UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA Y POSGRADO

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

TESIS

METABOLISMO SOCIAL, ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR.

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE

DOCTOR EN CIENCIAS SOCIALES

PRESENTA:

ADOLFO DE LA PEÑA BARRON

DIRECTOR INTERNO

DR. JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ DE LA TORRE.

DIRECTOR EXTERNO

DR. GIAN CARLO DELGADO RAMOS.

La Paz, Baja California Sur Enero 2017.

Dedicatoria

Dedico este esfuerzo a mi abuela materna Yolanda Manuela Vives Romero, una mujer que marcó mi vida desde pequeño. Me dio siempre su confianza, su amor y cariño.

Aquí cerramos un ciclo juntos.

Gracias por todo abuela.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer de manera muy especial a mi familia, quienes me han acompañado en este viaje, sin su apoyo y energía no hubiese sido posible concluir este trabajo. Gracias a mi esposa Jacqueline y a mi hijo Adolfo.

Me guastaría agradecer también a mi director interno de tesis Dr. José Antonio Martínez de la Torre, el mejor que pude haber tenido. Me guió siempre con mucha sabiduría y me ayudó a llevar a buen término este esfuerzo. Agradezco infinitamente su paciencia, su tiempo y sus consejos.

Agradecer también a mi director externo de tesis Dr. Gian Carlo Delgado Ramos, su pasión y profesionalismo me llenaron de energía; su guía y recomendaciones fueron fundamentales para caminar con herramientas poderosas de análisis. Le agradezco también por haberme recibido en la estancia de formación doctoral en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Agradecer también a mis asesores:

Dra. Antonina Ivanova Boncheva, su ejemplo es inspirador; sus conocimientos, su guía y sus orientaciones han sido fundamentales.

Dr. Alfredo Bermúdez Contreras, la pasión que imprime a su trabajo inspira a todos a quienes tenemos la fortuna de compartir con él un tiempo y un espacio. Lleva su campo de estudio a un estado del arte.

Dr. Manuel Ángeles Villa, sus recomendaciones desde el inicio de este trabajo me ayudaron a elevar el nivel de análisis con el que inicié. Sus conocimientos y aportaciones contribuyeron trascendentalmente.

Muchas gracias a todos. Mi reconocimiento, admiración y respeto siempre.

Finalmente, agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California Sur, a mis compañeros del programa del posgrado en Ciencias Sociales: Desarrollo Sustentable y Globalización, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; donde y con quienes me he formado.

Índice

Contenido

1) CAPÍTULO I: DESARROLLO CONCEPTUAL 16

1.1) El reto conceptual, inicio de la visión sistémica y el paradigma mecanicista. 17

1.2) De la mirada mecanicista a la mirada sistémica y organicista; la biología como punto de partida hacia los sistemas complejos. 20

1.3) La relación compleja y los sistemas organicistas interactuantes. 29

1.4) Los flujos sistémicos en la relación sociedad-naturaleza, la degradación ambiental y cambio climático; enfoque hacia una visión metabólica. 36

1.5) Termodinámica, información y tiempo; el determinismo y la complejidad planetaria. 48

1.6) Agudeza del problema y la diversidad. Naturaleza determinista y naturaleza estocástica. . 55

1.7) El factor energético en el sistema metabólico, convergencia en el sistema social. 58

1.8) Convergencia conceptual. 62

2) CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO 64

2.1) El Concepto de metabolismo social como punto de partida. 64

2.2) Aportes desde la visión metabólica social. 66

2.3) Metabolismo de las sociedades y la escuela de Klagenfourt. 68

2.4) Desde el metabolismo social hacia el énfasis energético. 72

2.5) Metabolismo energético de las sociedades. 75

2.6) Consideraciones cuantitativas metabólicas. 79

2.7) Una mirada sociológica de la energía y materiales. 82

2.8) . Metodología para estimación de emisiones 86

3) CAPÍTULO III: MARCO CONTEXTUAL 87

3.1) Características del estado de Baja California Sur. 87

3.2) Desde la formación de la península hasta la era industrial. 94

3.3) La época industrial desde los distritos mineros. 100

3.4) Energía eléctrica en la era industrial minera de la región. 107

3.5) Carbonera de Pichilingue 111

3.6) Panorama metabólico energético posterior al uso del carbón, el camino hacía el panorama actual. 114

3.7) Consideración cuantitativa de la eficiencia de generación de la matriz eléctrica actual y flujos ocultos. 124

3.1) Consideración sobre el transporte. 127

3.2) Proyección hacia el corto y mediano plazo de la matriz energética eléctrica. 130

3.2.1) Interconexión del sistema BCS con el SEN. 135

3.2.2) Abastecimiento de la matriz energética de BCS con gas natural. 137

3.2.3) Instalación de reactores nucleares pequeños interconectados a la matriz energética actual. 140

3.3) El panorama de las energías renovables. 141

4) CAPÍTTULO IV: ANALISIS METABÓLICO DE BCS. 144

4.1) Consideraciones iniciales cuantitativas y cualitativas metodológicas. 145

4.2) Análisis metabólico desde los primeros pobladores de la península con un modo de subsistencia de cazadores – recolectores. 149

4.3) Requerimientos energéticos a partir de del año 1857. 152

4.4) De la fundación de la compañía El Boleo hasta el año de 1950. 154

4.5) Análisis metabólico de la época agrícola. 159

4.6) Análisis de los flujos desde 1990 hasta la época actual. 161

4.6.1) Aclaración sobre los flujos de agua en el sistema metabólico. 174

4.7) Análisis particular para el caso de la energía eléctrica. 174

4.8) Energía asociada a la superficie total sembrada en BCS. 181

4.9) Síntesis de la época actual. 187

4.10) Las emisiones de GEI ligados a los flujos energéticos actuales. 192

4.10.1) Escenario tendencial. 199

4.10.2) Escenario 15% de energía renovable al 2024. 199

4.10.3) Escenario 35% de energía renovable para el año 2024. 199

4.11) Síntesis comparativa entre modos de organización social para el sistema metabólico.... 202

