera que, se reduzcan los impactos negativos hacia el medio ambiente.

3.3.2. Evaluación biofísica: Estimaciones de la huella de carbono y de la huella hídrica.

Primeramente, la Huella de Carbono pretende medir específicamente la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero generadas directa o indirectamente por una actividad o acumuladas por las etapas de vida de un producto (Galli et al., 2011). Cabe aclarar que a pesar de su nombre, la huella de carbono no se expresa en términos de área, ha, m², km², etc., sino que simplemente se cuantifica en unidades de masa el total de gases de efecto invernadero, kg, t, etc. Como se mencionó en la sección anterior, la energía es producida por generadores a base en combustible fósil. En este sentido, la tabla 16 muestra la generación de emisiones de CO₂ por unidad de energía producida. Para nuestro caso de estudio, el diesel por ser un derivado del petróleo genera 0.27 Kg CO₂ por cada kWh generado. De ser así, faltaría contemplar las pérdidas asociadas con el suministro de energía, que puede involucrar cientos de kilómetros desde el lugar de original producción.

Tabla 16: Emisiones de CO₂ por unidad de energía de distintos combustibles.

| Combustible | Kg CO ₂ / kWh |
|-----------------|--------------------------|
| Gas Natural | 0.2 |
| Petróleo | 0.27 |
| Carbón | 0.3 -0.35 |

Fuente: Comisión Europea (2010, p. 95).

De incluir otros gases de efecto invernadero (GHG), como el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆), la unidad utilizada de masa se le añadirá CO₂-e, por dióxido de carbono equivalente. La tabla 17 muestra los factores de conversión que ponderan el Potencial de Calentamiento Global (GWP⁸¹) de cada gas incluido en el Protocolo de Kioto. El factor se

⁸¹ Abreviatura en inglés de Global Warming Potential, en referencia al Potencial de Calentamiento Atmosférico de cada gas.

multiplica por la cantidad de gases emitida en toneladas anuales, transformándolo a Kilos para obtener los Kilogramos de dióxido de carbono equivalente (Kg CO₂-e).

Tabla 17:- Factores de Emisiones de GHG incluidas en el Protocolo de Kyoto.

| | Emisión | Formula Química | Factor de conversión (GWP) |
|------------------------|--------------------|---|----------------------------|
| | Dióxido de Carbono | CO ₂ | 1 |
| | Metano | CH ₄ | 21 |
| | Óxido nitroso | N ₂ O | 310 |
| Hidrofluorocarbonos | HFC-23 | CHF ₃ | 11,700 |
| | HFC-32 | CH ₂ F ₂ | 650 |
| | HFC-41 | CH ₃ F | 150 |
| | HFC-125 | CHF ₂ CF ₃ | 2,800 |
| | HFC-134 | CHF ₂ CHF ₂ | 1,000 |
| | HFC-134a | CH ₂ FCF ₃ | 1,300 |
| | HFC-143 | CH ₃ CF ₃ | 300 |
| | HFC-143a | CH ₃ CHF ₂ | 3,800 |
| | HFC-152a | CF ₃ CHFCF ₃ | 140 |
| | HFC-227ea | CF ₃ CH ₂ CF ₃ | 2,900 |
| | HFC-236fa | CHF ₂ CH ₂ CF ₃ | 6,300 |
| | HFC-245fa | CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃ | 560 |
| | HFC-43-10mee | CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃ | 1,300 |
| | Perfluorocarbonos | PFC-14 | CF ₄ |
| PFC-116 | | C ₂ F ₆ | 9,200 |
| PFC-218 | | C ₃ F ₈ | 7,000 |
| PFC-318 | | c-C ₄ F ₈ | 8,700 |
| PFC-3-1-10 | | C ₄ F ₁₀ | 7,000 |
| PFC-4-1-12 | | C ₅ F ₁₂ | 7,500 |
| PFC-5-1-14 | | C ₆ F ₁₄ | 7,400 |
| Hexafluoruro de azufre | | SF ₆ | 23,900 |

Fuente: Elaboración propia a partir de DECC & DEFRA (2012, p. 18).

De ahí, la huella de carbono de un solo producto (CF_p) se puede calcular a partir de la ecuación 4. En donde **GWP** es el potencial de calentamiento atmosférico de cada gas de efecto invernadero (GHG) *i* que se esté considerando y **Q** es la cantidad de GHG *i* para cada entrada *j* que se contemple:

$$CF_P = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n GWP_i * Q_{i,j} \quad (5)$$

Dentro de las ventajas de este indicador, se encuentra el poder asignar la responsabilidad de la generación directa o indirecta de dióxido de carbono para cada actividad. En otras palabras, no se restringe a la generación, pérdidas y consumo de energía, como se

muestra en la tabla 18, sino que adicionalmente se puede contemplar los materiales y técnicas constructivas empleadas.

Tabla 18: Factores de conversión de energía eléctrica para México.

| Concepto | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| kgCO ₂ electricidad por kWh generada | 0.57095 | 0.49545 | 0.50931 | 0.48224 | 0.47915 | 0.43032 | 0.45498 |
| kgCO ₂ por kWh de pérdidas de energía en la transmisión y distribución | 0.11923 | 0.10347 | 0.10906 | 0.10134 | 0.10232 | 0.09248 | 0.09605 |
| kgCO ₂ electricidad por kWh consumido | 0.69018 | 0.59892 | 0.61837 | 0.58358 | 0.58147 | 0.5228 | 0.55103 |
| <i>Pérdidas por distribución</i> | 17.28% | 17.28% | 17.64% | 17.37% | 17.60% | 17.69% | 17.43% |

Fuente: Elaboración propia a partir de DECC & DEFRA (2012, pp. 44-46).

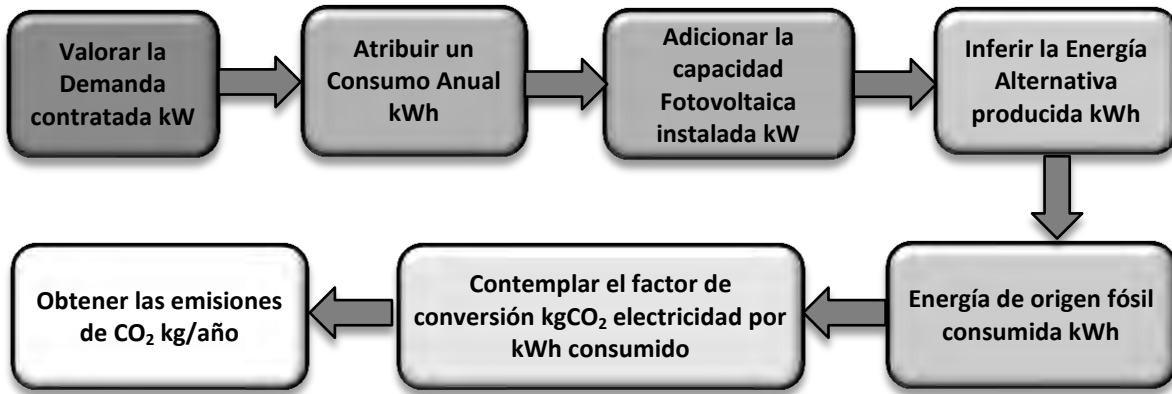
El proceso que se siguió para determinar la huella de carbono se describe en la gráfica 27. El primer paso implica obtener la carga total instalada, la cual implica cuantificar y agregar la carga de todos los contactos, normales, regulados y de emergencia, más el alumbrado, tanto interior como exterior, así como la carga del equipamiento y aires condicionados. La carga contratada no es más que un porcentaje⁸² de la carga total instalada. Acto seguido, el consumo anual se obtuvo asignando valores con base en las fluctuaciones de consumo de un hospital modelo, el cual para el caso fue el general de Chetumal. Se optó por este modelo debido a las características de tamaño, disposición, iluminación, climatización artificial y jardines interiores. En cuanto a la capacidad fotovoltaica instalada, se refiere a la energía alternativa que es posible producir. Se obtiene del número y especificaciones de los paneles fotovoltaicos. Así, la energía alternativa producida sería el producto de la capacidad instalada por las horas efectivas de luz solar⁸³ y por los días del año. De ahí, la energía de origen fósil consumida sería la diferencia entre el consumo anual y la energía alternativa producida. Luego, se contempla el factor de conversión de kgCO₂ electricidad por kWh consumido, lo cual implica que se tiene en cuenta las pérdidas asociadas a la

⁸² En este caso del 60%, mínimo establecido por la Comisión Federal de Electricidad, CFE.

⁸³ Para objeto del cálculo se emplea el promedio de 6 horas diarias efectivas de luz solar.

distribución que se mencionaron anteriormente. Por último, la huella de carbono es el producto de la energía fósil consumida por el factor de conversión.

Gráfica 27: Pasos para estimar la huella de carbono del hospital.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del cálculo se muestran en la tabla 19, en donde la huella anual de carbono del hospital es de 431,874.26 Kg de CO₂ al año.

Tabla 19: Huella de Carbono del Hospital de Tulum.

| Consumo Anual Estimado kWh | Energía Fotovoltaica producida kWh | Energía de origen fósil consumida kWh | kgCO ₂ electricidad por kWh consumido | Emisiones de CO ₂ kg/año |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 868,913.47 | 139,809.60 | 729,103.87 | 0.592335714 | 431,874.26 |

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, la fortaleza de los métodos biofísicos es el poder comparar los impactos. De ahí, se realizó un análisis muestra de tres hospitales de diferentes características: el materno infantil “Morelos”, el general de Chetumal y el general de Playa del Carmen. Este último es el más grande y reciente de los servicios estatales de salud. Bien, el análisis demandaba ponderar el tamaño de cada hospital por lo que se utilizó la superficie operativa, el cual es un método de evaluación utilizado por el BREEAM⁸⁴. De esta manera, el comparativo por área, generado en la tabla 20, si refleja diferencias confrontables del consumo de energía. Al respecto, cabe señalar que Salud Sin Daño (2011) recomienda

⁸⁴ De sus siglas en Inglés Environmental Assessment Method, método de evaluación medioambiental para certificar edificios verdes originado en el Reino Unido y con aplicación en todo el mundo.

diseñar los edificios nuevos de modo que su consumo energético sea igual o inferior a 320 kWh/m²/año.

Tabla 20: Comparativa de huella de carbono entre hospitales.

| Unidad Médica | Energía de origen fósil kWh / año | Emisiones de CO ₂ kg/año | m ² de superficie operativa | Energía de origen fósil kWh / m ² /año | Emisiones de CO ₂ kg/m ² /año |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|--|---|---|
| Hospital Materno Infantil "Morelos" | 823,044 | 487,518.36 | 2,963.94 | 277.69 | 164.48 |
| Hospital General de Chetumal. | 1,827,308 | 1,082,379.79 | 5,933.28 | 307.98 | 182.43 |
| Hospital General Playa del Carmen. | 5,337,112 | 3,161,362.05 | 14,056.40 | 379.69 | 224.91 |
| Meta de desempeño energético para edificios nuevos | | | | ≤ 320 | ≤ 189.55 |
| Hospital Sustentable Tulum | 729,104 | 431,874.26 | 7,607.46 | 95.84 | 56.77 |

Fuente: Elaboración propia.

Otro punto indirecto que se evalúa y que regularmente no se contempla en el consumo energético es la energía empleada para el suministro, utilización y disposición de agua. En principio, la tecnología de suministro y tratamiento en sitio del hospital sustentable implica que su consumo se internaliza en la energía operativa del hospital. Sin embargo, no es el caso para el resto de los hospitales convencionales, por lo que su huella real se incrementa. El cálculo de la huella por suministro y tratamiento de agua de otros hospitales del Estado se muestra en la tabla 21. Para la realización de la tabla, se tomó el promedio de los consumos registrados según su disponibilidad. De esta manera, para Cozumel, se consideraron del 2007 al 2011, para el hospital "Morelos" del 2009 al 2010, para el General de Chetumal del 2008 al 2010 y para el General de Cancún del 2007 al

2010. Los datos se obtuvieron del organismo operador de agua potable del Estado, salvo para el caso de Cancún cuyo servicio se encuentra concesionado a una empresa privada⁸⁵.

Tabla 21: Huella de Carbono por suministro y tratamiento de agua.

| Unidad Médica | m ² operativos | m ³ consumidos | Factor de emisión suministro | Factor de emisión tratamiento | Emisión de GHG kg CO ₂ /año | Emisiones de CO ₂ kg/m ² /año |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Hospital General de Cozumel | 2,960.75 | 7,121.80 | 0.32 | 0.71 | 7,320.50 | 2.47 |
| Hospital Materno Infantil "Morelos" | 2,963.94 | 1,195.33 | 0.34 | 0.70 | 1,250.68 | 0.42 |
| Hospital General de Chetumal | 5,933.28 | 29,303.75 | 0.33 | 0.72 | 30,696.65 | 5.17 |
| Hospital General de Cancún | 5,970.10 | 24,154.40 | 0.32 | 0.71 | 24,828.31 | 4.16 |
| Hospital Sustentable Tulum | 7,607.46 | 4,927.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia.

Notas: Los factores de emisión por suministro y tratamiento son cero por la tecnología "en sitio" del hospital sustentable. Implica que su consumo se internaliza en la energía operativa del hospital.

A continuación, en otro orden de ideas, se definirá la huella hídrica. Este concepto se introduce en 2002 por Arjen Hoekstra en respuesta a la necesidad de un indicador basado en el consumo de uso de agua. Entonces, resulta que la huella hídrica es un indicador del uso del agua, tanto directo como indirecto, de un consumidor o productor. Para un individuo o una comunidad se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos, mientras que para una empresa es el agua utilizada para la producción (Galli et al., 2011). Por ejemplo, la huella hídrica de un producto es el volumen de agua dulce usada para producirlo. Se mide en términos del volumen de agua consumida, evaporada o contaminada durante los diversos pasos de la cadena de producción (Galli et al., 2011; Hoekstra, 2012).

⁸⁵ Servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento concesionados a la empresa Desarrollos Hidráulicos de Cancún (DHC) que opera bajo la marca AGUAKAN. Actualmente los accionistas de DHC son Grupo Mexicano de Desarrollo (GMD) y BAL-ONDEO con 50.1% y 49.9% del capital respectivamente. Esta última integrada por Industrias Peñoles y SUEZ ENVIRONNEMENT.

Por lo que sigue, la huella hídrica se divide en tres componentes, la azul, la verde y la gris. La huella hídrica azul se refiere al volumen de agua dulce que se evapora de los recursos mundiales de agua “azul”, superficial y subterránea. La huella hídrica verde es el volumen de agua evaporada de los recursos globales de agua “verde”, agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad, la cual es la base de la agricultura de temporal (Hoekstra, 2012). Finalmente, la huella de agua gris representa el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes, con base en las normas ambientales de calidad del agua (Galli et al., 2011). Dicho de otro modo, el volumen de agua contaminada por la dilución de contaminantes, fertilizantes o plaguicidas, hasta el punto de que el agua sobrepasa el máximo de contaminantes permitidos por las normas.

De esta manera, para el cálculo de la huella hídrica total se tienen que sumar los componentes verde, azul y gris como se muestra en la ecuación 6:

$$WF = WF_{verde} + WF_{azul} + WF_{gris} \quad (6)$$

Enseguida, el cálculo de la huella hídrica azul se describe en la ecuación 7. El término de “uso consuntivo del agua”, incluye el agua que se evapora, el agua que se incorpora en el producto, el agua que no vuelve a la misma zona de captación y el agua que no vuelve en el mismo período. Las dos últimas se refieren a la pérdida de flujo. Por ejemplo, la primera pudiera ser agua que se devuelve a otra cuenca o se deposita en el mar. Acorde con Galli et al. (2011) la segunda se puede referenciar el impacto de privar del agua en un periodo donde escasea y regresarla en un periodo cuando abunda:

$$WF_{azul} = \text{evaporación}_{Agua azul} + \text{Incorporación}_{Agua Azul} + \text{Pérdida de flujo} \quad (7)$$

A continuación, la huella hídrica verde involucra el volumen de agua de lluvia consumida durante el proceso de producción. Es particularmente relevante para la producción agrícola y forestal. Galli et al. (2011) indican que se incluye el total de la evapotranspiración del agua de lluvia más el agua incorporada al producto, como se indica en la ecuación 8:

$$WF_{verde} = \text{Evaporación}_{Agua Verde} + \text{Incorporación}_{Agua Verde} \quad (8)$$

Finalmente, la huella hídrica gris se produce por la lixiviación de contaminantes hasta el manto freático. En ella, se estima la calidad del agua contaminada por un cierto producto químico (Hoekstra, 2012). Inicialmente, se obtiene del cociente de la carga contaminante L (en masa / tiempo) entre la diferencia entre el estándar de calidad de agua para dicho contaminante c_{max} (en masa / volumen) y su concentración natural c_{nat} (en masa / volumen) en el cuerpo de agua receptor, como se indica en la ecuación 9:

$$WF_{gris} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad (9)$$

A diferencia de la huella ecológica, una de las principales ventajas de la huella hídrica es que es un indicador geográficamente explícito. En otros términos, no sólo muestra los volúmenes de uso y contaminación del agua, sino que se puede ubicar su origen (Galli et al., 2011). Así, los principios de información son los mismos, pero los enfoques para presentarla difieren. De este modo, se puede evaluar económicamente el hospital desde dos enfoques, el monetario y el de indicadores físicos. Sin embargo, no se cuentan con datos para establecer si existe la lixiviación de contaminantes de algún hospital específico hasta el manto freático. Análogamente, no existen registros separados sobre el destino individual del agua en cada hospital. No obstante, se puede inferir que el consumo total constituye la huella hídrica azul de los hospitales ya que no vuelve a la misma zona de captación. De ahí, se obtiene la tabla 22, donde para efectos comparativos se calcula la huella hídrica total para una muestra de hospitales.