4.12) Consideración sobre los flujos de materiales, el caso del fósforo. 203

5) CAPÍTULO V: APORTES CONCEPTUALES Y CONCLUSIONES. 208

5.1) Turismo, uso de suelo y política pública. 208

5.2) Energía renovable y política energética. 212

5.3) El cáncer como proceso metabólico complejo. 215

5.4) Filosofía y arte. 221

5.5) Sustentabilidad positiva; desde la psicología hasta las acciones. 223

1) BIBLIOGRAFÍA 226

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

Ilustración 1. Mapeo y visualización de internet. 17
Ilustración 2. Representación gráfica de caja negra con entradas y salidas. 22
Ilustración 3. Propiedades fundamentales de los sistemas 25
Ilustración 4. Representación esquemática conceptual de un sistema, la interrelación con el ambiente, el intercambio asimétrico de elementos cerrados en diferentes niveles para variados componentes. 28
Ilustración 5. Representación esquemática de un organismo interactuante con su medio, partiendo de la visión esquemática de la caja negra. 32
Ilustración 6. Gráfica de salto que muestra la probabilidad de cambiar entre conjuntos de atracción, cambiando una célula en el estado desde 0 a 1 o de 1 a 0. 35
Ilustración 7. Mapa mental esquemático con autores con aportes al análisis del metabolismo de las sociedades entre 1970-1998 desde el paradigma o análisis regional. 70
Ilustración 8. Mapa mental esquemático de autores con aportes al análisis del metabolismo de las sociedades entre 1970-1980. 71
Ilustración 9. Diagrama esquemático de un análisis nacional de flujos. 76
Ilustración 10. Mapa de la República Mexicana y estado de Baja California Sur en contorno color rojo. 88
Ilustración 11: Tipos de clima en BCS. 90
. Ilustración 12: Misiones en la Península de Baja California. 96
Ilustración 13. Red eléctrica de BCS. 121
Ilustración 14. Resumen esquemática de la metodología propuesta por Haberl en 2001. 125
Ilustración 15. Regiones de división del SEN y demandas máximas por región año 2010. 131
Ilustración 16. Estados o estados de células tumorales. 217
Ilustración 17. Sistema de tráfico de Estados Unidos representado a través de vasos sanguíneos que tienen proporción en tamaño con el flujo vehicular. 220

Resumen

Este trabajo parte de un análisis analógico de un proceso metabólico llevado a cabo por un organismo biológico, aplicado a un sistema socioeconómico particular, el estado de Baja California Sur (BCS), México. Primeramente se realiza una revisión conceptual desde la teoría de sistemas, hasta llegar a los sistemas complejos. Para el análisis se aplica una metodología particular desarrollada por Helmut Haberl, enfocado fundamentalmente en el metabolismo energético, sin perder de vista los flujos materiales y la importancia particular de las implicaciones de estos para el estado y para México.

Mediante el análisis cuantitativo de los flujos de energía y materiales se da cuenta de la relación entre el crecimiento urbano, así como el reflejo de la política pública en los flujos metabólicos, sobre todo entre los años 1989 y 1990. Se da cuenta también de los cambios de fases encontrados en el recorrido histórico del ejercicio de la aplicación metodológica, encontrando comportamientos similares entre los cambios de fases de los procesos cancerígenos celulares y en el sistema socioeconómico. Se exploran las implicaciones de la implementación de energías renovables en la matriz energética del sistema analizado, concluyendo que es importante su implementación, pero no será suficiente para hacer frente al cambio climático. Finalmente, se hace patente la necesidad de la filosofía y del arte como disciplinas formativas y reflexivas; se plantea también la necesidad de construir un vínculo analógico y metodológico con temas de salud pública, y el logro de la sustentabilidad a través de su ejecución y su construcción práctica.

Abstract

In this work, the socioeconomic system of the state of Baja California Sur (BCS), Mexico, is analysed through a metabolic approach based on the metabolic process that takes place in living organisms. For this, a conceptual review covering systems theory and complex systems is undertaken first. This work then applies a methodology developed by Helmut Haberl focusing mainly on energy metabolism of societies but without losing track of material flows and considering their importance for both the state and for Mexico as a country.

The quantitative analysis of materials and energy flows has made evident the effect of urban growth and public policy for BCS in general, and particularly during years 1989 and 1990. With the application of the Haberl methodology, the analysis also found phase changes taking place in the materials and energy metabolism of the state at certain points in time during the period studied; those phase changes behave in a similar way to phase changes observed in cancer growth processes at cellular level. The effect of including larger shares of renewable energy in the state electricity generation mix was also explored. While the implementation of renewable energy for electricity generation is important, that alone will not be enough to tackle the challenges brought about by climate change. Finally, the importance of philosophy and art as reflexive and formative disciplines for the future of materials and energy consumption in BCS is also highlighted. The need to develop a link between societal metabolism and public health and the achievement of sustainability through its operationalisation and practical construction is also proposed.

Objetivo general

Estudiar y evaluar el sistema metabólico del estado de Baja California Sur en sus condiciones sociales, económicas y ambientales, para realizar un diagnóstico y hacer una prognosis de los problemas críticos al que se enfrenta este sistema estatal, enfatizando en la relación existente entre sistema energético y el cambio climático, especialmente en el aspecto de generación de GEI; además de relacionarlo con elementos de evaluación de desarrollo humano. Esta identificación del sistema metabólico servirá de base para explorar las alternativas de solución a estos problemas, como la utilización de fuentes de energía renovable.

Objetivos específicos

- Identificar y obtener datos para determinar el sistema metabólico.
- Identificación del sistema metabólico.
- Obtener datos cuantitativos energéticos, de GEI y parámetros de desarrollo particulares sobre el entorno del área de acción.
- Relación del sistema metabólico con energía, GEI y desarrollo humano.
- Realizar un análisis estratégico de la situación metabólica actual del estado y la introducción al sistema de fuentes renovables de energía.
- Relacionar el sistema metabólico con todos los factores anteriores y presentar la información en gráficas y diagramas de Sankey.

Justificación

Con el avance del tiempo los retos para la sociedad se hacen más apremiantes. Encontrar un equilibrio entre el desarrollo social, económico y ambiental parece cada vez más complicado. El mismo concepto de equilibrio emerge nuevamente, con un significado diferente al equilibrio estático newtoniano.

Para caminar hacia un desarrollo más equilibrado entre estos tres sectores es necesario contar con información, herramientas y práctica que nos permita identificar estrategias y acciones para reducir las vulnerabilidades ecosistémicas y socioeconómicas. Además, de transformar la incertidumbre en riesgo y tomar decisiones informadas.

BCS ofrece oportunidades únicas de aprendizaje por su geolocalización, su configuración geográfica, social, ecología, energética y estructural. Desde la búsqueda de la sustentabilidad ofrece oportunidades también únicas; sus condiciones insulares y nula explotación de combustibles fósiles ayudan a configurar un marco de análisis muy particular que puede servir de aprendizaje para el mundo entero, especialmente en temas de cambio climático y sobre flujos energéticos.