Tabla 22: Huella Hídrica Total e Intensidad de uso del agua.

| Unidad Médica | m ² operativos | Huella hídrica total WF (m ³) | Intensidad de uso WF / m ² |
|-------------------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|
| Hospital General de Cozumel | 2,960.75 | 7,121.80 | 2.41 |
| Hospital Materno Infantil "Morelos" | 2,963.94 | 1,195.33 | 0.40 |
| Hospital General de Chetumal | 5,933.28 | 29,303.75 | 4.94 |
| Hospital General de Cancún | 5,970.10 | 24,154.40 | 4.05 |
| Hospital Sustentable Tulum | 7,607.46 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia.

Notas: La WF total del Hospital Sustentable de Tulum es cero por las características de origen del agua de lluvia, la cual, no se inscribe en ninguna de las clasificaciones descritas.

En suma, la tabla 23 muestra el resumen comparativo de la evaluación biofísica, en donde se compara al hospital sustentable de Tulum con la muestra de hospitales del Estado, según la disponibilidad de datos. Ya con esto, los impactos son comparados mediante columnas de lo que se quiera comparar, ya sea en impacto total o sus efectos por m² operativo.

Tabla 23: Resumen comparativo de la evaluación biofísica.

| Hospital | Huella de carbono (ton CO ₂ /año) | | | | Huella hídrica (m ³) | |
|---|--|-------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | Energía | Agua | Total | Intensidad m ² | Total | Intensidad m ² |
| Materno Infantil "Morelos" 2,963.94 m ² | 487.52 | 1.25 | 488.77 | 164.91 | 1,195.33 | 0.40 |
| General de Chetumal. 5,933.28 m ² | 1,082.38 | 30.70 | 1,113.08 | 187.60 | 29,303.75 | 4.94 |
| General Playa del Carmen. 14,056.40 m ² | 3,161.36 | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D |
| General de Cozumel 2,960.75 m ² | S/D | 7.32 | S/D | S/D | 7,121.80 | 2.41 |
| General de Cancún 5,970.10 m ² | S/D | 24.83 | S/D | S/D | 24,154.40 | 4.05 |
| Sustentable Tulum 7,607.46 m² | 431.87 | 0.00 | 431.87 | 56.77 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia.

En términos comparables de intensidad, la huella de carbón es menos de la cuarta parte respecto del hospital más contaminante. Incluso, en relación al que cuenta con menor consumo se mantiene en la tercera parte. Después, la huella hídrica es un caso completamente diferente. Ante todo, es indispensable monitorear constantemente la

operación y buen funcionamiento del sistema de captación de agua de lluvia propuesto, a fin de garantizar el resultado que se proyecta. Las diferencias a este respecto son tan notorias que este pudiera ser el mayor ejemplo de desarrollo sustentable adaptado a las características de Quintana Roo. Sin embargo, no se trata de algo nuevo, su uso está documentado desde la época Maya hasta bien entrado el siglo XX. La cuestión radica en saber qué se perdió al transitar hacia un sistema de suministro convencional. Las grandes diferencias en los impactos hídricos y los altos costos registrados en su suministro y tratamiento del agua implicarán considerables efectos en la evaluación siguiente.

3.3.3 Evaluación monetaria: Un análisis Costo-Beneficio.

Para comenzar, en este apartado, se presenta la evaluación monetaria mediante un análisis costo-beneficio, como se presentó en la sección 3.1. Acto seguido, se deben señalar los componentes a los que se limitará el análisis, los cuales, serán los mismos que se presentaron en la valoración biofísica. De ahí, la información presentada con anterioridad será de utilidad. Se parte del enfoque de adoptar medidas de mitigación a los impactos negativos hacia el medio ambiente, lo cual trae beneficios monetarios, ya sean directos por la liberación de recursos o indirectos por la disminución de las afectaciones. Para efectos del cálculo, por un lado, el importe total de la construcción del hospital no se considerará como costo. Por otro lado, no se considerará en los beneficios ni la disminución en la pérdida de años de vida productivos, ni la reducción del empobrecimiento de la población por morbilidad. Consecuentemente, la provisión del servicio hospitalario se considerará dada y sólo se evaluará la alternativa de hacerlo sustentablemente.

El primer punto a tratar será el ahorro energético, comenzando por la disminución estimada en el pago de electricidad. Para valorar en comparativo dichos ahorros, serán de utilidad los datos de intensidad de consumo de los hospitales del Estado de Quintana Roo, presentados en las secciones anteriores. De ahí, el punto de referencia de consumo por superficie será el hospital general de Playa del Carmen. Se escoge este modelo ya que refleja la tendencia sistémica de climatización e iluminación artificial de las unidades médicas actuales. De acuerdo a lo anterior, el hospital de Playa del Carmen cuenta con un consumo de 379.69 kWh/m²-año y el Hospital sustentable tiene una superficie de 7607.46 m², el hospital tentativamente consumiría 2,888,476.49 kWh/año. Consecuentemente, el gasto de un diseño convencional y el empleo de electricidad calculado da una diferencia de 2,019,563.02 kWh/año de ahorro energético.

A continuación, se debe determinar el costo de la electricidad, lo cual puede ser complicado. Dado que es el mismo sector gubernamental el que suministra la energía, se podría tomar lo que el gobierno paga a productores privados por su generación. Cabe señalar que, para el 2007, la compra de energía a productores independientes constituía el 26.6% del gasto programable de la Comisión Federal de Electricidad, con un incremento porcentual constante desde el año 2000 (Pérez, 2010). De acuerdo a lo anterior, el costo eficiente de producción privada, menor que el de la Comisión Federal de Electricidad, CFE, haría que el kWh significara \$0.79 pesos en promedio, a precios constantes del 2010. Sin embargo, el precio de generación no envuelve el concepto de costo de kWh consumido, ya que existen pérdidas y gastos indirectos relacionados. De ahí, se toma un promedio de la tarifa H-M⁸⁶ reportada por los hospitales del costo de kWh consumido antes de impuestos a precios del 2010. Por consiguiente, se tiene un costo de \$1.49 pesos por cada kWh consumido. Bien, entre los ahorros energéticos vinculados, se encuentra el suministro de energía alternativa que, para el caso del hospital de Tulum, es fotovoltaica y suministra el 16% de sus necesidades (139,809.6 kWh/año). Adicional y como costo, se cuenta con el importe del suministro e instalación de paneles solares⁸⁷. Sin embargo, cabe aclarar que no se contrasta el costo de oportunidad de la construcción de capacidad instalada convencional. Del mismo modo, no se contempla la infraestructura de distribución eléctrica, la cual sería demandada de no existir la alternativa fotovoltaica.

Siguiendo con el tema de la energía y retomando información de la sección anterior, se deben de tomar en cuenta los beneficios que trae la reducción de gases de efecto invernadero. Para esto, se toma el monto óptimo para el 2010, determinado por Nordhaus (2008) de lo que valdría el costo social del carbono. Convirtiendo \$34 USD por tonelada de carbón a precios del 2005, a pesos mexicanos (MXN) a precios del 2010 se obtiene \$533.65 por tonelada de carbono. Sin embargo, ya que una tonelada de carbono

⁸⁶ La tarifa horaria de servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más.

⁸⁷ Para el caso del Hospital sustentable de Tulum, el suministro e instalación de equipo fotovoltaico se determinó en \$ 8,778,600.60 (son ocho millones setecientos setenta y ocho mil seiscientos pesos 60/100 M.N.).

es igual a $44/12=11/3=3.67$ toneladas de dióxido de carbono, se obtiene \$145.54 pesos por ton CO₂-e. Hay que tener presente que las proyecciones para los años venideros del costo social del carbono tienden a subir drásticamente con el paso del tiempo. En consecuencia, existen incentivos de actuar hoy para reducir los impactos en el presente, lo que debe verse reflejarse en una tasa de descuento baja. Otra reducción de GHG es por el suministro y tratamiento de agua cuyo punto se trató en la sección anterior. Para estimar el impacto, se tomó el promedio calculado de emisiones por metro cuadrado al año de cuatro hospitales, obteniendo así 3.06 kg de CO₂. A continuación, el producto del promedio anterior por los metros cuadrados operativos del hospital de Tulum dio por resultado un total de 23,240.79 kg de CO₂/año.

En otro punto a tratar, se encuentran los ahorros por concepto de agua potable y tratamiento de aguas residuales. A este respecto, ocurre lo mismo en las instalaciones especiales que se mencionó con anterioridad: De no proveerse, el Estado hubiera tenido que suministrarlas en otra locación y con costos similares. A pesar de todo esto, por poder considerar las instalaciones convencionales como costo hundido⁸⁸, se incorpora como parte del costo de una construcción sustentable el de todas sus tecnologías alternativas. Por ende, se contempla el costo del sistema de tratamiento y recuperación de recursos en desechos líquidos “Xochicalli”⁸⁹ para aguas residuales domésticas y un gasto máximo de 0.3 litros por segundo (lps). Los parámetros de diseño de la planta estiman recibir 9,526.5 m³ de agua al año con un costo de tratamiento de \$2.89 pesos por m³ tratado.

Como ya se mencionó con anterioridad, la tasa de descuento tiene grandes efectos en los resultados de una evaluación costo beneficio. Por un lado, una tasa “alta” puede subestimar las necesidades de las generaciones futuras en beneficio del consumo presente. Por otro, existe el sacrificio que implica para la presente generación la austeridad en el uso de los recursos. De ahí, se emplean las tasas utilizadas por Larocque

⁸⁸ Es aquel en el que ya se ha incurrido con anterioridad y con independencia de si se realiza o no el proyecto por lo que en la evaluación no se le considera relevante para la toma de decisiones.

⁸⁹ El costo de la planta en presupuesto “llave en mano” es de \$ 1,010,441.16 (un millón diez mil cuatrocientos cuarenta y un pesos 16/100 M.N.).

et al. (2011) del 4.8% y 8.8%, las cuales podrían cubrir ambos requisitos. Finalmente, el horizonte de evaluación propuesto es de 20 años. En la tabla 24, se representan las inversiones en el año 0 y los costos de operación y beneficios en el año 1 los cuales se prolongarán durante el horizonte de evaluación. A simple vista, se puede apreciar que, por razones comentadas con anterioridad, los beneficios por suministro y tratamiento de agua son cuantiosos. El correr tales montos sin duda afectará la evaluación de manera significativa.

Tabla 24: Cuadro de flujos de costos y beneficios año 0 y 1.

| | Año 0 | Año 1 |
|---|----------------------|-----------------------|
| (-) Costos | | |
| (-) Inversión (pesos) | | |
| Instalación fotovoltaica | 8,778,600.60 | |
| Planta de tratamiento | 1,010,441.16 | |
| (-) Costos Fijos | | |
| De operación Planta tratamiento | | 27,531.59 |
| (+) Beneficios | | |
| (+) Energía | | |
| (+) | | 208,316.30 |
| Por energías alternativas | | |
| (+) | | 3,009,148.90 |
| Por reducción de consumo de energía | | |
| (+) Agua | | |
| (+) | | 168,333,255.00 |
| Por suministro de agua | | |
| (+) | | 52,776,810.00 |
| Por tratamiento de agua | | |
| (+) Gases Efecto Invernadero | | |
| (+) | | 174,103.62 |
| Por ahorro de GHG en el diseño | | |
| (+) | | 12,052.78 |
| Por ahorro GHG por energía fotovoltaica | | |
| (+) | | 3,382.47 |
| Por ahorro GHG suministro y tratamiento de agua | | |
| (=) Utilidad bruta | -9,789,041.76 | 224,489,537.49 |

Fuente: Elaboración propia.

Notas: En Anexo C se encuentra el flujo de cotos y beneficios para 20años.

Por tanto, en la tabla 25 se muestra el resumen de los indicadores para la tasa de descuento de 4.8% y de 8.8%. Se observa que los beneficios recuperan los costos a partir del año 1 y que los indicadores se encuentran rebasados. Consecuentemente, se corrió una segunda evaluación prescindiendo de los sustanciales beneficios del suministro y tratamiento de agua.

Tabla 25: Resultados de la evaluación monetaria.

| RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN | Hospital Sustentable | | Notas |
|------------------------------------|----------------------|--------------------|--|
| | 4.8% | 8.8% | |
| Valor Actual Neto | \$2,835,904,002.87 | \$2,069,018,053.60 | <i>VP Beneficios - VP Todos los Costos</i> |
| Período de Recuperación descontado | 1 | 1 | <i>Tiempo en años + flujo de caja descontado</i> |
| Tasa Interna de Retorno (%) | 2,293% | | <i>Tasa de descuento haciendo VAN = 0</i> |
| Relación Beneficio Costo | 280.69 | 206.97 | <i>Beneficios VP / Costos VP</i> |

Fuente: Elaboración propia.

Los flujos del año 0 y 1 se reflejan en la tabla 26, donde no se contemplan los beneficios directos e indirectos del suministro ni el tratamiento de agua. Los resultados dan muestra de algo más conservador. Incluso si se toma únicamente el costo de la instalación fotovoltaica contra los beneficios por energías alternativas y su reducción de gases efecto invernadero, se puede llegar a un resultado negativo. Su implementación en este caso responde más a la imagen que se pretende lograr que a beneficios reales de su implementación. Resulta sorprendente que muchos de los mayores beneficios no representan ningún costo, más que el observar que se apliquen y obedezcan estas medidas racionales desde el punto de vista ambiental.

Tabla 26: Cuadro de flujos de costos y beneficios energéticos año 0 y 1.

| | 0 | 1 |
|---|----------------------|---------------------|
| (-) Costos | | |
| (-) Inversión (pesos) | | |
| Instalación fotovoltaica | 8,778,600.60 | |
| (+) Beneficios | | |
| (+) Por energías alternativas | | 208,316.30 |
| (+) Por reducción de consumo de energía | | 3,009,148.90 |
| (+) Por ahorro de GHG en el diseño | | 174,103.62 |
| (+) Por ahorro GHG por energía fotovoltaica | | 12,052.78 |
| (=) Utilidad bruta | - 8,778,600.6 | 3,376,090.02 |

Fuente: Elaboración propia.

Para concluir, la tabla 31 recopila los indicadores contemplando exclusivamente la evaluación energética.

Tabla 27: Indicadores de la evaluación energética.

| RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN | Hospital Sustentable | | Notas |
|------------------------------------|----------------------|-----------------|---|
| | 4.8% | 8.8% | |
| Valor Actual Neto | \$34,366,672.17 | \$22,739,450.63 | VP Beneficios - VP Todos los Costos |
| Período de Recuperación descontado | 3 | 3 | Tiempo en años + flujo de caja descontado |
| Tasa Interna de Retorno (%) | 39% | | Tasa de descuento haciendo VAN = 0 |
| Relación Beneficio Costo | 4.9 | 3.6 | Beneficios VP / Costos VP |

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados pueden dar muestra de una mezcla de aumento del consumo energético sumado con el incremento del costo de los combustibles. Lo anterior tiene efectos en toda la cadena de producción y consumo. Los equipos más eficientes no van a la par con una disminución agregada del consumo, respondiendo a lo que se conoce como paradoja de Jevons⁹⁰. Por añadidura, entre la muestra de hospitales se realizó una estimación de la parte que se destina a climatización respecto del consumo eléctrico total. De tal forma

⁹⁰ La paradoja de Jevons se deriva de la publicación de "The Coal Question" en 1865 por William Stanley Jevons. El libro se inscribe en un contexto en el que la Gran Bretaña poseía liderazgo mundial militar, industrial y mercantil. Jevons argumentaba que la dependencia en el carbón irremediamente terminaría esta bonanza. Esto se debe a que observaba que un aumento de la eficiencia en el uso de un recurso, en este caso el carbón, el cual conduce a su mayor uso y no a una reducción. De ahí, la eficiencia como respuesta axiomática a precios altos, conllevaría a mayor consumo y al más rápido agotamiento del recurso.

que se ocupó la relación 70 % a electrificación y 30 % a climatización, obteniendo por resultado la tabla 28.