Hasta el momento no existe un análisis integrador del sistema estatal que procure el dialogo entre dos polos opuestos pero complementarios, uno desde las ciencias sociales y otro desde las ciencias naturales. El análisis metabólico permite crear puentes que ayuden a comprender mejor estos vínculos complejos.

Hipótesis

Existe en el estado de BCS oportunidades de caminar hacia la búsqueda de la sustentabilidad, además de reducir las emisiones vertidas al ambiente y hacer frente a la dinámica social. La metodología del análisis del metabolismo social permite identificar las áreas de oportunidad y la relación que existe entre el sistema social, económico y ambiental, para procurar optimizar en términos metabólicos, la interacción entre estos sistemas.

Consideración inicial.

En opinión de este autor, se considera oportuno mencionar que este trabajo se integra fundamentalmente evocando una estructura en red, propia del estudio de sistemas complejos. Considerando que:

> "Las redes se hallan por todos lados, desde la internet, el lenguaje humano, y hasta el metabolismo de una célula, exponen una forma de organización en "red". En investigación, las redes son una forma esquemática de representación de las interacciones (links) de los elementos o actores (nodos) envueltos en un sistema. Se trata de un esquema que resulta ser útil como herramienta mental y práctica para estudiar propiedades o patrones inherentes a la organización de los elementos y las interacciones estudiadas, los cuales no son necesariamente obvios, y más en el caso de sistemas con muchos actores" (Aguilar-Sanjuan, Páez Agraz, & Guzmán-Vargas, 2013).

La herramienta de análisis de este trabajo es un sistema de muchos actores. Hacer frente a esta complejidad, sobre todo en el discurso presentado en este trabajo de tesis, resulta arduo. La misma estructura lineal de la lógica de estructuración de la redacción y la presentación de las ideas se hace patente en una forma justamente, lineal, debido a que la misma práctica y ejercicio del lenguaje escrito y el documento así lo exige.

Aquí se presentan las ideas no estrictamente en un sentido de orden cronológico, ni jerárquico en una escala de validez otorgada a los conceptos o ideologías, ni tampoco estrictamente bajo una lógica mecanicista de aparición en la historia o la ciencia; sino justamente desde una visión en red, desde una estructura de pensamiento esquematizado en un mapa mental, donde las interacciones no necesariamente son obvias o son consecuencias unas de otras; sino que emergen bajo conexiones complejas. Todo esto por supuesto, tomando en cuenta el principio antrópico, desde el cual las observaciones realizadas provienen desde un limitado conglomerado de consideraciones desde quien escribe.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolla con el espíritu convencido de que en las fronteras disciplinarias y conceptuales es donde emergen las oportunidades de lograr otros puntos de vistas que permitan dar cuenta, especialmente para nuestro caso, de la relación sociedad-naturaleza. Se promueve conceptual y metodológicamente un acercamiento entre las disciplinas científicas con trazos finales hacia la filosofía y el arte. Sirve como introducción para ésta idea de Heisenberg:

> "definió en cierta ocasión ante uno de nosotros lo que para él constituía la diferencia entre un pintor abstracto y un físico teórico. El pintor, decía, tratará de ser lo más original que pueda, mientras el físico intentará permanecer las más fiel que pueda a su tradición teórica; sólo cuando no tenga otra salida empezará a modificarla. Actualmente nos encontramos en ésta situación" (Prigogine, Ilya & Stengers, 1992, p.11).

Se parte de un ejercicio práctico metodológico del uso de la analogía entre disciplinas científicas. Tomando primeramente el concepto de metabolismo de origen etimológico griego, que surge en la biología y la medicina, y posteriormente, se lleva ésta analogía hacia la entidad social, identificando a ésta última como un superorganismo. La misma concepción del programa del posgrado donde se efectuó este trabajo se promueve en un marco teórico y metodológico transdisciplinar[1].

Emerge así este esfuerzo de procurar un dialogo entre las bases conceptuales y disciplinares, mediante un trabajo de aplicación práctica de la metodología propuesta por Helmut Haberl (2001), para dar cuenta de las relaciones identificadas a partir de ésta analogía (metabolismo social), sobre todo, como herramienta analógica-conceptual y práctica que sirve como base para ayudar a comprender los retos complejos a los que nos enfrentamos, primero en éste sistema, y posteriormente, de una manera más empírica y cualitativa, en cuanto a

[1] Presentación del programa de posgrado en Ciencias Sociales: Desarrollo Sustentable y Globalización de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Disponible en su versión electrónica en: http://www.uabcs.mx/secciones/contenido_pagina/1099/1115/Posgrado%20en%20Ciencias%20Sociales:%20Desarrollo%20Sustentable%20y%20Globalizaci%C3%B3n

su relación con el planeta que habitamos. El enfoque inicial pone su esfuerzo sobre el cambio climático, sin embargo, como se verá, esto va más allá.

Finalmente, se concluye, que la ciencia, concebida desde el paradigma mecanicista y disciplinar segmentado, se verá limitado de sobremanera para dar cuenta de la relación sociedad naturaleza, y limitará más aún el avance hacia la solución de los grandes retos que nos apremian como especie humana. Se hace patente la necesidad de una integración entre ciencia, filosofía y arte en la práctica social. Se presentan propuestas conceptuales y metodológicas que potencializan el enfoque metabólico celular llevado a la esfera socioeconómica para dar cuenta de otros retos, como el proceso cancerogénico en el cambio climático y el propio cáncer como enfermedad compleja.