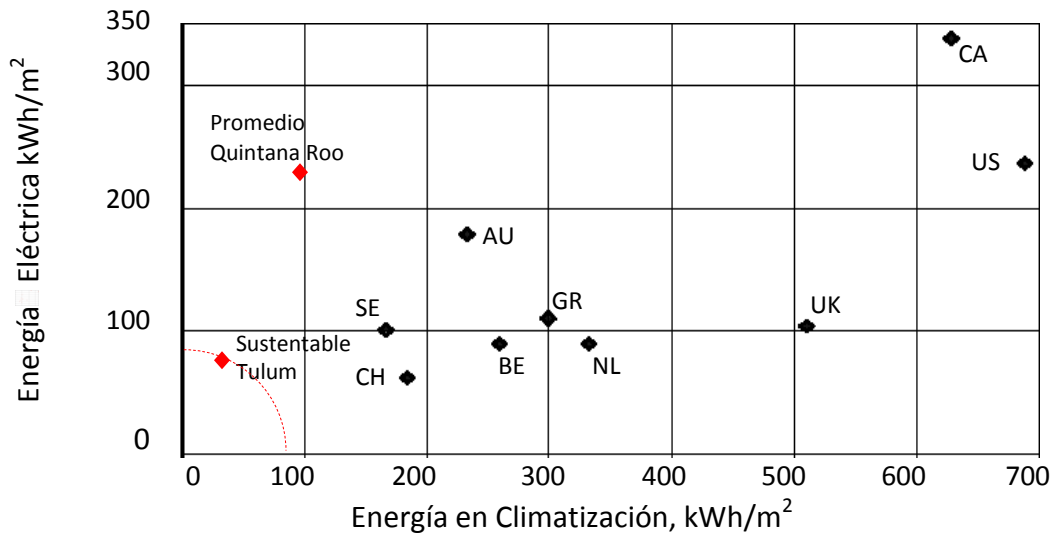
Tabla 28: Electrificación y climatización en hospitales de Quintana Roo.

| | Consumo Anual Estimado kWh | Energía Eléctrica kWh | Energía en Climatización, kWh | m ² de superficie operativa | Energía Eléctrica kWh/m ² | Energía en Climatización, kWh/m ² |
|---|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Hospital Materno Infantil "Morelos" | 823,044 | 576,131 | 246,913 | 2,963.94 | 194 | 83 |
| Hospital General de Chetumal. | 1,827,308 | 1,279,116 | 548,192 | 5,933.28 | 216 | 92 |
| Hospital General Playa del Carmen. | 5,337,112 | 3,735,978 | 1,601,134 | 14,056.40 | 266 | 114 |
| PROMEDIO HOSPITALES QUINTANA ROO | | | | | 225 | 97 |
| Hospital Sustentable Tulum | 868,913 | 608,239 | 260,674 | 7,607.46 | 80 | 34 |

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo fue el de realizar un montaje de los promedios de los hospitales de Quintana Roo y el hospital sustentable de Tulum sobre la gráfica 13, presentada con anterioridad, dando por resultado la gráfica 28. Así, se obtiene un comparativo, a nivel internacional, de los consumos de energía entre las diferentes provisiones de salud.

Gráfica 28: Comparativo mundial de las provisiones de salud.



Fuente: Realización propia con base en Pelikan et al. (2012, p. 12).

Notas: Australia (AU), Bélgica (BE), Canadá (CA), Suiza (CH), Grecia (GR), Holanda (NL), Suecia (SE), Reino Unido (UK), Estados Unidos (US).

Como recomendación, no ocurrirá la transición hacia la sustentabilidad, si quienes toman decisiones tienen la concepción que la inversión es una unidad indivisible, ya que los costos percibidos sobrepasan a los beneficios esperados. Como lo indican los resultados de la evaluación realizada, existen componentes que no significan mayor inversión y si representan beneficios significativos. El agua, como el recurso natural más valioso del planeta, representa un nicho de oportunidad para incrementar los beneficios sociales. Así, los tomadores de decisión deben poder valerse la "separabilidad de proyectos" en las construcciones sustentables. Es decir, entre los costos existen diferentes intervenciones que generan distintos beneficios. Si bien el eliminar las asimetrías de información, de los costos y beneficios de los hospitales sustentables, lleva tiempo y recursos, es una estrategia de intervención pública desde la perspectiva de fallas del mercado.

Conclusión General

Debido a que la provisión de cualquier servicio médico aparenta justificar los efectos nocivos al medio ambiente, el presente trabajo fundamentó una evaluación económica comparativa entre la provisión de infraestructura médica convencional y una alternativa en la forma de un “hospital sustentable”. El tema es relevante, tanto por la necesidad de reducir los efectos de la crisis ambiental, como por la importancia de usar eficientemente el gasto público, reduciendo los efectos indirectos no percibidos que disminuyen el bienestar social.

La evaluación del proyecto de hospital sustentable de Tulum, Quintana Roo, demostró que es socialmente beneficioso un cambio respecto de la política convencional de provisión de hospitales. Los beneficios superaron las expectativas iniciales, a tal grado, que obligan a reflexionar sobre las fuerzas que mantienen sin cambio al sistema de salud. En teoría, mejorar la información debe habilitar a los tomadores de decisión para corregir fallas en sus elecciones futuras. Aquí, se abordó con profundidad temas de relevancia para encausar los esfuerzos hospitalarios en una senda sustentable.

Entre los hallazgos más destacados, resalta el caso del agua que, a causa de sus elevados costos de provisión y tratamiento, genera considerables beneficios por la liberación de recursos. Así, la tecnología sustentable es responsable de los más altos indicadores de rentabilidad social. Más aún, llama la atención que sea un tema que no centra los mejores esfuerzos de los diseñadores de edificaciones verdes. En este sentido, Quintana Roo cuenta con gran potencial para la captación de agua de lluvia. Cabe señalar que su

utilización se remonta a la época prehispánica, alcanzando su auge durante la colonización del territorio en los siglos XIX y XX. Así, se constituye como un nicho de oportunidad para el manejo eficiente de recursos públicos, liberando presión de las finanzas estatales.

En cuanto a la energía, se encontró que las técnicas de diseño pasivas son las más beneficiosas. Lo anterior se debe a que no se incurre en costos adicionales para su implementación pero, sí se perciben beneficios. En cambio, la inversión, evaluada de paneles fotovoltaicos, no representó por sí sola indicadores atractivos. No obstante, se prevé que tanto la tendencia de incremento en el precio de los combustibles, como la reducción que se observa en el precio de estas tecnologías, puedan lograr que el escenario cambie en un futuro. De cualquier forma, la inversión se deberá evaluar para determinar cuál sería el momento óptimo de inicio al contemplar estas tendencias.

Recapitulando el vínculo entre economía y medio ambiente, hace necesario buscar soluciones de largo plazo. En este sentido, una parte fundamental del desarrollo sustentable es la salud. No obstante, las inversiones en salud no pueden comprometer la calidad ambiental. Aquí, se mostró cómo los métodos de evaluación de la calidad del medio ambiente constituyen una importante herramienta de apoyo, más no pueden ser excluyentes. De tal manera, como visión diferenciada, se realizó una evaluación biofísica, la cual brinda otra perspectiva en la toma de decisiones.

Durante el desarrollo de la tesis, se abordaron los principales efectos ambientales de las construcciones hospitalarias. Sin embargo, se dejaron fuera de la evaluación algunas propuestas del hospital sustentable de Tulum. Entre éstas destacan, la selección de materiales sustentables, la reducción del consumo de gas LP⁹¹, los efectos de la accesibilidad del transporte alternativo, la reducción de basuras desechables y el manejo integral de residuos sólidos. Así, se puede ampliar la investigación al incluir la selección de materiales de similar durabilidad y baja huella ecológica que, adicionalmente, puedan capturar carbono atmosférico en su producción, disminuir los costos de suministro por

⁹¹ Siglas que se refieren a “Licuado de Petróleo”: Mezcla de propano y butano que se obtiene al refinar el petróleo crudo.

cercanía y aumentar los efectos positivos en la economía local. También, se puede investigar sobre las economías de escala en la producción y las distorsiones en el precio que hacen más competitivos a los materiales convencionales que contaminan.

Del mismo modo, la disminución en el consumo de gas LP, al usar calentadores solares, puede traer beneficios directos e indirectos. Otro aspecto, sobre el que se puede ampliar la evaluación es el transporte alternativo como las bicicletas, cuyo uso disminuye las emisiones de GHG y genera efectos positivos en la salud. Igualmente, es posible analizar los resultados de la implementación de purificadores de agua en bebederos, de tal manera que se disminuya la demanda de agua embotellada, cuya producción ya es considerada en las cuentas nacionales de consumo energético⁹². Además, hay que contemplar la reducción prevista de desechables, así como los beneficios que brinda la separación de los desechos y el composteo, lo cual beneficia a la naturaleza, la salud y la economía. Con todo, existe la presunción de que la adición de cualquiera de los puntos anteriores arrojará en comparativo resultados positivos.

En conclusión, se comprueba la hipótesis de que es posible conciliar, con adecuadas políticas públicas, un equilibrio racional sostenible para el desarrollo de infraestructura médica. En consecuencia, se pueden potencializar las externalidades positivas hacia el medio ambiente y la sociedad, sin renunciar a la competitividad y el beneficio económico. Al final, cualquier provisión de servicios, en especial los de salud, deben de cuidar los impactos negativos que generan en el medio ambiente. Si bien, en países en vías de desarrollo, el manejo de las aguas residuales es bastante complejo, los resultados demuestran que, con las tecnologías adecuadas, son las inversiones que representan mayor beneficio social. Así, la evaluación justifica el encausar los recursos públicos en servicios verdaderamente sustentables.

Además, durante el desarrollo de esta investigación, se llegó a otras conclusiones. Por ejemplo, se determinó que algunas intervenciones, que conducen hacia la sustentabilidad,

⁹² Representando según SENER (2012) el 1% del consumo energético de la industria en el país durante el 2011.

resultan insuficientes o son motivadas exclusivamente por la imagen de conservación ambiental que reflejan. Un ejemplo de esto es la energía fotovoltaica, ya que en la evaluación obtuvo los más bajos indicadores, no obstante de significar las mayores inversiones. Es preocupante, debido a que las energías alternativas y los equipos de bajo costo energético dominan la concepción de mercado respecto de lo que se considera “verde”. Además, pareciera que estas innovaciones tecnológicas conducen a una paradoja de Jevons, donde la eficiencia se reinvierte por un consumo adicional.

Igualmente, llama la atención la escasa implementación en otras construcciones de las tecnologías que la evaluación determinó como otorgantes de sustanciales beneficios sociales. En un primer acercamiento, pareciera haber una confluencia de fallas, tanto de mercado como de intervención del Estado. Su origen no sólo es por la falta de información, sino que también se debe a la carencia de estímulos para la implementación de tecnologías integrales adecuadas. En este orden de ideas, se cree que los oligopolios de empresas constructoras y operadoras de estos servicios, si ofrecen incentivos a los agentes burocráticos para su contratación. Sin embargo, estas empresas no informan sobre los comparativamente altos costos de operación, ni las externalidades ambientales negativas asociadas, ya que sus beneficios terminan al entregar la obra construida al Estado.

Asimismo, los materiales sustentables cuentan con algunos de los retos más complicados. Para comenzar, se trata de materiales poco industrializados que no se identifican con la idea del progreso que, además, cuentan con bajo respaldo de mercadeo. Así, habitualmente, se demandan los novedosos materiales importados que, generalmente, resultan los más contaminantes. Para este caso, pudieran funcionar correcciones pigouvianas, en donde el estado interviene ante las diferencias entre los beneficios marginales sociales y privados. Para el caso en cuestión, tanto los impuestos que recauden el valor monetario de los daños ambientales ocasionados por los materiales contaminantes, como los subsidios otorgados a la producción de materiales sustentables por los beneficios que generan, permiten, desde este enfoque, corregir los precios.

Luego, ya que los materiales sustentables son normalmente de procedencia local, las estrategias, para incentivar el mercado, deben de ir de la mano con el desarrollo regional. De ahí, se pudieran tratar temas como la identificación de oportunidades y las ventajas competitivas regionales que significan el aprovechamiento sustentable de los recursos. En síntesis, lo que dificulta la implementación de construcciones sostenibles, es que subsisten asimetrías de información, distorsiones en el precio, como los subsidios a los combustibles y energía de origen fósil, así como fallas en la intervención del estado. Se puede deducir que, en la medida que desaparezcan las distorsiones sobre el precio de los energéticos, aumentará la búsqueda de soluciones cada vez más eficientes.

El presente trabajo fortaleció una nueva visión de la relación salud- medio ambiente, donde todo hospital debe contemplar los efectos que cause sobre su entorno natural. Se incluye así el tema de política pública respecto de que se debe favorecer las provisiones no contaminantes que, además, resultan con mayores beneficios sociales en un marco de desarrollo sustentable. Se genera entonces un cambio de perspectivas y paradigmas al respecto de la inversión sanitaria. Aquí, se descubrió que, al agregar la totalidad de los costos, así como el conjunto de los beneficios, se pierde el origen de la relación costo - beneficio de cada componente. A pesar de incluir beneficios sociales indirectos, se determinó que existen tecnologías verdes que no justifican su inversión, a pesar de ser las más identificadas con la edificación sustentable.

En el futuro, ya construido el hospital sustentable de Tulum, se debe comprobar si el consumo real es similar al calculado en el presente trabajo, especialmente el consumo eléctrico. En si, la operación de la construcción abre otras alternativas de evaluación a la eficiencia. Se pueden cruzar datos entre la prestación de servicios de salud y la eficiencia en el consumo de los recursos. Del mismo modo, se pueden verificar empíricamente los aumentos de la productividad laboral, la satisfacción de los trabajadores o el de confort ambiental de los usuarios y prestadores de servicios de salud. Y así, con esto se finaliza la presente evaluación económica de un hospital sustentable.

INDICE DE GRÁFICAS

| | |
|--|-----|
| Gráfica 1: La transición Agraria-Industrial en el Reino Unido. | 13 |
| Gráfica 2: “El modelo Bariloche” | 26 |
| Gráfica 3: Producto interno neto y ecológico total de México | 53 |
| Gráfica 4: Enfermedades con la mayor contribución del Medio Ambiente..... | 69 |
| Gráfica 5: Mortalidad y carga por enfermedades, por agua contaminada en 2002..... | 70 |
| Gráfica 6: Riesgos de transición, salud en relación al PIB per cápita. | 72 |
| Gráfica 7: El sistema de salud de México. | 78 |
| Gráfica 8: Gasto total y gasto público en salud, comparativo México-OCDE. | 79 |
| Gráfica 9: Proporción de Hospitales en México. | 81 |
| Gráfica 10: La tasa metabólica (DMC / cap) frente a los ingresos (PIB / hab). | 84 |
| Gráfica 11: Enfoque Ampliado..... | 86 |
| Gráfica 12: Relaciones de los determinantes de la salud..... | 87 |
| Gráfica 13: Eficiencia en el consumo de energía en los hospitales..... | 92 |
| Gráfica 14: Evolución del cumplimiento de la certificación LEED. | 100 |
| Gráfica 15: Acepciones de valor que constituyen el VET. | 108 |
| Gráfica 16: Pasos para el método de valoración contingente. | 117 |
| Gráfica 17: Pasos esenciales en un análisis de costo-beneficio. | 127 |
| Gráfica 18: Amplitud del análisis. | 128 |
| Gráfica 19: Levantamiento georeferenciado de árboles..... | 138 |
| Gráfica 20: Utilización de la energía en México. | 143 |
| Gráfica 21: Pasos para reducir el consumo energético..... | 144 |
| Gráfica 22: Estrategias montadas en carta psicométrica. | 145 |
| Gráfica 23: Incidencia de la temperatura de Tulum con las estrategias bioclimáticas..... | 145 |
| Gráfica 24: Espacios con climatización artificial en planta baja..... | 147 |
| Gráfica 25: Corte y detalle de la iluminación y ventilación naturales en pasillos..... | 148 |
| Gráfica 26: Esquema de reducción de consumo de agua. | 157 |
| Gráfica 27: Pasos para estimar la huella de carbono del hospital. | 164 |
| Gráfica 28: Comparativo mundial de las provisiones de salud. | 177 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1: Diferencias entre sostenibilidad fuerte y débil. | 35 |
| Tabla 2: Indicadores Sociales..... | 48 |
| Tabla 3: Indicadores Ambientales. | 49 |
| Tabla 4: Indicadores Económicos e institucionales..... | 51 |
| Tabla 5: Producto Interno Neto Ajustado Ambientalmente Por Habitante..... | 52 |
| Tabla 6: Ahorro Genuino II como porcentaje del PIB..... | 54 |
| Tabla 7: Situación “metabólica” global: para el año 2000. | 93 |
| Tabla 8: Costo de Edificios Verdes - Experiencias de la India..... | 96 |
| Tabla 9: Métodos indirectos..... | 115 |
| Tabla 10: Métodos directos y mercados experimentales. | 119 |
| Tabla 11: Preservación final de árboles en el sitio. | 139 |
| Tabla 12: Consideraciones a las estrategias bioclimáticas. | 146 |
| Tabla 13: Comparativo del consumo por tipo de lámparas. | 149 |
| Tabla 14: Impactos ambientales por la producción de pisos. | 151 |
| Tabla 15: Comparativo de costos de tratamiento de aguas negras..... | 155 |
| Tabla 16: Emisiones de CO ₂ por unidad de energía de distintos combustibles. | 161 |
| Tabla 17:- Factores de Emisiones de GHG incluidas en el Protocolo de Kyoto..... | 162 |
| Tabla 18: Factores de conversión de energía eléctrica para México. | 163 |
| Tabla 19: Huella de Carbono del Hospital de Tulum. | 164 |
| Tabla 20: Comparativa de huella de carbono entre hospitales. | 165 |
| Tabla 21: Huella de Carbono por suministro y tratamiento de agua..... | 166 |
| Tabla 22: Huella Hídrica Total e Intensidad de uso del agua. | 169 |
| Tabla 23: Resumen comparativo de la evaluación biofísica..... | 169 |
| Tabla 24: Cuadro de flujos de costos y beneficios año 0 y 1..... | 174 |
| Tabla 25: Resultados de la evaluación monetaria..... | 175 |
| Tabla 26: Cuadro de flujos de costos y beneficios energéticos año 0 y 1..... | 176 |
| Tabla 27: Indicadores de la evaluación energética. | 176 |
| Tabla 28: Electrificación y climatización en hospitales de Quintana Roo. | 177 |

INDICE DE IMÁGENES

B

| | |
|---|-----|
| Imagen 1: Fotografías del despalme selectivo del terreno. | 139 |
| Imagen 2: Conjunto del edificio..... | 140 |
| Imagen 3: Fachada poniente del hospital, acceso de servicio. | 141 |
| Imagen 4: Fachada norte y acceso principal del hospital..... | 148 |
| Imagen 5: Planta de tratamiento Xochicalli para Tulum..... | 154 |
| Imagen 6: Sistema Xochicalli Centro DF. | 156 |
| Imagen 7: Planta de tratamiento Xochicalli Interlomas. | 156 |

BIBLIOGRAFÍA

Acemoglu D. (2009). "Economic Growth and Economic Development: The Questions", en Introduction to Modern Economic Growth, Princeton University Press, Capítulo 1, pp. 3-23.