1) CAPÍTULO I: DESARROLLO CONCEPTUAL

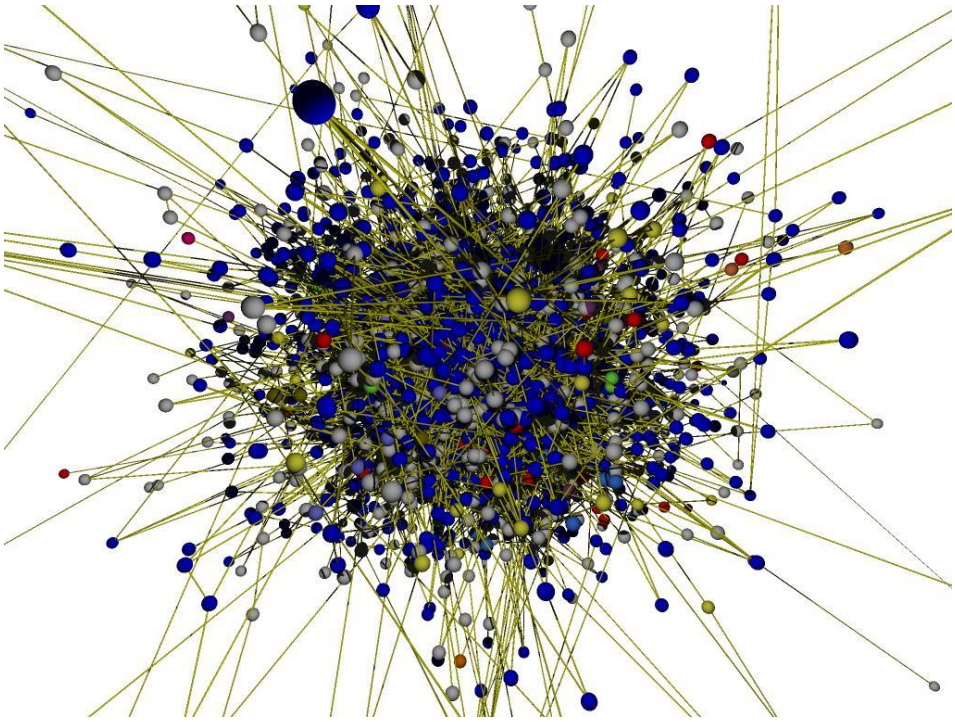
Para lograr el acercamiento conceptual y ejercicio práctico de ésta investigación, es necesario, en primera instancia, desarrollar una plataforma que funcione como obertura, para la definición y distinción conceptual que en éste caso se toman. Esto en sí mismo es un gran reto, pues desde el paradigma disciplinar segmentado en origen, es necesario dar seguimiento a una misma estructura de significados a través de diferentes visiones con aplicaciones prácticas y/o analógicas múltiples.

Sin duda alguna, el espacio para la descripción teórica y conceptual de la visión sistémica, así como el volumen de aportaciones puntuales en el recorrido histórico de esta mirada hacia el mundo y la naturaleza, sobrepasa por mucho, el tiempo y espacio asignado prudente para este trabajo.

Como una figura geométrica que crece con una naturaleza fractal, las aportaciones en este campo parecen emerger cada vez con mayor frecuencia, más conectadas e interrelacionadas, como la naturaleza misma. En ocasiones parece imprescindible la utilización de nuevas herramientas visuales y semánticas que ayuden a clarificar éstas interrelaciones. Como en el caso de las de las redes complejas donde es necesario el desarrollo de ilustraciones en ordenadores (ver ejemplo en Ilustración 1).

Así el desarrollo, visualización de los datos y las aportaciones relacionales puede ser más inteligibles, tal vez cada vez más desde un esquema de mapeo mental, no sólo gráfico sino también abstracto a nivel de pensamiento. Esto es, desde una emulación analógica de la interacción neuronal y de la mente, a través, por ejemplo, de los mapas mentales como representación gráfica de estas relaciones.

Ilustración 1. Mapeo y visualización de internet.



Fuente: tomada de https://www.fractalus.com/steve/stuff/ipmap/

A lo largo de este trabajo se esculpen sobre ésta lógica las representaciones graficas con mapas mentales cuando así lo permite el desarrollo de los datos y conceptos.

1.1) El reto conceptual, inicio de la visión sistémica y el paradigma mecanicista.

La observación e interpretación de la physis desde el punto de vista sistémico no es algo nuevo. En la antigua Grecia, hace más de 2,200 años, Aristóteles concebía de manera global que “el todo tiene partes”(Aristóteles, 1994, p. 252). El todo confecciona una unidad y además, según Aristóteles, el todo está compuesto de materia y forma. Esta mirada es mejor conocida como visión holística.

Bajo estas consideraciones de acuerdo a la forma y a la materia, podemos establecer límites o fronteras espaciales geométricas, simbólicas y/o conceptuales para estudiar y observar el todo o sus partes. Además, es más o menos claro que en la antigüedad, sobre todo desde los trabajos de los así llamados filósofos

(iniciando con Tales de Mileto), se pasaba en diferentes escalas y niveles del análisis matemático al ético, o del biológico a concepciones teológicas y/o astronómicas, ejemplos de esto los encontramos, sobre todo, en los clásicos que además de Aristóteles, se puede mencionar los aportes de Platón y Pitágoras. Sin duda, éste hecho subyace condicionante para el reconocimiento en la antigüedad de la progresión de la ciencia y la filosofía como una sola unidad; hasta llegar a una bifurcación sistémica (haciendo valer el término desde una visión sistémica compleja) del pensamiento, la práctica del saber y el conocimiento.

Durante el paso del siglo XVII, caracterizado por los trabajos de reconocidos científicos como Descartes, Bacon, Kant y Hume, se logró, si analizamos sistémicamente la integración de sus trabajos, una revolución científica que "separó" las ciencias (conceptual y metodológicamente), pero fundamentalmente la ciencia y la filosofía. Por su puesto, formó parte fundamental de esto los trabajos de Isaac Newton, quien vivió justo en la media temporal de los científicos mencionados anteriormente, y quien aportó una visión mecanicista del mundo. Un caso muy ilustrativo para bosquejar las implicaciones de esta visión, es evocar al Demonio de Laplace, que hipotéticamente a través de la concepción Newtoniana del mundo, considera una entidad con habilidades sobre humanas imaginada por el físico y matemático que llevaba dicho apellido. Así, si ésta entidad era capaz de resolver las ecuaciones de Newton del Universo, podría conocer cualquier cosa, persona o hecho en el presente y el futuro[2]. Este juicio mecanicista confiscó la

[2]Debido a lo ilustrativo de ésta analogía se transcribe la descripción de éste caso, utilizada en Group of Statistical Mechanics (2016). Disponible en su versión electrónica en: http://seneca.fis.ucm.es/parr/QM/km0qm/laplace.htm Esto se desarrolla de la siguiente manera:

A veces, para expresar una idea, los físicos han imaginado un ser con capacidades sobrehumanas pero no sobrenaturales, es decir, capacidades superiores a la de cualquier persona pero que no violan ninguna ley fundamental de la Naturaleza. A estos seres se les suele llamar *demonios*, a pesar de que no tienen ninguna mala intención. El primer demonio de renombre es el *demonio de Laplace*. El físico y matemático francés Laplace fue una de las principales figuras en el desarrollo de la mecánica creada por Newton. Estaba convencido de que todos, absolutamente todos los fenómenos de la naturaleza, incluido el comportamiento humano, obedecían las leyes de Newton y podían explicarse y predecirse a partir de ellas.