Achkar M. (2005). "Indicadores de Sustentabilidad", en Achkar M., Canton V., Cayssials R. Domínguez A., Fernández G. & Pesce F. Ordenamiento Ambiental del Territorio. Comisión Sectorial de Educación Permanente. DIRAC, Facultad de Ciencias, Montevideo.

Ahlheima M. & Buchholz W. (1999). "WTP or WTA - Is that the Question? Reflections on the Difference between 'Willingness To Pay' and 'Willingness to Accept'", *Working Paper*. Disponible en:
<http://www.wiwi.uni-regensburg.de/buchholz/forschung/buchholz/WTP_%20WTA.pdf>.

Aliaga E. (2009). "Salud y capital humano". Ponencia presentada en el *Encuentro Económico - Región Loreto 2009*, 23-24 de octubre del 2009, Banco central de reserva del Perú. Disponible en:
<<http://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/seminarios-y-eventos/encuentro-economico-region-loreto-2009.html>>.

Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU, US EPA, (2008). EPA Green Building Strategy. Disponible en:
<http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/greenbuilding_strategy_nov08.pdf>.

Arribas Herguedas F. (2007). "La idea de desarrollo sostenible". *Sistema: Revista de Ciencias Sociales*, n°196, pp. 75-86.

Arrow K., Bolin B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C., Holling C., Jansson B., Levin S., Maler K., Perrings C. & Pimentel D. (1995). "Economic growth, carrying capacity, and the environment". *Science*, vol. 268, pp. 520-521.

Azqueta Oyarzum D. (1999). Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Editorial McGraw Hill, Madrid, España, 299 p.

Azqueta Oyarzum D. (2007). Introducción a la economía Ambiental. 2a Edición, Editorial McGraw Hill, Madrid, España, 456 p.

Bahra P. (2009). "David Attenborough to be patron of Optimum Population Trust". The Times, April 14, 2009. Consultado el 22 de agosto del 2011 en:
<<http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article6087833.ece>>.

Banco Mundial (2010). World Development Indicators. Base de datos del Banco Mundial. Consultado el 24 de noviembre del 2011 en:
<<http://databank.worldbank.org/ddp/home.do?Step=12&id=4&CNO=2>>.

Banco Mundial (2011). "Sanitation and Hygiene". Consultado el 18 de diciembre del 2011 en:
<<http://water.worldbank.org/water/topics/sanitation-and-higiene>>.

Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo, BIRD, & Banco Mundial (2010). "Environmental Planning", en World Bank (Ed). Safer Homes, Stronger Communities: A Handbook for Reconstructing after Natural Disasters, Capítulo 9, pp. 143-161.

Becker G. (1964). Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education. Editorial Columbia University Press, Nueva York, 187 p.

Berkes F. & Folke C. (1993). "A Systems Perspective on the Interrelationships Between Natural, Human-Made and Cultural Capital". *Ecological Economics*, vol. 5, n°1, pp. 1-8.

Bojórquez G. & Luna A. (2012). Confort Y Habitabilidad Térmica. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Arquitectura Y Diseño, Cuerpo Académico de Diseño Ambiental, material didáctico del curso impartido en el instituto Tecnológico de Chetumal del 6 al 10 de Agosto de 2012.

Bosello F., Roson R. & Tol R. (2006). "Economy-wide estimates of the implications of climate change: Human health", *Ecological Economics*, vol. 58, n°3, pp. 579–591.

Boulding K. (1966). "The Economics of the Coming Spaceship Earth". En Jarret H. (ed). Environmental Quality in a Growing Economy. Essays for the Sixth RFF Forum on Environmental Quality, Johns Hopkins Press, pp. 3-14.

Brown T. & Gregory R. (1999). "Why the WTA-WTP disparity matters". *Ecological Economics*, vol. 28, n°3, pp. 323-335.

Cachanosky J. (1994). "Historia de las Teorías del Valor y del Precio: Parte I". *Revista Libertas*, vol. 20, Mayo, Instituto Universitario ESEADE, pp. 1-100.

Castillo Escalante I. (2003). "Problemas de Calidad del Agua en México". En Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental, Seminario sobre Instrumentos Económicos para Cuencas Ambientales, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp. 30-34. Disponible en

<<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/estudios/397/castillo.html>>.

Centro de Estudios para la preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, CEPEP, (2007). Apuntes sobre Evaluación social de proyectos. Disponible : <<http://www.cepep.gob.mx/libro.html>>.

Chavarro A. & Quintero J. (2005). "Economía Ambiental y Economía Ecológica: Hacia una visión unificada de la sostenibilidad". *Revista Ideas Ambientales*, n°2. Disponible en: <http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev_ideasAmb/documentos/IAedicion2A rt09.pdf>.

Coase R. (1960). "The Problem of Social Cost". *The Journal of Law and Economics*, Vol. 3, pp. 1-44. Traducción en *Estudios Públicos* y disponible en: <<http://www.eumed.net/cursecon/textos/coase-costo.pdf>>.

Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, CAPA, (2011). La Gestión de los Recursos Hídricos en Quintana Roo. Disponible en: <<http://capa.gob.mx/capa/index.php/agua-qroo>>.

Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, CAPA, (2012). Análisis de Costos de Producción, Recolección y tratamiento de Agua. Dirección de Planeación Financiera de la Coordinación de Planeación, Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo.

Comisión de las Comunidades Europeas (2007). Un Vitruvio Ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico Sostenible. Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 159 p.

Common M. & Perrings C. (1992). "Towards an ecological economics of sustainability". *Ecological Economics*, vol. 6, n°1, pp. 7-34.

Common M. & Stagl S. (2005). Ecological Economics: An Introduction. Editorial Cambridge University Press, 592 p.

Consortio para la Eficiencia Energética (2005). Commercial Building Performance, Healthcare Facilities, Sector Fact Sheet. Consultado el 28 de noviembre del 2011 en: <<http://www.cee1.org/com/bldgs/hc-fs.pdf>>.

Costanza R. (1994). "Three general policies to achieve sustainability". En Jansson A., Hammer M., Folke C. & Costanza R. (eds). Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability, editorial Island Press, Washington D.C., pp. 392-407.

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R., Sutton P. & Van Den Belt M. (1997). "The value of the World's ecosystem services and natural capital". *Nature*, vol. 387, mayo, pp. 253-260.

Daly H. & Farley J. (2011). Ecological Economics: Principles and Applications. 2a edición, editorial Island Press, Washington D.C., 488 p.

De Graaf H., Musters C. & Ter Keurs W. (1999). Regional Opportunities for Sustainable Development: Theory, Methods, and Applications. Editorial Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 356 p.

Departamento de Energía y Cambio Climático, DECC, & Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales, DEFRA (2012). 2012 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. DEFRA publications, Department for Environment, Food and Rural Affairs, Londres, 85 p. Disponible en: <<http://www.defra.gov.uk/publications/files/pb13773-ghg-conversion-factors-2012.pdf>>.

Dietz S. & Neumayer E. (2007). "Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement". *Ecological Economics*, vol. 61, n°4, pp. 617-626.

Docherty M. & Szokolay S. (1999). "Climate analysis". *Passive and Low Energy Architecture, PLEA*, Note 5, Brisbane, 56 p.

Dora C. & Phillips M. (2000). Transport, Environment and Health. WHO Regional Publications, European Series, n°89, Copenhague, 81 p.

Durán Romero G. (2000). "Medir la sostenibilidad: Indicadores económicos, ecológicos y sociales". Comunicación en *la VII Jornadas de Economía Crítica*, 3-5 de febrero, Albacete, España. Disponible en: <<http://www.ucm.es/info/ec/jec7/pdf/com1-6.pdf>>.

Environment & Human Health (2010). LEED Certification, Where Energy Efficiency Collides with Human Health. The Green Debate Building Report, North Haven, 72 p. Disponible en: http://www.ehhi.org/reports/leed/LEED_report_0510.pdf.

Eriksson R. & Andersson J. (2010). Elements of ecological economics. Editorial Routledge, Francis & Taylor Group, New York, 164 p.

Escartín E. (2008). "El Pensamiento Económico de Séneca". *Revista Nuova Economía e Stotia*, vol. XIV, n°4, pp 21-54.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, FAO, (1996). "Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde". *Cumbre mundial sobre la alimentación*, 13-17 de noviembre, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/003/w2612s/w2612s06.htm>.

Field B. & Field M. (2009). Environmental Economics: An introduction, 5a Edición, editorial McGraw Hill-Irwin, Boston, 493 p.

Flipo F. & Schneider F., editores, (2008). Economic De-Growth for Ecological Sustainability and Social Equity. Proceedings of the First International Conference on *Economic De-Growth for Ecological Sustainability and Social Equity*. Paris, Francia, 332p. Disponible en: <<http://events.it-sudparis.eu/degrowthconference/appe/Degrowth%20Conference%20-%20Proceedings.pdf>>.

Fischer-Kowalski M. (2009). "A hundred years of resource use of the world economy. Dynamics, drivers, impacts". Presentación para el *R'09 & WRF Davos*, 14-15 de septiembre. Disponible en: <www.worldresourcesforum.org/files/fischer-kowalski.pdf>.

Foladori G. (2005). "La economía ecológica". En Foladori G. & Pierri N. (eds). ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable, editorial Miguel Ángel Porrúa, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial, capítulo 7, pp. 189-196.

Frenk J., Lozano R. & González M. (1994). Economía y salud: propuestas para el avance del sistema de salud en México. Informe final. México: Fundación Mexicana para la Salud.

Fundación Mexicana para la Salud (2006). La Salud en México: 2006/2012. Visión de FUNSALUD. 1a edición, *Grafía* Editores, México DF, 112p.

Galli A., Wiedmann T., Ercin E., Knoblauch D., Ewing B. & Giljum S. (2011). Integrating Ecological, Carbon and Water Footprint: Defining the "Footprint Family" and its Application in Tracking Human Pressure on the Planet. *Technical Report*, One Planet Economy Network, 7th Framework Programme for Research and Technological Development, UK, 73 p. Disponible en: <http://www.oneplaneteconomynetwork.org/resources/programme-documents/WP8_Integrating_Ecological_Carbon_Water_Footprint.pdf>.

Garibay M. & Curiel A. (2005). "Salud Ambiental, Campo de la Complejidad Ambiental". *Revista Ideas Ambientales*, n°2. Disponible en: <http://www.manizales.unal.edu.co/modules/unrev_ideasAmb/documentos/IAedicion2A rt15.pdf>.

Gimeno J., Rubio S., Tamayo P., Eds, (2005). *Economía de la salud: Fundamentos*. Ediciones Diaz de Santos, Madrid, España, 298 p.

Gilpin A. (2010). Economía ambiental: Un análisis crítico. Ediciones Alfaomega Grupo Editor, México, 352 p.

Givoni B. (1998) Climate considerations in building and urban design. Jhon Wiley & Sons, New York, 464 p.

Gómez-Dantés O., Sesma S., Becerril V. M., Knaul F. M., Arreola H. & Frenk J. (2011). "Sistema de salud de México". *Salud Pública de México*, vol. 53, supl. 2, pp. S220-S232.

González M. & Navarro J. (2006). "Assessment of the decrease of CO2 emissions in the construction field through the selection of materials: Practical case study of three houses of low environmental impact". *Building and Environment*, vol. 41, pp. 902-909.

Grossman M. (1972). The Demand for Health-A theoretical and Empirical Investigation. NBER books, Columbia University Press, 135 p.

Correa-Restrepo F. (2004). "Crecimiento Económico y Medio Ambiente: Una Revisión Analítica de la Hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets". *Revista Semestre Económico*, vol. 7, n°14, pp. 73-104.

Haas W., Weisz U. & Pelikan. J. (2007). "Integrating Health Promotion and Sustainable Development for the benefit of Hospital Development. A relationship with future?". Ponencia presentada en la *15ª Conferencia Internacional sobre Hospitales Promotores de Salud*, 11-13 de abril, Viena. Disponible en: <lbimg-archiv.lbg.ac.at/present/10042007.pdf>.

Haas W. & Weisz U. (2008). "The risk of the 'health society': Decreased sustainability leading to negative impacts on health". Ponencia presentada en la *16ª Conferencia Internacional sobre Hospitales Promotores de Salud y Servicios de Salud*, 14-16 de mayo, Berlín. Disponible en <<http://www.hphconferences.org/past-conferences.html>>.

Haas W. & Weisz U. (2010). "A significant sustainability question: Increase number of health treatments or increase public health?". Conferencia Transdisciplinaria, Instituto de Ecología Social de Viena, Universidad Klagenfurt, septiembre de 2010, Ginebra. Disponible en: <http://www.transdisciplinarity.ch/Downloads/haas_weisz.pps>.

Halvorsen R. (2009). "What Does the Empirical Work Inspired by Solow's 'The Economics of Resources or the Resources of Economics' Tell Us?". *Journal of Natural Resources Policy Research*, vol. 1, enero, pp. 87-90.

Hartwick J. (1977). "Intergenerational Equity and the Investment of Rents from Exhaustible Resources". *American Economic Review*, vol. 67, n°7, pp. 972-974.

Hausman J., Leonard G. & McFadden D. (1995) "A utility Consistent, Combined Discrete Choice and Count Data Model Assessing Recreational Use Losses Due to Natural Resource Damage". *Journal of Public Economics*, Vol. 56, n°1, pp. 1-30.

Health Care Without Harm & Practice Greenhealth (2011). Addressing Climate Change in the Health Care Setting, opportunities for action. Reporte consultado el 22 de marzo del 2011 en:

<<http://practicegreenhealth.org/pubs/toolkit/reports/ClimateChange.pdf>>.

Hegde A. (2001). "Economics of Air Pollution and Health in Developing Countries: A Brief Literature Survey". *Working Papers*, North Carolina State University. Disponible en:

<http://www.airimpacts.org/documents/local/air_pollution_and_health.pdf>.

Hoekstra A. (2012). "The hidden water resource use behind meat and dairy". *Animal Frontiers*, vol. 2, n°2 pp. 3-8.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, & Instituto Nacional de Ecología, INE, (2000). Indicadores de Desarrollo Sustentable en México. Reporte consultado el 12 de septiembre de 2011 en:

<<http://www2.ine.gov.mx/publicaciones/download/311.pdf>>.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, (2013). *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México*. Sitio web consultado el 05 de febrero del 2013 en:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/c_anuales/c_econecol/default.aspx>.

Joseph P. & Tretsiakova-McNally S. (2010). "Sustainable Non-Metallic Building Materials". *Sustainability*, vol. 2, pp. 400-427.

Kahneman D. & Knetsch J. L. (1992). "Valuing public goods: the purchase of moral satisfaction". *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 22, pp. 57-70.

Kaplan S. (2011). "How Sustainable Hospitals Can Help Bend the Cost Curve: Research Study". Ponencia presentada en el *CleanMed 2011, Creating healing environments*, 6-8 de abril, Phoenix, Arizona. Disponible en:

<<http://www.cleanmed.org/2011/downloads/presentations/default.htm>>.

Kerschner C. (2006). "The Steady-State Economy: The only path to a sustainable future?". Ponencia presentada en *X Jornadas de Economía Crítica, ¿Alternativas al capitalismo?*, 23-25 de marzo de 2006, Barcelona, España. Disponible en:

<<http://www.ucm.es/info/ec/jec10/ponencias/410kerschner.pdf??>>.

King D. & Mazzotta M. (2000). "Dollar-based Ecosystem Valuation Methods". *Ecosystem Valuation*, sitio Web financiado por el Departamento de Agricultura, Servicio de Conservación de Recursos Naturales y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los EE.UU. Consultado el 16 de julio del 2012 en:

<<http://www.ecosystemvaluation.org>>.

Kolstad C. (2010). Environmental Economics. 2a Edición, editorial Oxford University Press, USA, 496 p.

Larocque S., Berger L. & Manning R. (2011). "Defining the Cost of Green Hospitals". Ponencia presentada en el *CleanMed 2011, Creating healing environments*, 6-8 de abril, Phoenix, Arizona. Disponible en:

<<http://www.cleanmed.org/2011/downloads/presentations/default.htm>>.

Leal G. (2008). "Debate sobre la Sostenibilidad". *Documentos de trabajo*, Desarrollo Conceptual y Metodológico de una Propuesta de Desarrollo Urbano Sostenible para la Ciudad-Región Bogotá en clave de ciudad Latinoamericana, Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en

<http://www.javeriana.edu.co/arquidis/maeplan/publicaciones/documents/DebatesobrelaSostenibilidad_000.pdf>.

Lee R. H. (2009). "Why Health Economics?". En Lee R. H. Economics for Healthcare Managers, 2a Edición, editorial Health Administration Press, capítulo 1, pp. 1-15.

Lin C., Hou C., Shen S. & Lin M. (2008). "Health Promotion in the Environment". Ponencia presentada en la *16ª Conferencia Internacional sobre Hospitales Promotores de Salud y Servicios de Salud*, 14-16 de mayo, Berlín. Disponible en:

<www.hphconferences.org/archive/berlin08/Abstractbook_final.pdf>.

Looker N. (1998). "Municipal Wastewater Management in Latin America and the Caribbean". Discussion Paper, R. J. Burnside International Limited, Municipal Water for the Canadian Environment Industry Association. Disponible en:

<<http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/23638/1/113164.pdf>>.

Lucas R (1988). "On the mechanics of economic development ". *Journal of monetary Economics*, vol 22, n° 1, pp. 3-42.

Luna A. (2008). Diseño y evaluación de vivienda energéticamente sustentable. Tesis doctoral, *mimeo*, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali.

Malthus T. (1798). An Essay on the Principle of Population. Printed for Johnson, St. Paul's Church-Yard, London. Disponible en Electronic Scholarly Publishing Project:

<<http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf>>.

Mankiw G. (2009). Principios de Economía. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., México, 872 p.

Margalef R. (1981). Ecología. Ediciones Planeta, España, 255 p.

Martínez J. (2001). "Riesgos por exposición a isocianatos". *Higiene industrial*, Publicación Institucional de Ibermutuamur, n°26, pp. 56-63.

Martuzzi M. (2006). "Environment and Health: Perspectives from the intersectoral experience in Europe". En Ståhl T., Wismar M., Ollila E., Lahtinen E. & Leppo K. (eds), Health in All Policies: Prospects and Potentials, Ministry of Social Affairs and Health, Finlandia, capítulo 7, pp. 129-144.

McMichael A. (1996). "Environment Health and Sustainable Development". En Serageldin I. & Sfeir-Younis A. (eds), Effective Financing of Environmentally Sustainable Development, Proceedings of the Third Annual World Bank Conference on Environmentally Sustainable Development, World Bank Publications, Washington D. C., pp. 128-131.

Mill J. S. (1848). Principios de Economía Política, con algunas de sus aplicaciones a la filosofía social. 2a Edición en español, 1951, Fondo de Cultura Económica, México, 896 p.

Muñoz M. (2010). Modelo Económico Mundial y la Conservación del Medio Ambiente. Edición electrónica gratuita, EUMED, España, 124 p. Texto completo disponible en: [<www.eumed.net/libros/2010b/700/>](http://www.eumed.net/libros/2010b/700/).

Mwabu G. (2007). "Health Economics for low-income Countries". *Center Discussion Paper*, n°955, Economic Growth Center, Yale University, New Haven. Disponible en: [<http://www.econ.yale.edu/growth_pdf/cdp955.pdf>](http://www.econ.yale.edu/growth_pdf/cdp955.pdf).

Naciones Unidas (2010). Objetivos de desarrollo del Milenio: Informe 2010. Publicado por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, Junio del 2010, Nueva York, 78 p. Disponible en: [<http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/environ.shtml>](http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/environ.shtml).

Nordhaus W. D. (2008). A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies, Yale University Press, New Haven & London, 234 p.

Odum E. (1971). Ecología. 3a Edición, Nueva Editorial Interamericana, S.A de C. V., México, 639p.

Olgay V. (1963). Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton, University Press, New Jersey, 190 p.

Organización Mundial de la Salud, OMS, (1997). Sustainable development and health: Concepts, principles and framework for action for European cities and towns. Serie European Sustainable Development and Health Series, WHO , Copenhagen, 63 p. Disponible en:

<http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0016/43315/E53218.pdf>.

Organización Mundial de la Salud, OMS, (2002). "Health and Sustainable Development: Addressing the Issues and Challenges". Documento preparado para la *Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*, 26 de agosto - 4 de septiembre, Johannesburgo. Disponible en:

<http://www.who.int/mediacentre/events/HSD_Plaq_02.12.pdf>.

Organización Mundial de la Salud, OMS, & Health Care Without Harm (2009). "Healthy hospitals, healthy planet, healthy people: Addressing climate change in healthcare setting". *Discussion Draft Paper*, WHO. Disponible en:

<http://www.who.int/globalchange/publications/healthcare_settings/en/index.html>.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, (2008). "Health and the Environment". *OECD Observer*, Policy Brief, OECD Paris. Disponible en:

<<http://www.oecd.org/dataoecd/38/18/40396531.pdf>>.

Pearce D., Markandya A. & Barbier E. (1989). Blueprint for a Green Economy. Editorial Earthscan, Londres, 192 p.

Peterson C. & Azizova Z. (2007). "World Bank & Landfill Gas Project (LGP) in developing countries". Ponencia presentada en *10th Annual Landfill Methane Outreach Program (LMOP) Conference*, 23-24 de enero, Maryland. Disponible en:

<<http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/conf/10th/peterson.pdf>>.

Pelikan J. & Schmied H. (2008). "Improving community and public health orientation: Linking health promotion with sustainability, corporate social responsibility and quality in hospital and health services". Ponencia presentada en *16ª Conferencia Internacional sobre Hospitales Promotores de Salud y Servicios de Salud*, 14-16 de mayo, Berlín. Disponible en:

<www.ausl.re.it/HPH/FRONTEND/Home/DocumentViewer.aspx?document_id=280>.

Pelikan J., Dietscher C. & Schmied H. (2012). "Health Promoting Hospitals (HPH) – A strategy to improve quality and health gain of hospitals & health services". Ponencia presentada en *29º Simposio Jean-Yves Richard*, 2 de Febrero, Montreal. Disponible en:

<http://www.mdas.umontreal.ca/rayonnement/colloque_jean_yves_rivard/documents/Pelikan_J_Dietscher_C_Schmied_H.pdf>.

Pérez J. (2010). "Evaluación económica de la producción independiente de energía en México 2000-2007". *Economía Informa*, n°365, octubre-diciembre, pp. 74-102.

Pindyck S. & Rubinfeld L. (1995). "Las Externalidades y los bienes Públicos". En Pindyck S. & Rubinfeld L., Microeconomía, 3a Edición, Ed. Prentice Hall, España, capítulo 18, pp. 625-629.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (2005). The Millennium Ecosystem Assessment (MA). Reporte consultado el 29 de enero del 2013 en: <<http://www.millenniumassessment.org/en/About.html#>>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (2009). Áreas prioritarias de UNEP. Reporte consultado el 29 de enero del 2013 en: <<http://www.pnuma.org/AreasPrioritarias.php>>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2008). *Poverty, Health, & Environment*, Programa de Naciones Unidas para el desarrollo & Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Informe conjunto. Consultado el 24 de noviembre del 2011 en: <<http://www.unpei.org/PDF/Pov-Health-Env-CRA.pdf>>.

Practice Greenhealth (2012). *History*. Sitio Web consultado el 09 de agosto del 2012 en: <<http://practicegreenhealth.org/about/history>>.

Prüss-Üstün A. & Corvalán C. (2006). Preventing Disease Through Healthy Environments. World Health Organization, Geneva, Suiza, 16 p. Disponible en: <http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease.pdf>.

Quiroga-Martínez R. (2001). "Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas". *Serie Manuales*, n°16, CEPAL, Publicaciones de las Naciones Unidas, Santiago de Chile. Disponible en: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/8/9708/lcl1607e_2.pdf>.

Quiroga-Martínez R. (2007). "Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe". *Serie Manuales*, n°55, CEPAL, Publicaciones de las Naciones Unidas, Santiago de Chile. Disponible en: <<http://www.eclac.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/LCL2771e.pdf>>.

Raghupathy S. (2010). "Green Buildings & Green Hospitals". Conferencia presentada en *Confederation of Indian Industry*, 26 de marzo, Kochi, India. Disponible en: <cii.in/WebCMS/Upload/Mr%20S%20Raghupathy.pdf>.

Ramos J. (2005). "Medio natural y pensamiento económico: Historia de un reencuentro". *Revista Principios*, n°2, pp. 47-70.

Rathe M. (2009). "Economía de la Salud: Conceptos Básicos". Apuntes de clase de Economía de la Salud, Facultad de medicina, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Consultado el 26 de octubre del 2011 en: <http://www.med.unne.edu.ar/catedras/aps/clases/12_economia_salud_conceptos_basicos.pdf>.

Remoundou K. & Koundouri P. (2009) "Environmental Effects on Public Health: An Economic Perspective". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 6, n°8, pp. 2160-2178.

Rodríguez-Ledesma M. & Vidal-Rodríguez C. (2006). "Conceptos básicos de economía de la salud para el médico general". *Revista Médica del IMSS*, vol. 45, n°5, pp. 523-532.

Romer P. (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth". *The Journal of Political Economy*, vol. 94, n° 5, pp. 1002-1037.

Rosenzweig M. & Schultz P. (1982). "The Behavior of Mothers as Inputs to Child Health: The Determinants of Birth Weight, Gestation, and the Rate of Fetal Growth". En Fuchs V. (ed.), Economic Aspects of Health, The University of Chicago Press, Chicago , capítulo 2, pp. 53-92.

Rout H. & Nayak N. (2007). "Health and Health Economics: A Conceptual Framework". *Munich Personal RePEc Archive*, Documento n°6546. Disponible en: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/6546/1/MPRA_paper_6546.pdf>.

Sahlins M. (2006). "The Original Affluent Society". En Solway J. (ed), The Politics of Egalitarianism: Theory and practice, NY: Berghahn Books, capítulo 5, pp. 79-98.

Secretaría de Salud (2010). *El Hospital Sustentable Intercultural*. Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud, México. Consultado el 20 de Diciembre del 2010 en: <http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dmtdi/carpeta2/Hospital_Sustentable_Intercultural.pdf>.

Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012). Proyecto ejecutivo para un Hospital Sustentable de 30 camas en el Municipio de Tulum, Estado de Quintana Roo. Dirección de desarrollo de infraestructura en salud. Licitación pública Nacional, LPN, No. 52101002-08-10, Contrato: QROO-SESA-DDIS-S005-10.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, (2008). Informe final del análisis de las capacidades institucionales de las dependencias ambientales estatales y los programas estatales de fortalecimiento institucional (PEFIS) 2007- 2012. Universidad Autónoma Metropolitana, México DF, 141 p. Consultado el 22 de agosto del 2011 en: <http://www.semarnat.gob.mx/programassubsidios/evaluaciones/evaluaciones2008/Documents/Complementarias_2008/DGPAIRS/informe_final_PDIA_2008.pdf>.

Chávez C. & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2011). "Experiencias Internacionales Exitosas". Ponencia presentada en el *Congreso Internacional "Edificación Sustentable para las Américas: Legislación y políticas públicas para una Economía Verde*, 10-11 de agosto, México DF.

Secretaría de Energía, SENER, (2012). *Sistema de Información Energética*. Secretaria de Energía, México. Sitio web consultado el 15 de marzo del 2012 en: <<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>>.

Sen A. (2000). Desarrollo y libertad. Editorial Planeta, Barcelona, 440 p.

Serageldin I. & Sfeir-Younis A. (1996). "Environment, Health, and Sustainable Development". En Serageldin I. & Sfeir-Younis A. (eds), Effective Financing of Environmentally Sustainable Development, Proceedings of the Third Annual World Bank Conference on Environmentally Sustainable Development, World Bank Publications, Washington D. C., pp. 101-103.

Serageldin I. (1993). "Cómo lograr un desarrollo sostenible". *Finanzas y Desarrollo*, Vol. 30, n°4, pp. 6-10.

Servicio Meteorológico Nacional (2010). Normales climatológicas provisionales del período 1971-2000. Sitio web consultado el 15 de marzo del 2012 en: <<http://smn.cna.gob.mx/>>.

Shyamsundar P. (2002). Poverty—Environment Indicators. Environmental Economics Serie, Paper n°84, World Bank Publications. Disponible en: <<http://www.unpei.org/PDF/PEMonitoring/Poverty-Environment-Indicators.pdf>>.

Solow R. (1986). "On the Intergenerational Allocation of Natural Resources". *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 88, n°1, pp. 141-149.

Salud Sin Daño (2011). Agenda global para hospitales verdes y saludables, un marco integral de salud ambiental para los hospitales y los sistemas de salud de todo el mundo. Sitio web consultado el 17 de enero del 2013 en: <<http://hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2011/10/Agenda-Global-para-Hospitales-Verdes-y-Saludables.pdf>>.

Stiglitz J. (2000). La economía del sector público. 3a Edición, editorial Antoni Bosch, Barcelona, 738 p.

Stiglitz J., Sen A. & Fitoussi J. P. (2009). Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. Reporte disponible en: <http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf>.

Tamburini G., von Ehrenstein O. & Bertollini R., eds, (2002). Children's health and environment: A review of evidence. the European Environment Agency Series, Environmental issue report n°29, Copenhagen, Organización Mundial de la Salud Oficina Regional para Europa en Copenhagen, 223 p. Disponible en:

<http://www.insel-im-fluss.de/WAe/Material/Studien/Kindergesundheit_und_Umwelt.pdf>.

Tejada de Rivero D. (1996). "Environment and Health: Key Links". En Serageldin I. & Sfeir-Younis A. (eds), Effective Financing of Environmentally Sustainable Development, Proceedings of the Third Annual World Bank Conference on Environmentally Sustainable Development, World Bank Publications, Washington D. C., pp. 125-127.

Tobar F. (2009). "¿Hacia dónde va el hospital? Desafíos y dilemas en la gestión de hospitales". *Medicina y Sociedad*, vol. 29, n°3. Disponible en: <http://www.medicinaysociedad.org.ar/publicaciones/05_Septiembre2009/artTobar_completo.htm>.

Toman M. (1998). "Why not to calculate the value of the world's ecosystem services and natural capital". *Ecological Economics*, vol. 25, pp. 57-60.

Torres-Carral G. (2009). El Desarrollo sustentable en México: Visión crítica hacia un desarrollo compatible. Ediciones Plaza y Valdés, México, 259 p.

Túnica J. (2009). "Sistema de certificación ambiental LEED en edificios hospitalarios". *Ingeniería Hospitalaria*, Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria, n°42, octubre, pp. 14-18.

Vine E., Evan M. & Allan C. (2000). Energy-efficiency and renewable energy options for risk management and insurance loss reduction. *Energy*, vol. 25, Pergamon Press, pp. 131-147.

Viramontes A. (1998). "La construcción, actividad clave para el desarrollo de un país". *Tecnología y Diseño en las edificaciones*, Ed. U. A. M. A., México D. F., pp. 91-106.

Volkman S. (2003). "Sustainable Wastewater Treatment and Reuse in Urban Areas of the Developing World". *Working Paper*, Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan Technological University. Disponible en: <http://www.cee.mtu.edu/sustainable_engineering/resources/technical/Wastewater_treatment_and_reuse_FINAL.pdf>.

Wackernagel M. & Rees W. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Editorial New Society Press, 160 p.

Warford J. (1995). "Environment, health, and sustainable development: the role of economic instruments and policies". *Boletín de la Organización Mundial de la Salud*, vol. 73, n°3, pp. 387-395.

Weil D. (2006). "Accounting for the effect of health on economic growth". *Working Papers*, n°2005-7, Department of Economics, Brown University. Disponible en:

<http://www.brown.edu/Departments/Economics/Papers/2005/2005-07_paper.pdf>.

Weisz U. & Haas W. (2008). "The sustainable hospital concept and its practical understanding". Ponencia presentada en *16ª Conferencia Internacional sobre Hospitales Promotores de Salud y Servicios de Salud*, 14-16 mayo, Berlín. Disponible en: <www.ausl.re.it/HPH/FRONTEND/Home/DocumentViewer.aspx?document_id=280>.