Esta visión del mundo tenía una consecuencia inmediata: si uno conoce la velocidad y posición de las partículas de un sistema y es capaz de resolver las ecuaciones matemáticas de Newton, puede predecir con toda exactitud el comportamiento del sistema en cualquier tiempo futuro. Así ocurría, por ejemplo, con el movimiento de los planetas, lo que nos permite predecir los eclipses y cualquier otro fenómeno astronómico dentro del sistema solar. En otras palabras, el mundo, si obedeciera las leyes de Newton, sería

visión científica y la concepción de la physis llevando ésta reflexión hasta los últimos refugios del pensamiento, sobre todo occidental.

Para guiar el desarrollo conceptual y práctico de éste trabajo es necesario hacer notar que como resultado de la bifurcación de la revolución científica del siglo XVII, se puede considerar que el enfoque clásico fue influenciado por "…tres principios intelectuales dominantes en casi todas las ciencias en el inicio del siglo pasado: el reduccionismo, el pensamiento analítico y el mecanicismo" (Chiavenato, 2007, p.34). Estas condiciones sirven como marco para intentar dar cuenta de la problemática actual compleja del mundo.

El mecanicismo y el positivismo científico heredaron a la sociedad esta forma de pensamiento como un paradigma de la concepción del mundo, y por supuesto, de la forma de hacer ciencia. Esto separó desde la fuente el principio que vincula la sociedad con la naturaleza, relación que se procura analizar en este trabajo. Esta condición inclusive planteó los cimientos fundacionales hacia una visión enfocada en la adquisición o transición hacia un equilibrio mecánico (social, socioeconómico y/o ambiental), tanto en la vida como en las prácticas sociales. En cierto sentido esta idea era compatible también con la idea de una simetría universal, una perfección estructural que pareciese, al final, deísta.

---

completamente determinista. Para expresar esta idea de forma más gráfica, Laplace imaginó un demonio, capaz de conocer la posición y velocidad de todas las partículas del Universo en un momento dado, y capaz también de resolver las ecuaciones de Newton del Universo. Un demonio con estas capacidades (sobrehumanas pero no sobrenaturales) conocería el devenir de todo lo que existe, conocería el más leve movimiento de cualquier cosa o persona que viviera en los próximos cien mil millones de años. Da igual que un demonio así no exista. *Lo importante es que puede existir*. Y si puede existir y conocer lo que vamos a comer en nuestro próximo cumpleaños, esa comida está ya decidida, y nuestra sensación de que podemos elegir el menú el día antes e incluso cambiar de opinión en el último segundo, esa sensación es pura ilusión. Todo está escrito. Determinismo, fatalismo. Ésa es la moraleja del demonio de Laplace. La ciencia moderna nos ha proporcionado dos salidas a semejante panorama. La primera es la Mecánica Cuántica, que admite la presencia del azar en la Naturaleza. La segunda es la teoría del caos, que demuestra que, aunque las ecuaciones de Newton determinen el futuro, es imposible resolverlas con precisión. Sin embargo, estas dos salidas no están aún muy claras. El papel del azar dentro de la Mecánica Cuántica es un problema no resuelto del todo y tampoco hay acuerdo que el caos suprima el determinismo que subyace en las ecuaciones de Newton.

1.2) De la mirada mecanicista a la mirada sistémica y organicista; la biología como punto de partida hacia los sistemas complejos.

Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), biólogo de origen alemán a quien se le atribuye la confección y concepción metodológica de la Teoría General de Sistemas (TGS) (Chiavenato, 2007), es trascendente en los rasgos de éste marco conceptual. Pues hizo notar la posición central en la biología del concepto de un todo organizado u organismo, en diferentes escalas espaciales, y posteriormente, conceptuales.

La TGS conceptualmente advirtió la existencia de una interconexión de los componentes de un sistema, que vinculados entre sí dinámicamente e integrados a su vez, interactuaban con su entorno o medio. Así, la incorporación (cuando menos de manera conceptual) del entorno en los sistemas, plantea un nuevo paradigma; el entorno del sistema y el sistema reciben un intercambio dinámico de información, materia y/o energía. Es decir, es posible delimitar un sistema interactuante entre sí y con el ambiente, este último diferenciado a través de la frontera del sistema.

Esta concepción nos permite esquematizar la relación entre sistemas contenidos a su vez por otro, y ese a su vez por otro más; recordando la analogía que presentan algunos autores con las muñecas rusas Matrioska (Ramírez, 1999, p.67), siendo éste el ejemplo esquemático más ilustrativo. Además, “cada subsistema puede ser detallado en sus subsistemas componentes, y así en adelante. También el suprasistema hace parte de un suprasistema aún más grande, “ese encadenamiento parece ser infinito” (Chiavenato, 2007. p.410). Como veremos hacia el final de éste trabajo, ésta última idea toma trascendental relieve.

La unificación sistémica como herramienta metodológica se expande hasta lograr una integración[3], primero desde la concepción del organismo individual

[3] Cuando menos conceptual con una visión intersistémica codependiente entre un sistema y su ambiente.

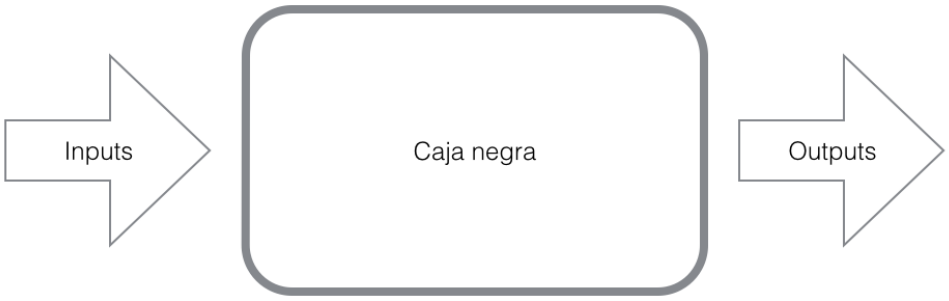
(desde la biología, medicina, psicología), y posteriormente con otros autores hacia otras disciplinas. En ese mismo orden de ideas también sucede esta integración en la sociología, con los trabajos de Niklas Luhmann (1927-1998) mediante la concepción de la sociedad en su conjunto como sistema (Gerardo & Álvarez, 2003; Mascareño, 2012; Urteaga, 2009). Relacionándolo además, con el sistema que le permite su sustento (Luhmann, 1989), además de su interacción y la misma existencia (Bertalanffy, 1950) (evocando la analogía de las muñecas rusas). Con ello se puede concebir la interacción del sistema continente y el sistema social como un organismo o ser vivo. Es decir, la interacción entre sociedad-naturaleza como un organismo codependiente e interactuante con su entorno.