Weisz U., Haas W., Pelikan J., Schmied H., Himpelmann M., Purzner K., Hartl S. & David H. (2010). "Sustainable Hospital, to face the future". Viena 2010. Consultado el 21 de marzo del 2012 en: <<http://www.das-nachhaltige-krankenhaus.at/Dokumente/Summary.pdf>>.

Weisz U., Haas W., Pelikan J. & Schmied H. (2011). "Sustainable Hospitals: A Socio-Ecological Approach". *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, vol. 30, nº3, pp. 191-198.

Wilkinson R. & Marmot M., Eds., (2003). Social determinants of health: the solid facts. 2a Edición, World Health Organization, Dinamarca. Disponible en: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/98438/e81384.pdf>.

Williams A. (2008). The Enemies of Progress: The Dangers of Sustainability. Serie Societas, Imprint Academy, 156 p.

World Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future. Brundtland Commission, Oxford University Press, U.S.A, 420 p.

Xercavins J., Cayuela D., Cervantes G. & Sabater A. (2005). Desarrollo Sostenible. Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña, colección aula politécnica/ciencia, cultura y sociedad, Barcelona, 218 p.

Xochicalli (2011). Tecnología inteligente para el desarrollo sustentable. Sitio web consultado el 17 de enero del 2013 en: <<http://www.xochicalli.org.mx>>.

ANEXO A: Descripción cuantitativa de entradas y salidas del proyecto.

Para el presente trabajo, se realizó una investigación de todos los hospitales generales del Estado de Quintana Roo, sus consumos eléctricos y de agua potable. Para regular los volúmenes de demanda, se cuantificaron los metros cuadrados de construcción operativa de cada hospital cuyo resultado se muestra en la tabla A1. A la muestra, se agrega la proyección de espacios construidos del hospital sustentable de Tulum.

Tabla A1: Superficie operativa de las unidades médicas incluidas en la muestra.

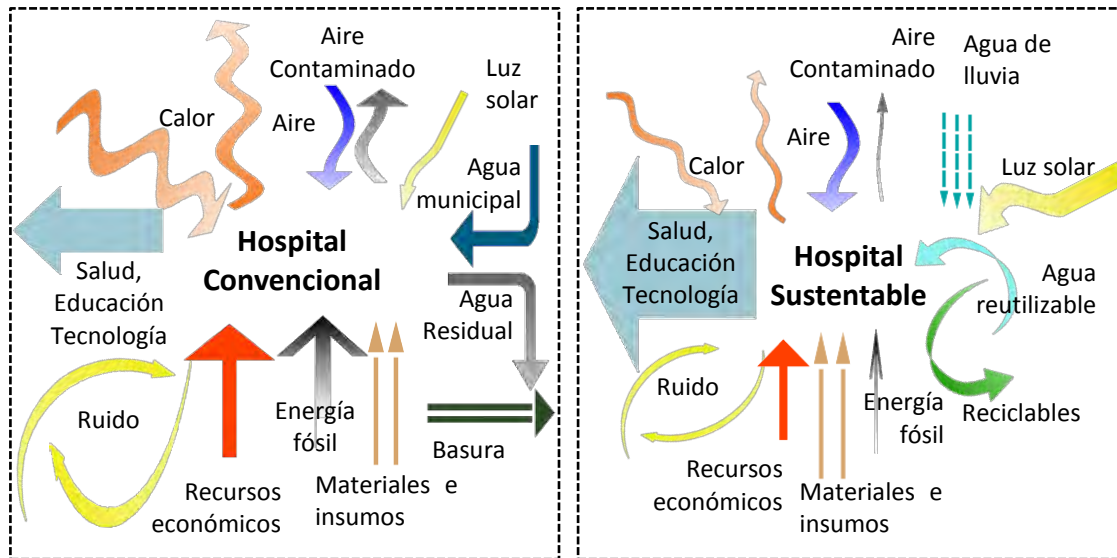
| Unidad Médica | m ² operativos |
|---|---------------------------|
| Hospital General de Cozumel | 2,960.75 |
| Hospital Materno Infantil "Morelos", Chetumal | 2,963.94 |
| Hospital General de Chetumal | 5,933.28 |
| Hospital General de Cancún | 5,970.10 |
| Hospital General de 30 Camas Tulum | 7,607.46 |
| Hospital General de Playa del Carmen | 14,056.40 |

Fuente: Elaboración propia.

Notas: Ver Anexo B.

Al momento de definir las interacciones entre un hospital y su medio ambiente, así como las diferencias entre una provisión convencional y un hospital sustentable, se puede inferir que son muchas y diversas. Una tentativa de representar lo anterior se indica en la gráfica A1. En efecto, un hospital convencional se provisiona con el fin de brindar salud y educación a la población objetivo. De ahí, para lograr este fin, se demanda el suministro de energía, agua, así como diversos insumos, como material médico, alimentos etc. Lo que desecha son residuos sólidos y líquidos de diferentes características y efectos sobre el medio ambiente. Convencionalmente, el agua se combina en una única agua residual. Por su parte, los residuos sólidos se dividen en "comunes" y RPBI¹, los cuales son manejados por una empresa contratada para este fin específico. Cualquier construcción genera efectos sobre su medio ambiente inmediato, como la contaminación del aire así como la radiación de calor o ruido.

¹ Por Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos que son el resultado de los servicios de atención médica considerados peligrosos o infecciosos-patogénicos.

Gráfica A1: Interacciones entre un Hospital y su medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia.

De las interacciones esbozadas en el párrafo anterior, la evaluación a realizar se centrará en dos de los principales insumos: la energía y el agua. A simple vista, es una estricta relación, sin embargo suponen numerosas relaciones e impactos los cuales se desentrañan a continuación. Siguiendo la cadena de suministro, la energía en la península de Yucatán es producida por termoeléctricas a base de diesel. Sin embargo, no representa el inicio de los impactos hacia el medio ambiente, ya que se puede extender hacia el suministro y refinado de los combustibles, así como a la manufactura de la maquinaria y componentes. A este contexto, se debe contar con información respecto de las pérdidas que significa el suministro. Adicionalmente, se debe tener presente de que, cada acción directa, genera secuelas indirectas. Una vez suministrada la energía, podríamos dividir su uso final dada la relevancia de su consumo. Lo anterior queda explícito en términos relativos en la tabla A2, en donde se señalan los consumos totales del recientemente creado hospital de Playa del Carmen. El inicio de operaciones se observa en el mes de febrero del 2011, donde la demanda máxima apenas significaba el 11% del total de la demanda contratada de 1260 kW. Sin embargo, a medida que transcurre el tiempo, se distingue en la escala de colores aplicada un aumento de la demanda máxima el cual disminuye posteriormente.

Tabla A2: Consumo eléctrico del Hospital General de Playa del Carmen.

| Hospital General Playa del Carmen | | | | Demanda contratada kW | | 1260 |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|----|-----------------------|-------------------|------|
| Mes | 2011 | | | 2012 | | |
| | Demanda máxima kW | Consumo total kWh | % | Demanda máxima kW | Consumo total kWh | % |
| Ene | | | | 616 | 386,596 | 49 |
| Feb | 135 | 16,542 | 11 | 624 | 379,883 | 50 |
| Mar | 714 | 326,962 | 57 | 618 | 425,514 | 49 |
| Abr | 743 | 432,263 | 59 | 699 | 413,991 | 55 |
| May | 742 | 491,762 | 59 | 633 | 440,426 | 50 |
| Jun | 863 | 489,694 | 68 | 637 | 431,253 | 51 |
| Jul | 907 | 593,633 | 72 | | | |
| Ago | 881 | 500,111 | 70 | | | |
| Sep | 815 | 473,754 | 65 | | | |
| Oct | 645 | 385,809 | 51 | | | |
| Nov | 633 | 401,992 | 50 | | | |
| Dic | 597 | 376,101 | 47 | | | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Federal de Electricidad (2012).

Cabe mencionar que el fenómeno anteriormente descrito no es objeto de cambio de tarifas ya que se está hablando puramente del consumo.

De ahí, se aprecia ciclos de consumo mayores para los meses más cálidos del año, como queda patente en las tablas A3 y A4. Esto se debe al importante rubro de energía dedicado a la climatización artificial. El aumento de este consumo es irremediamente transferido al costo operativo.

Tabla A3: Consumo eléctrico del Hospital General de Chetumal.

| Hospital General Chetumal | | | | Demanda contratada kW | | 592 | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------|----|-----------------------|-------------------|-----|-------------------|-------------------|----|
| Mes | 2010 | | | 2011 | | | 2012 | | |
| | Demanda máxima kW | Consumo total kWh | % | Demanda máxima kW | Consumo total kWh | % | Demanda máxima kW | Consumo total kWh | % |
| Ene | | | | 263 | 122,528 | 44 | 304 | 128,058 | 51 |
| Feb | | | | 264 | 120,498 | 45 | 278 | 133,196 | 47 |
| Mar | 277 | 134,582 | 47 | 283 | 141,358 | 48 | 287 | 150,388 | 48 |
| Abr | 312 | 150,178 | 53 | 299 | 152,152 | 51 | 290 | 153,146 | 49 |
| May | 316 | 172,340 | 53 | 310 | 178,906 | 52 | 302 | 161,700 | 51 |

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|
| Jun | 365 | 180,740 | 62 | 334 | 173,348 | 56 | 294 | 161,868 | 50 |
| Jul | 310 | 169,036 | 52 | 310 | 179,494 | 52 | 308 | 174,174 | 52 |
| Ago | 327 | 185,710 | 55 | 324 | 182,784 | 55 | | | |
| Sep | 334 | 173,194 | 56 | 335 | 175,196 | 57 | | | |
| Oct | 285 | 139,832 | 48 | 310 | 145,152 | 52 | | | |
| Nov | 292 | 125,860 | 49 | 285 | 134,414 | 48 | | | |
| Dic | 243 | 101,290 | 41 | 272 | 121,478 | 46 | | | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Federal de Electricidad (2012).

Tabla A4: Consumo eléctrico del Hospital Morelos.

| Hospital Materno Infantil Morelos | | | Demanda contratada kW | | | 225 | | | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----|-------------------|-------------------|----|
| Mes | 2010 | | | 2011 | | | 2012 | | |
| | Demanda máxima kW | Consumo total kWh | % | Demanda máxima kW | Consumo total kWh | % | Demanda máxima kW | Consumo total kWh | % |
| Ene | | | | 118 | 56,826 | 52 | 131 | 62,293 | 58 |
| Feb | | | | 130 | 54,250 | 58 | 127 | 61,370 | 56 |
| Mar | 117 | 52,920 | 52 | 139 | 68,684 | 62 | 135 | 72,071 | 60 |
| Abr | 153 | 75,634 | 68 | 135 | 69,538 | 60 | 144 | 75,017 | 64 |
| May | 139 | 80,064 | 62 | 152 | 81,894 | 68 | 164 | 79,017 | 73 |
| Jun | 168 | 92,718 | 75 | 163 | 84,546 | 72 | 144 | 75,293 | 64 |
| Jul | 161 | 87,655 | 72 | 165 | 90,552 | 73 | 147 | 80,919 | 65 |
| Ago | 165 | 88,662 | 73 | 179 | 93,957 | 80 | 155 | 82,706 | 69 |
| Sep | 159 | 75,632 | 71 | 175 | 90,793 | 78 | | | |
| Oct | 145 | 69,542 | 64 | 164 | 4,037 | 73 | | | |
| Nov | 132 | 64,036 | 59 | 144 | 66,750 | 64 | | | |
| Dic | 108 | 46,928 | 48 | 129 | 61,217 | 57 | | | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Federal de Electricidad (2012).

En otro orden de ideas, el tema del agua resulta por demás interesante ya que por lo general se considera separadamente del tema energético. Sin embargo, el enfoque propuesto debe contemplar los impactos indirectos, tanto en el suministro del líquido como en su tratamiento. El cruce de todos estos datos es relevante para determinar el costo social por metro cúbico del suministro el tratamiento posterior del agua.

Así pues, para el caso de la tabla A5, se obtiene mediante datos presentados por el organismo operador municipal de Tulum, bajo control de la CAPA, en el periodo enero-diciembre del 2011. Específicamente, en el caso del agua potable, los rubros "COMERCIAL" y "ADMINISTRATIVO" incluyen técnicamente tanto gastos de agua potable como de aguas residuales. Sin embargo, en concordancia con la ley de precios y tarifas de agua potable y saneamiento, se cobran en el agua potable y no en agua residual. En cuanto a la sección de "CAPITAL", se refiere a cobros a los usuarios por conexión, reconexión, nuevas instalaciones, micro-medidores, reparaciones, etc. En este sentido, no se refiere a las inversiones por obra, las cuales no se incluyen, sino que implican lo que se destina a comprar material a instalar para la atención de los usuarios. Otros costos no incluidos son la mayor parte de la planeación, construcción y administración de obra, licitaciones y adquisiciones, cultura del agua, comunicación social, jurídico y contraloría.

Adicionalmente, se prescinde de los costos de concentración de la información estatal, establecimiento y seguimiento de políticas y metas comerciales a nivel estatal, vigilancia de la calidad del servicio de la concesionaria, contacto con dependencias estatales y federales, cobro de adeudos y seguimiento a nuevos desarrollos.

Tabla A5: CMg del Agua Potable y el Alcantarillado ejercicio 2011 en Tulum.

| CONCEPTO | AGUA POTABLE | | | | SUBTOTAL (ap) |
|---|--------------|-----------|--------------|---------|---------------|
| | OPERACIÓN | COMERCIAL | ADMISTRATIVO | CAPITAL | |
| CMg por m ³ producido (\$/m ³) | 0.70 | 0.45 | 1.99 | 0.06 | 3.20 |
| CMg por m ³ facturado (\$/m ³) | 7.42 | 1.84 | 8.18 | 0.23 | 17.67 |

| CONCEPTO | AGUAS RESIDUALES | | | SUBTOTAL (ar) |
|---|------------------|-------------|---------|---------------|
| | RECOLECCION | TRATAMIENTO | CAPITAL | |
| CMg por m ³ producido (\$/m ³) | 0.07 | 2.19 | 3.28 | 5.54 |
| CMg por m ³ facturado (\$/m ³) | 0.07 | 2.19 | 3.28 | 5.54 |

| CONCEPTO | TOTAL ap + ar |
|---|---------------|
| CMg por m ³ producido (\$/m ³) | 8.74 |
| CMg por m ³ facturado (\$/m ³) | 23.21 |

Fuente: Elaboración propia a partir de CAPA (2012).

Por añadidura, las diferencias entre el costo por metro cúbico producido y el facturado se debe a las fugas y la falta de micro-medición que aquejan a la eficiencia física. En consecuencia, existen organismos operadores con alto costo de extracción del agua pero con menores pérdidas en el sistema y mayor cobertura en micro-medición. Para el caso de Tulum ocurre lo contrario. Con un volumen anual producido de 5,034,189.30 m³/año y un volumen facturado de 1,226,550.00 m³/año, se obtiene una eficiencia física del 24.36%, la más baja del Estado (CAPA, 2012). Además, el impacto indirecto en gases efecto invernadero de este suministro se señala en la tabla A6.

Tabla A6: Factores de conversión, GHG Generados indirectamente (kg CO₂/ m³).

| Año factor de emisión | Suministro de agua | Tratamiento de agua |
|-----------------------|--------------------|---------------------|
| 2007 | 0.2760 | 0.6930 |
| 2008 | 0.3000 | 0.7500 |
| 2009 | 0.3400 | 0.7000 |
| 2010 | 0.3441 | 0.7085 |

Fuente: Elaboración propia a partir de DECC² & DEFRA³ (2012, p. 40).

² Siglas en Inglés del Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido.

³ Siglas en Inglés del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido.

Referencias

Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, CAPA, (2012). Análisis de Costos de Producción, Recolección y tratamiento de Agua. Dirección de Planeación Financiera de la Coordinación de Planeación, Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo.

Departamento de Energía y Cambio Climático, DECC, & Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales, DEFRA (2012). 2012 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. DEFRA publications, Department for Environment, Food and Rural Affairs, Londres, 85 p. Disponible en: <<http://www.defra.gov.uk/publications/files/pb13773-ghg-conversion-factors-2012.pdf>>.

Comisión Federal de Electricidad, CFE, (2012). Consumos anuales de hospitales de Quintana Roo, realizados entre los años 2007 al 2011, contratados a nombre de los Servicios Estatales de Salud, RFC SES961019TX9.

ANEXO B: Superficie operativa de las unidades médicas evaluadas.

Como se mencionó en el Anexo A, específicamente en la tabla A1, se realizó el cálculo de la superficie operativa de las unidades médicas. Así se incluyó una muestra de todos los hospitales generales del Estado de Quintana Roo, con la excepción del Hospital General de Felipe Carrillo Puerto. A continuación, el procedimiento incluyó cuantificar los metros cuadrados de construcción operativa de cada hospital, agregando el área proyectada del hospital sustentable de Tulum. Cabe señalar, que algunas áreas, como las exteriores o consideradas no funcionales, agregadas en las gráficas B1 a B8, fueron descontadas y no incluidas en el cálculo total de áreas operativas que se muestra en las tablas B1 a la B6.

Tabla B1: Superficie operativa del Hospital General de Chetumal.

| | |
|---------------------|-----------------|
| HOSPITALIZACIÓN | 1,708.21 |
| URGENCIAS | 617.25 |
| CONSULTA EXTERNA | 1,609.45 |
| CIRUGIAS | 776.14 |
| SERVICIOS GENERALES | 1,222.23 |
| TOTAL | 5,933.28 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B2: Superficie operativa del Hospital Materno Infantil Morelos, Chetumal.

| | |
|---------------------|-----------------|
| HOSPITALIZACIÓN | 736.73 |
| SERVICIOS GENERALES | 440.80 |
| URGENCIAS | 460.00 |
| ADMINISTRACION | 452.30 |
| QUIROFANO Y CEyE | 504.09 |
| CONSULTA EXTERNA | 370.02 |
| TOTAL | 2,963.94 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B3: Superficie operativa del Hospital General de Cozumel.

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| HOSPITALIZACION | 408.48 |
| ADMINISTRACION | 294.41 |
| AREAS DE AMPLIACION Y REMODELACION | 210.24 |
| URGENCIAS | 540.59 |
| SERVICIOS GENERALES | 468.03 |
| CONSULTA EXTERNA | 267.52 |
| CIRCULACIONES | 473.58 |
| AUDITORIO | 129.28 |
| UNEME Nueva Vida | 168.62 |
| TOTAL | 2,960.75 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B4: Superficie operativa del Hospital General de Cancún.

| | |
|---------------------|-----------------|
| HOSPITALIZACIÓN | 2,426.93 |
| SERVICIOS GENERALES | 1,017.28 |
| URGENCIAS | 309.21 |
| ADMINISTRACIÓN | 545.49 |
| QUIROFANO Y CEyE | 790.71 |
| CONSULTA EXTERNA | 880.48 |
| TOTAL | 5,970.10 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B5: Superficie operativa del Hospital General de Playa del Carmen.

| | |
|-------------------------------|------------------|
| PLANTA BAJA | |
| URGENCIAS | 878.52 |
| TOCOCIRUGIA | 651.18 |
| CIRUGIA Y CEyE | 766.93 |
| ANATOMIA PATOLOGICA | 448.16 |
| DIETOLOGIA | 827.86 |
| LABORATORIO Y BANCO DE SANGRE | 527.84 |
| IMAGENOLOGIA | 663.70 |
| INHALOTERAPIA | 525.82 |
| CONSULTA EXTERNA | 882.73 |
| ENSEÑANZA | 940.71 |
| SERVICIOS GENERALES | 1,663.26 |
| SUBTOTAL | 8,776.71 |
| PLANTA ALTA | |
| HOSPITALIZACIÓN | 2,346.70 |
| ADMINISTRACIÓN | 800.67 |
| VESTIBULO CENTRAL | 386.84 |
| CONSULTA EXTERNA | 827.86 |
| TALLERES | 106.47 |
| RESIDENTES E INTERNOS | 811.15 |
| SUBTOTAL | 5,279.69 |
| TOTAL | 14,056.40 |

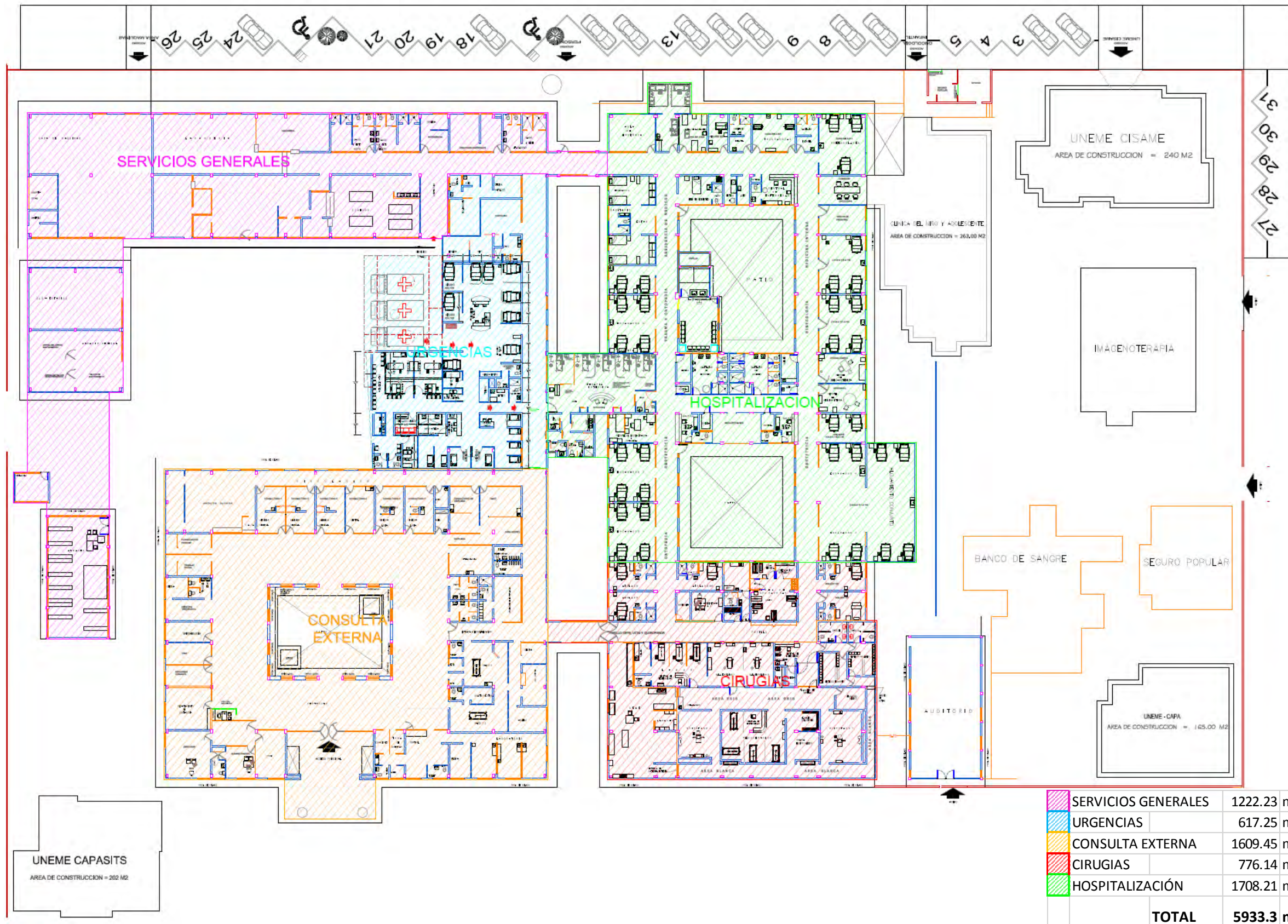
Fuente: Elaboración propia.

Tabla B6: Superficie operativa del Hospital Sustentable de Tulum.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| PLANTA BAJA | |
| HOSPITALIZACION | 1,368.18 |
| URGENCIAS | 892.17 |
| TOCOLOGIA | 467.70 |
| QUIROFANO Y CEYE | 704.40 |
| AUXILIARES DE DIAGNOSTICO | 520.77 |
| CONSULTA EXTERNA | 1,637.20 |
| SERVICIOS GENERALES | 1,129.07 |
| SUBTOTAL | 6,719.49 |
| PLANTA BAJA | |
| ENSEÑANZA | 178.62 |
| ADMINISTRATIVA | 709.35 |
| SUBTOTAL | 887.97 |
| TOTAL | 7,607.46 |

Fuente: Elaboración propia.

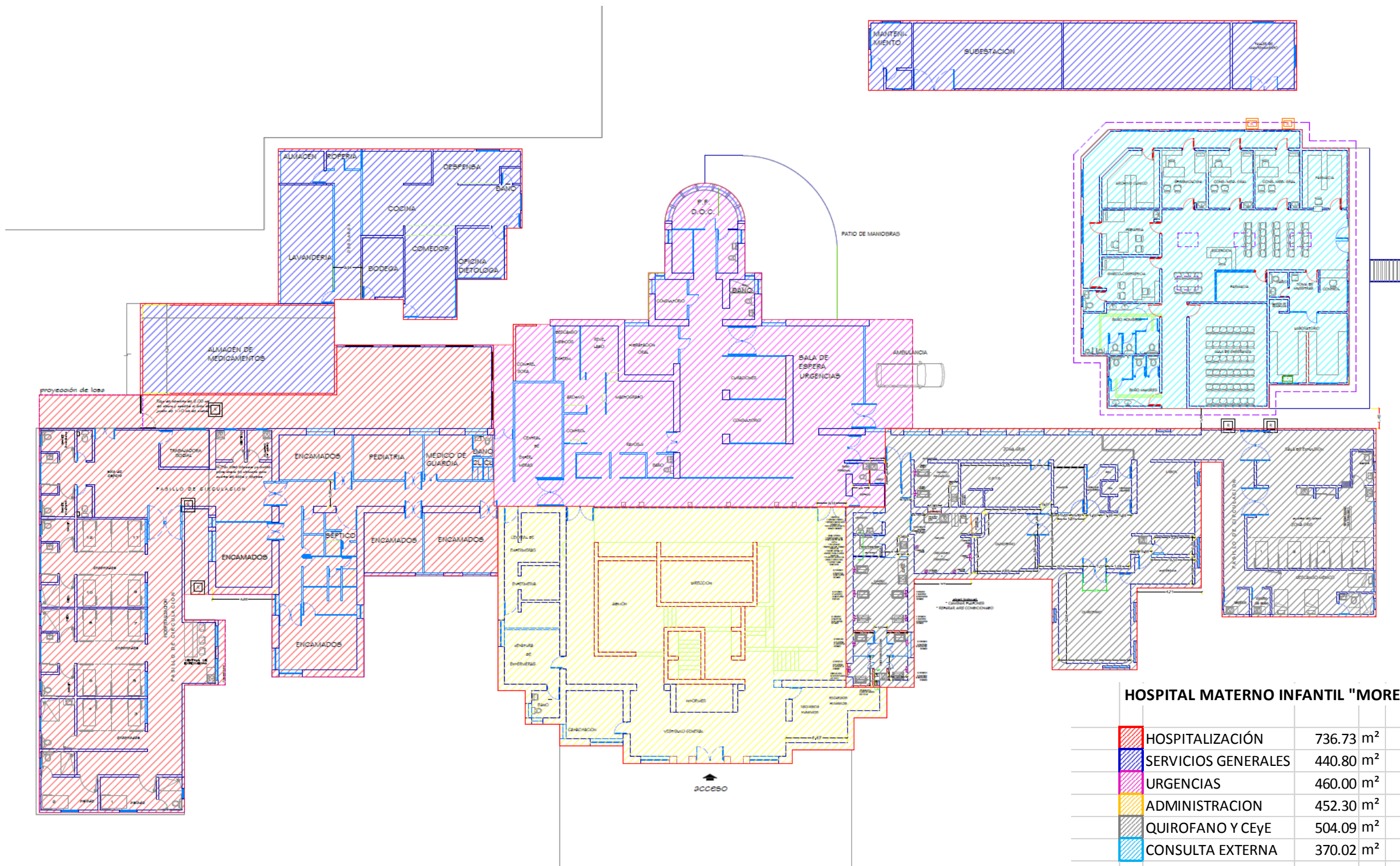
Gráfica B1: Hospital General de Chetumal.









| | |
|---------------------|-----------------------------|
| SERVICIOS GENERALES | 1222.23 m ² |
| URGENCIAS | 617.25 m ² |
| CONSULTA EXTERNA | 1609.45 m ² |
| CIRUGIAS | 776.14 m ² |
| HOSPITALIZACION | 1708.21 m ² |
| TOTAL | 5933.3 m² |

Fuente: Elaboración propia a partir de Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

Gráfica B2: Hospital Materno Infantil Morelos, Chetumal.

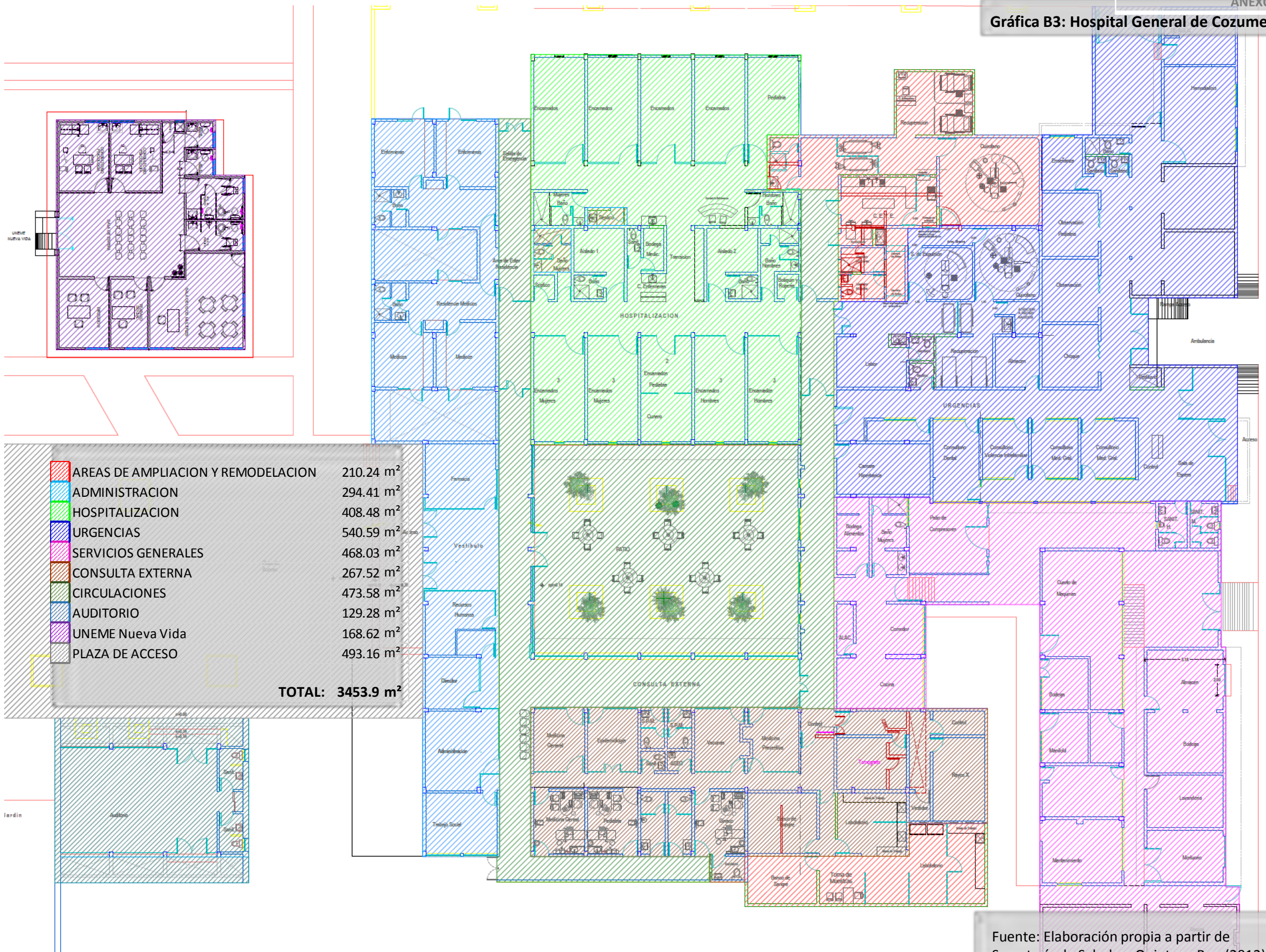


HOSPITAL MATERNO INFANTIL "MORELOS". C

| | | |
|---|---------------------|------------------------------|
|  | HOSPITALIZACIÓN | 736.73 m ² |
|  | SERVICIOS GENERALES | 440.80 m ² |
|  | URGENCIAS | 460.00 m ² |
|  | ADMINISTRACION | 452.30 m ² |
|  | QUIROFANO Y CEYe | 504.09 m ² |
|  | CONSULTA EXTERNA | 370.02 m ² |
| TOTAL: | | 2963.94 m² |

Fuente: Elaboración propia a partir de Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