Desde la mirada sistémica surgen inicialmente los conceptos de entrada (input, en inglés) y salidas (output, en inglés). En general, en un sistema estas entradas y/o salidas pueden estar representados por insumos: todo aquello que el sistema importa o recibe del exterior, materiales, energía o información. Bajo éste esquema surge también el concepto de caja negra (black box, en inglés), que algunos autores identifican también con la estructura misma de un sistema (Kaposi & Myers, 2001). Esto hace una analogía de un sistema dado, con una caja o estructura negra (ejemplificando lo desconocido del proceso interno) en donde no se puede observar la relación e interacción de sus componentes internos (Ilustración 2). Sin embargo, "…esta relación puede ser de cierta manera conocida "por fuera", a través de manipulaciones externas o de observación externa" (Chiavenato, 2007, p. 362), es decir, mediante un cambio en las entradas (ya sea con un cambio de flujo de materiales, información o energía), una perturbación o una variación de los flujos en el espacio-tiempo. Así, es posible observar un resultado de dichas variaciones como una acción o *emergencia* en el sistema. Aunque de manera práctica, este proceso es mucho más complejo.

Este fenómeno o comportamiento, puede ser conceptualizado también como un comportamiento emergente (emergent behavior, en inglés), que de acuerdo al glosario del Instituto Santa Fe puede ser definido como un conjunto de atributos globales de un sistema que se manifiesta a partir de la interacción de los

componentes del mismo, fenómeno que no es explicado por el comportamiento individual de los componentes de un sistema o la suma de ellos actuando como individuos[4].

Ilustración 2. Representación gráfica de caja negra con entradas y salidas.



Fuente: Elaboración propia.

Las bases fundacionales de principios unificadores cruzaron transversalmente universos particulares de ramas disciplinarias de la ciencia mediante la TGS. Como veremos más adelante, se plantea este enfoque como un retorno a la unidad (cuando menos la unidad sistémica). En esta nueva visión "… no se buscaba solucionar problemas o intentar soluciones prácticas, sino la producción de teorías y formulaciones conceptuales para aplicaciones en la realidad empírica" (Chiavenato, 2007, p. 410). Además, según Chiavenato, a partir de la implementación de esta visión se hicieron algunas presuposiciones básicas bajo el enfoque de ésta teoría:

- Existe una tendencia hacia la integración de las ciencias naturales y sociales.
- Esa integración parece orientarse rumbo a una teoría de los sistemas.
- La Teoría de los sistemas constituye el modo más abarcador de estudiar los campos no físicos del conocimiento científico, como las ciencias sociales.

[4] Definición de emergent behavior del glosario del Instituto Santa Fe, disponible en su versión electrónica en: www.complexityexplorer.org

Estas características se desarrollan de manera teórica con los trabajos ya mencionados de Luhmann. Para este marco, se presentan propiedades y características comunes en los sistemas, que pueden ser resumidas en la Ilustración 3.

La visión sistémica, como era de esperarse, traspasó fronteras disciplinarias, su uso conceptual y/o metodológico ha pasado desde la administración (Chiavenato, 2007; Valdés, 2005), literatura (Díaz, 2014), ingeniería de control, industrial y electricidad (Kuo, 1996), ciencias sociales (Gerardo & Álvarez, 2003; Mascareño, 2012; Urteaga, 2009) neurociencias y psicología (Corsí, 2004), y por supuesto, en las ciencias naturales donde tiene su punto de origen.

La adjudicación empírica de los términos acuñados por la teoría de sistemas se encuentra fluyendo tanto en las discusiones científicas como en las cotidianas. Diariamente interactuamos con términos como: sistema financiero, sistema judicial, sistema nervioso, sistema linfático, sistema de transporte público o también el Sistema-Mundo (World System, en inglés) planteado por Immanuel Wallerstein (Goldfrank, 2000); por mencionar algunos ejemplos que dan cuenta de la incorporación de esta idea en el lenguaje, mediante el cual se procura dar cuenta de la realidad. Esto último, aunque en este momento se toca de manera empírica, toma más relevancia hacia las propuestas de análisis final. Dado que este trabajo se centra en un análisis de un sistema socioeconómico donde no solo intervienen flujos biofísicos sino también las representaciones simbólicas, que justo se hacen presentes, principalmente, a través del lenguaje y los procesos socio-culturales.

Desde la concepción sistémica sociológica se hicieron presentes los trabajos de Luhmann entre 1964 y 1974. Ampliando este paradigma, propuesto por y desde la biología, hasta llegar a una concepción de una Teoría de Sistemas Sociales (Urteaga, 2009); pues se aplicaba esta visión hacia el análisis de problemas sociológicos utilizando la teoría de sistemas partiendo con trabajo “Funktionen und Folgen formaler Organisation”; donde se teoriza de manera metódica a la sociedad como un todo organizado (Urteaga, 2009).

También destacan en esta aplicación de la concepción sistémica las relevantes aportaciones de Humberto Maturana[5] y Francisco Varela[6] (1974) con las perspectiva sistémica, hacia el concepto de sistemas autopoyéticos; concepto utilizados también en el lenguaje científico médico, en la concepción misma del cuerpo humano y celular, como sistema (Patton & Thibodeau, 2016).

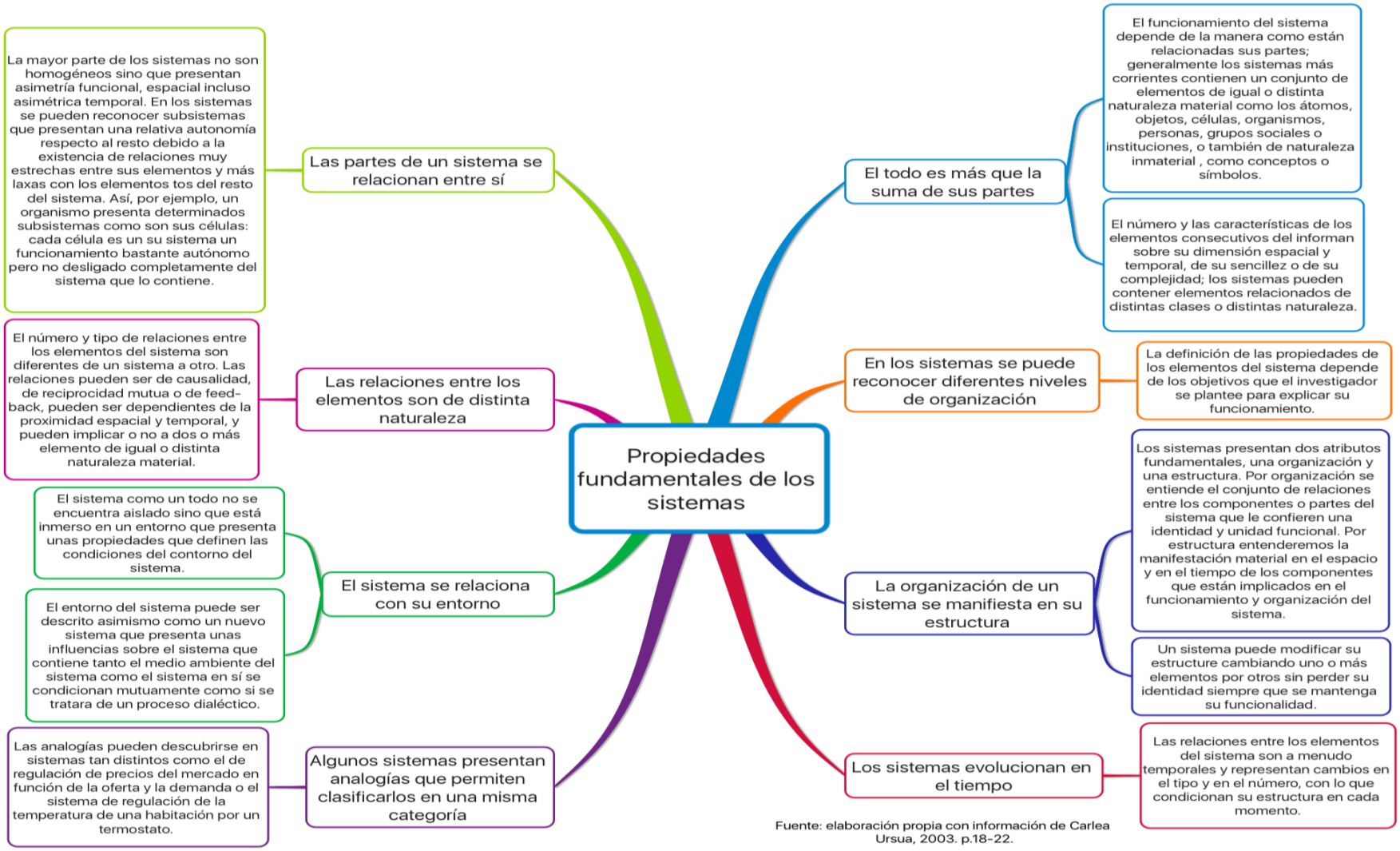
Desde el concepto de los sistemas autopoyéticos se analiza de manera formal y rigurosa los fundamentos de la vida, el funcionamiento de los sistemas vivos, las células o también los mecanismos circulares reguladores del metabolismo celular. Esta concepción metabólica celular nos marca las directrices que se retomarán en la siguiente sección.

El camino seguido desde Bertalanffy con la teoría de los sistemas hasta los trabajos más recientes, en esquemas de pensamiento desde los sistemas complejos (Morin, 1997), desbordan los planteamientos y visiones, pues en sí misma esa mirada “universal-local” (Mosquera, 2007. p.7), presentan múltiples descripciones y maneras de abordar el mismo fenómeno, como unidad.

[5] *Humberto Maturana*, biólogo y escritor nacido en 1928. Estudió en el Liceo Manuel de Salas y en 1950 ingresó a la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. En 1954 se trasladó al University College London para estudiar anatomía y neurofisiología, gracias a una beca de la Fundación Rockefeller. En 1958 obtuvo el Doctorado en Biología de la Universidad Harvard, en Estados Unidos. Información disponible en: http://www.portaluchile.uchile.cl

[6] *Francisco Javier Varela García* (1946-2001). Estudió en la Universidad de Chile, Medicina (1964-1966) y Biología (1965-1967). Realizó estudios de postgrado en la Universidad Harvard (1968-1970), doctorándose con la tesis "Insect Retinas: Information processing in the compound eye". Como parte de su formación inicial estudió licenciatura en filosofía en el Instituto Pedagógico de la Universidad de Chile, junto las lecturas guiadas por Roberto Torreti en el Centro de Estudios Humanísticos de la Escuela de Ingeniería en 1966. Su interés fundamental fue estudiar las bases biológicas del conocimiento, lo que lo llevó a investigar los fenómenos cognitivos y a interesarse principalmente por el fenómeno de la conciencia. Uno de sus principales aportes es el trabajo realizado con Humberto Maturana, del que nació la teoría de la autopoiesis, que define a los seres vivos como organismos autónomos, en el sentido en que son capaces de producir sus propios componentes y que están determinados fundamentalmente por sus relaciones internas. Esta teoría ha tenido gran relevancia en una amplitud de campos, desde la Teoría de sistemas hasta la sociología o la psicología. Informacion disponible en: http://www.quedelibros.com/autor/12318/Varela-Francisco.html

Ilustración 3. Propiedades fundamentales de los sistemas



Fuente: elaboración propia con información de Carlea Ursua, 2003. p.18-22.

Desde la concepción sistémica biológica se reconocía "… que la mayor parte de las ciencias naturales y humanas tratan con *sistemas complejos* en los que el análisis estrictamente disciplinar es *insuficiente* para interpretar la dinámica interna y la evolución de éstos sistemas" (Carles Saura, 2003, p.18). Por tanto, es importante resaltar, cómo desde una disciplina biológica se realizan inferencias que trascienden la mirada disciplinar. Bajo este esquema, se precisó la existencia de propiedades comunes entre las estructuras con partes organizadas (como vimos anteriormente en la Ilustración 3), dando así paso al concepto de organismo, y en su momento, bajo algunas consideraciones disciplinares más amplias, al concepto de súper-organismo.

Posteriormente al cambio de paradigma organicista se reconoce una migración más a través del desarrollo creciente del análisis de los sistemas, ahora ante las situaciones donde existe una interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones (García, 2011), es decir, interrelaciones en red que tienen influencias unas con otras de manera no lineal. Para Pablo González Casanova éste análisis de los *sistemas complejos y autorregulados* corresponde a una gran revolución científica, técnica y humanística(Alonso Brá, 2012).