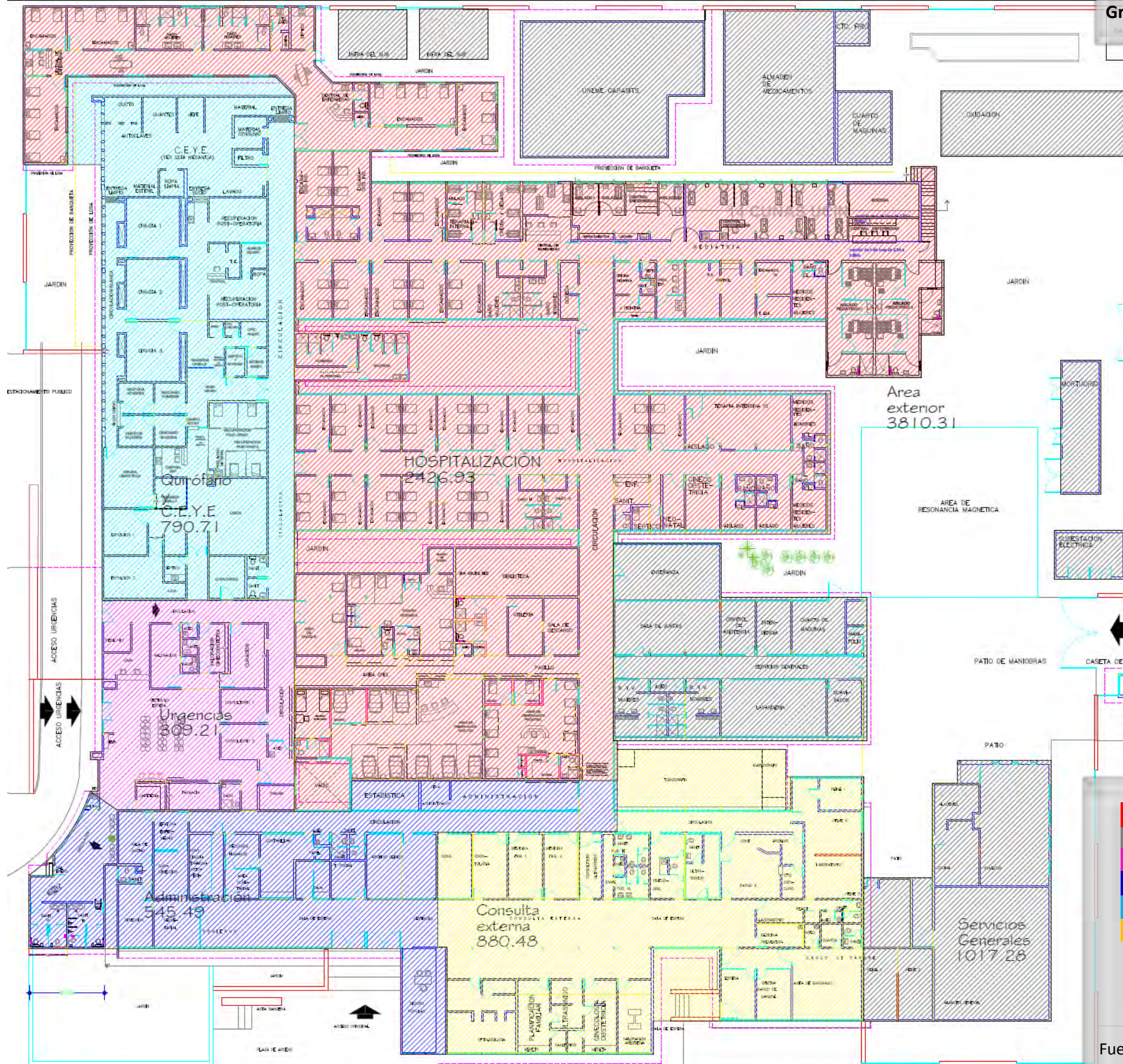
Gráfica B3: Hospital General de Cozumel.









| | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| AREAS DE AMPLIACION Y REMODELACION | 210.24 m ² |
| ADMINISTRACION | 294.41 m ² |
| HOSPITALIZACION | 408.48 m ² |
| URGENCIAS | 540.59 m ² |
| SERVICIOS GENERALES | 468.03 m ² |
| CONSULTA EXTERNA | 267.52 m ² |
| CIRCULACIONES | 473.58 m ² |
| AUDITORIO | 129.28 m ² |
| UNEME Nueva Vida | 168.62 m ² |
| PLAZA DE ACCESO | 493.16 m ² |
| TOTAL: | 3453.9 m² |

Fuente: Elaboración propia a partir de Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

Gráfica B4: Hospital General de Cancún.

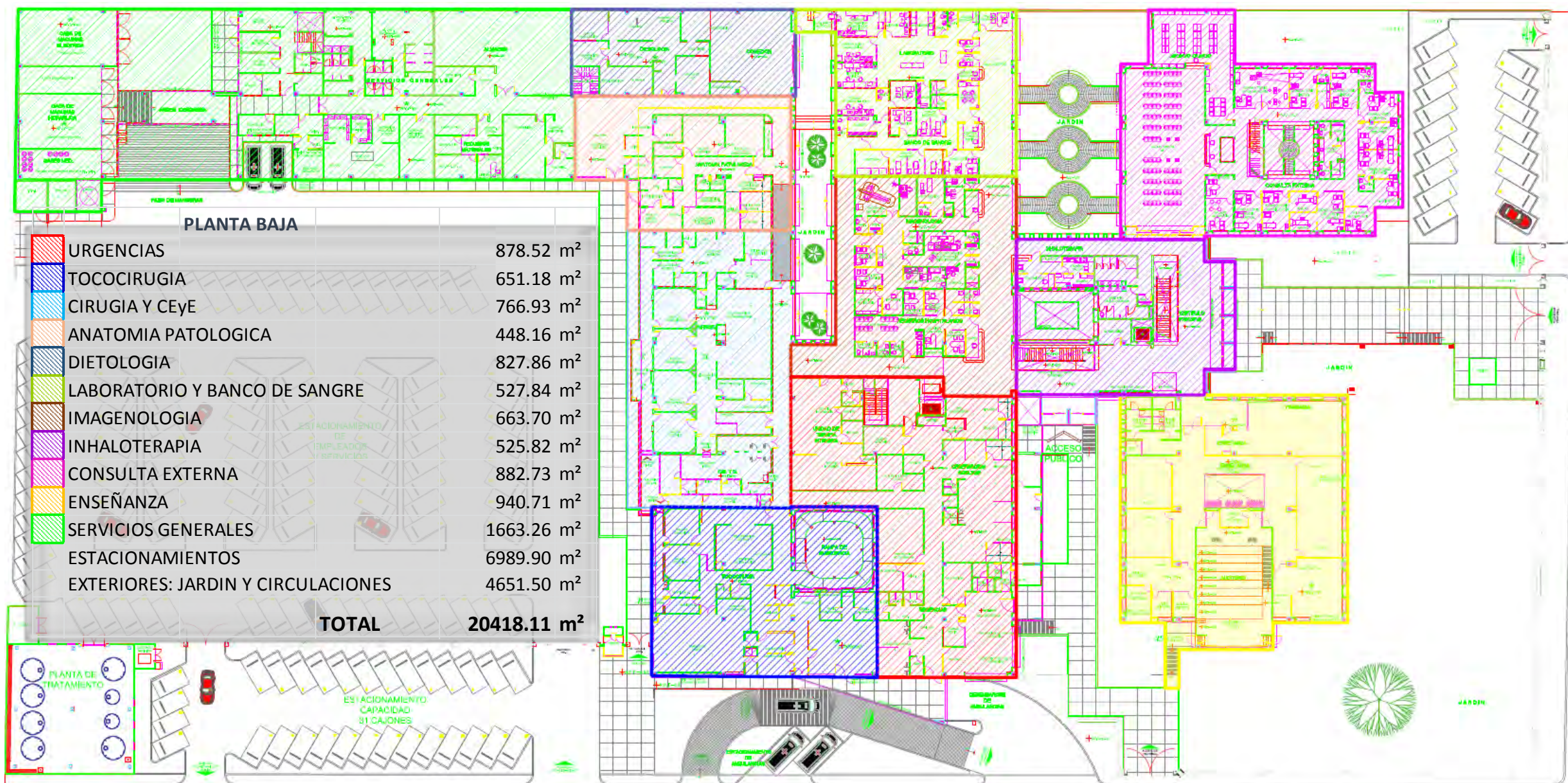


| | | |
|---|---------------------|------------------------|
|  | HOSPITALIZACIÓN | 2426.93 m ² |
|  | SERVICIOS GENERALES | 1017.28 m ² |
|  | URGENCIAS | 309.21 m ² |
|  | ADMINISTRACIÓN | 545.49 m ² |
|  | QUIROFANO Y CEYE | 790.71 m ² |
|  | CONSULTA EXTERNA | 880.48 m ² |
| | AREA EXTERIOR | 3810.31 m ² |

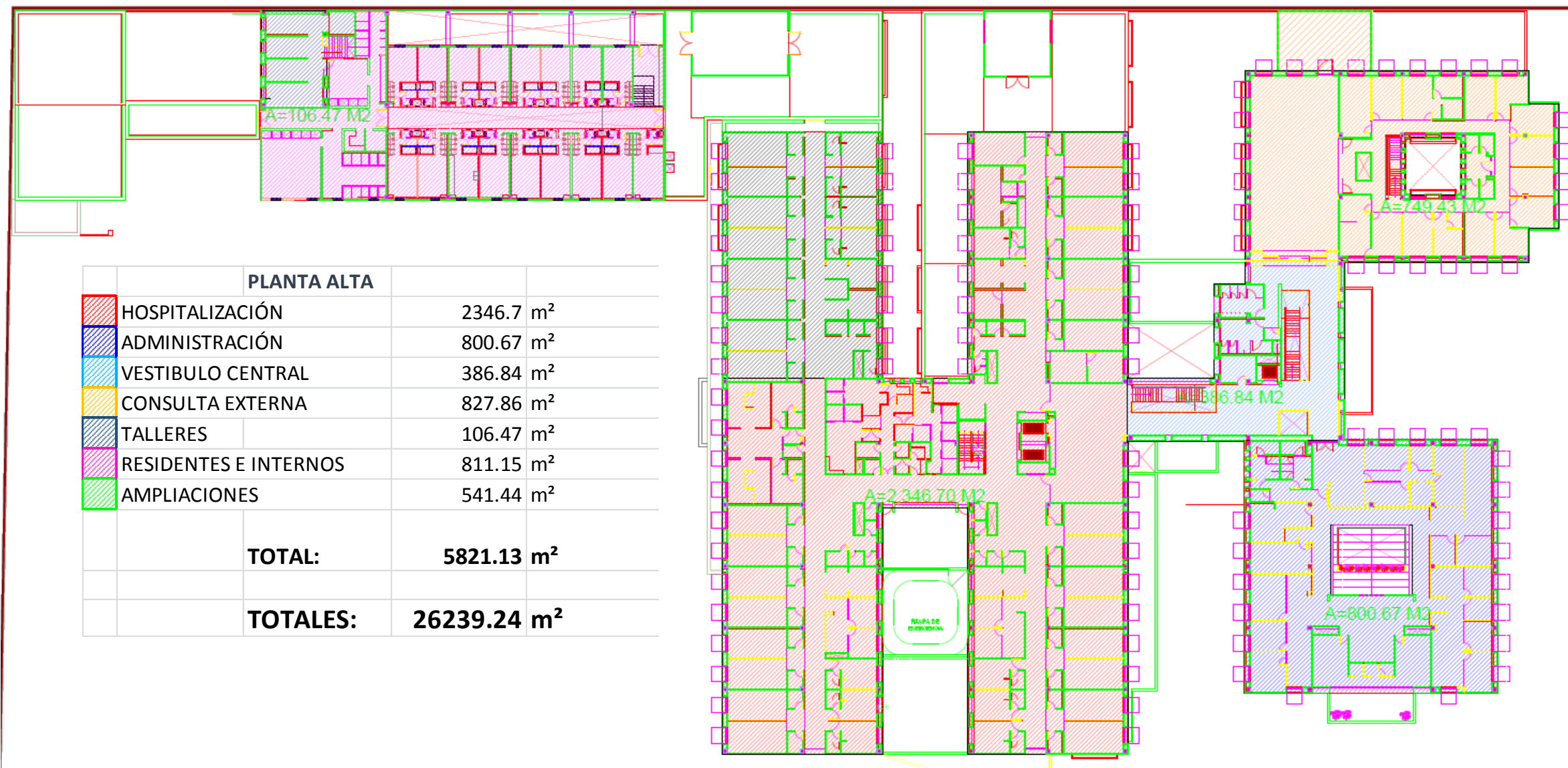
TOTAL: 9780.41 m²

Fuente: Elaboración propia a partir de Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

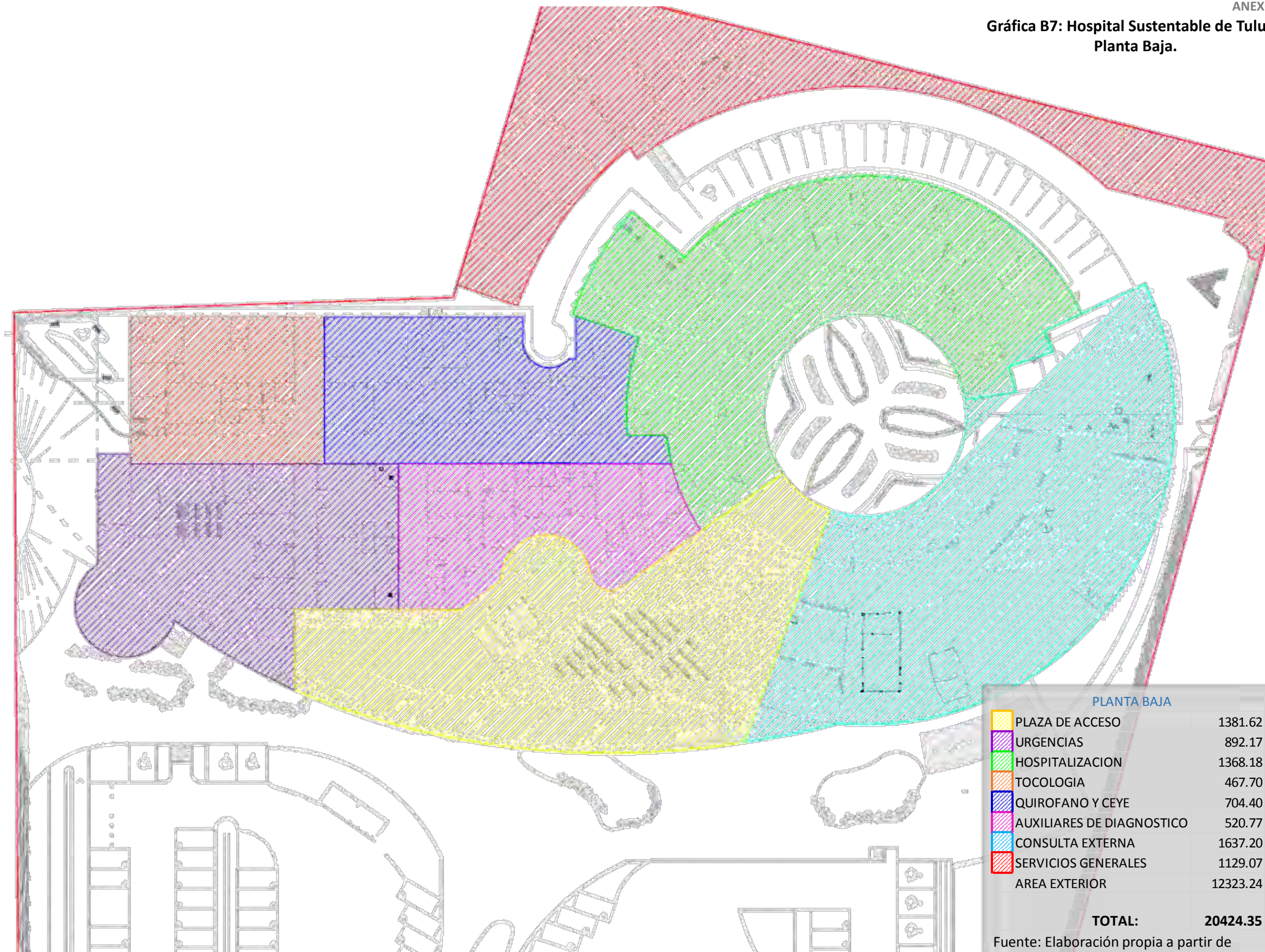
Gráfica B5: Hospital General de Playa del Carmen. Planta Baja.



Gráfica B6: Hospital General de Playa del Carmen. Planta Alta.



**Gráfica B7: Hospital Sustentable de Tulum.
Planta Baja.**



| PLANTA BAJA | |
|---------------------------|-------------------------------|
| PLAZA DE ACCESO | 1381.62 m ² |
| URGENCIAS | 892.17 m ² |
| HOSPITALIZACION | 1368.18 m ² |
| TOCOLOGIA | 467.70 m ² |
| QUIROFANO Y CEYE | 704.40 m ² |
| AUXILIARES DE DIAGNOSTICO | 520.77 m ² |
| CONSULTA EXTERNA | 1637.20 m ² |
| SERVICIOS GENERALES | 1129.07 m ² |
| AREA EXTERIOR | 12323.24 m ² |
| TOTAL: | 20424.35 m² |

Fuente: Elaboración propia a partir de Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).

Gráfica B8: Hospital Sustentable de Tulum.
Planta Alta.



| | | |
|--|----------------|-----------------------------|
| | ENSEÑANZA | 178.62 m ² |
| | ADMINISTRATIVA | 709.35 m ² |
| | TOTAL | 887.97 m² |

Fuente: Elaboración propia a partir de Secretaría de Salud en Quintana Roo (2012).