En éste orden de ideas, existen dos aportes notables interdisciplinarios, a partir de la aplicación de la visión sistémica y organista compleja que tienen influencia en los conceptos aquí vertidos. El primero de ellos a partir de los trabajos Nicholas Georgescu-Roegen (1971) con "Entropy law and the economic process", que vincula conceptos de física y economía (Mansilla, Sistemas, & Comparados, 2004), donde se plantea la aplicación de principios físicos a sistemas económicos. Por otro lado, el trabajo notable sobre la termodinámica de los procesos irreversibles (Marqués, 1997), desarrollado por el profesor *Ilya Prigogine*, que inició sus trabajos con la termodinámica de los procesos no reversibles (1950)[7], aplicando la segunda ley de la termodinámica a los sistemas

[7] Historia del Departamento de Física de la Universidad de Texas en Austin. Información disponible en su versión electrónica en: https://web2.ph.utexas.edu/utphysicshistory/UTexas_Physics_History/Ilya_Prigogine.html

abiertos, Nonequilibrium Statistical Mechanics (1962)[8], tomando en cuenta los intervalos del tiempo (Martin, 2005). Este trabajo le valió el premio Nobel de Química en 1977. El marco para el excepcional trabajo fue, sin duda, una integración conceptual sistémica que se desarrolló en la frontera disciplinar de la química y la física. Prigogine define a ésta visión como "…*nuevos instrumentos de pensamiento*, que generan preguntas y *perspectivas inesperadas* e inducen aproximaciones entre campos a priori dispares" (Prigogine, Ilya & Stengers, 1992, p. 14).

La aplicación del concepto de entropía, mediante las aportaciones de Prigogine, toma un papel trascendental en el análisis sistémico energético. Uno de los principios que más adelante, en el *metabolismo energético*, toma mucha relevancia, es que bajo ciertas condiciones

"…se ha de decir que los intercambios de materia pueden considerarse equivalentes a los intercambios de energía puesto que se puede considerar la materia como una forma de energía interna acumulada en un soporte material como, por ejemplo, la energía de enlace químico de la materia" (Carles Saura, 2003, p. 25).

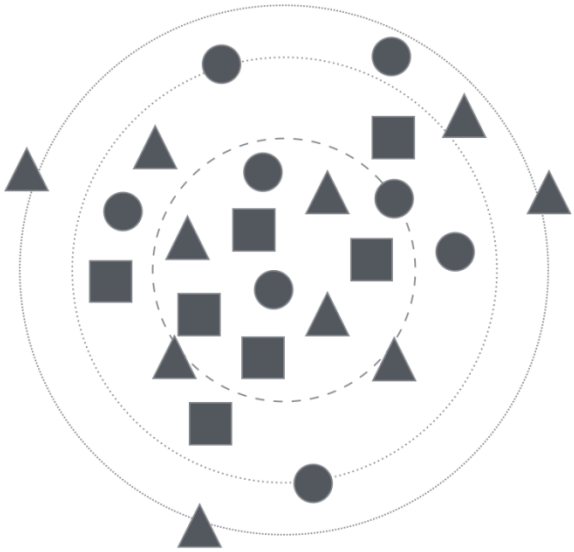
En este caso, aquellos materiales ricos en energía, como son los combustibles fósiles o por otro lado los materiales radioactivos. Estos materiales disponibles, dentro del sistema analizado, pueden ser utilizados y/o tienen la capacidad para modificar más materia, o las condiciones del sistema y/o ambiente, en este caso este caso, el ambiente se puede convertir en un riesgo, en cierto momento y bajo ciertas consideraciones.

Para representar esquemáticamente las interacciones de un sistema, con elementos diferenciados en forma, con variaciones asimétricas de materia, energía o información y en diferentes niveles se presenta la Ilustración 4. En una visión esquemática más amplia, es posible visualizarlo mediante la Ilustración 5, aunque en un ejercicio de imaginación sería necesario hacer girar esta figura

[8] Historia del Departamento de Física de la Universidad de Texas en Austin. Información disponible en su versión electrónica en: https://web2.ph.utexas.edu/utphysicshistory/UTexas_Physics_History/Ilya_Prigogine.html

bidimensional en tres dimensiones (y en un esquema, por ejemplo planetario, en espacio y tiempo), con diferentes velocidades en cada nivel y diferentes relaciones entre cada elemento diferenciador que se puede apreciar. La apariencia fundamental es la del átomo, con sus diferentes niveles de energía y materia interactuantes. Bien pudiesen representar los triángulos partículas positivas, los cuadrados partículas con carga negativa y los círculos cargas neutras. O por otro lado elementos simbólicos diferenciados en un sistema de información. Esto pudiese estar bien representado por un sistema diferenciado por dos bits para identificar cada figura y la frecuencia de aparición en el espacio y tiempo; el círculo pudiese ser representado por 00, el cuadrado por 01 y el triángulo por 11.

Ilustración 4. Representación esquemática conceptual de un sistema, la interrelación con el ambiente, el intercambio asimétrico de elementos cerrados en diferentes niveles para variados componentes.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente es importante hacer notar que los sistemas vivos se consideran *sistemas abiertos* que llevan a cabo un intercambio de materiales con el ambiente, en una construcción y reconstrucción de sus componentes (Bertalanffy, 1950); por supuesto desde una mirada más amplia e interdisciplinar, como ya vimos, también de energía e información. El análisis de esta relación y fluctuaciones entre la sociedad y la naturaleza, es el objeto de estudio de éste trabajo.

1.3) La relación compleja y los sistemas organicistas interactuantes.

Retomando la idea de los sistemas complejos esbozada en la sección anterior, es necesario señalar de manera puntual que: cuando existe una codependencia entre los componentes de un sistema, y cuando el futuro de cada componente, y por lo tanto, del sistema depende de las interacciones que se dan entre los componentes, entonces hablamos de un sistema complejo (Gershenson, 2013). Por lo tanto, es necesario partir también de la idea de que "los sistemas ambientales, son sistemas complejos" (García, 2011, p. 74), al igual que los sistemas sociales; tomando en cuenta que, como precisan Cumming et al:

"…. están compuestos por componentes que interactúan de manera no lineal, fluctuando entre periodos dinámicos de *atractores* múltiples, y por lo tanto, transitando entre diferentes regímenes. Donde atrás de esto, se encuentran características colectivas generadas por *agentes* individuales (en una visión microscópica) que tienen sus objetivos egoístas, interactuando localmente en espacio y tiempo, teniendo como resultado cambios dinámicos en relativas frecuencias y diferentes tipos" (Cumming et al., 2008, p. 10).

De ésta manera, las interacciones entre los sistemas sociales y naturales se encuentran, por completo, en una perspectiva compleja donde éstas características

"… se pueden encontrar en los distintos niveles de *organización biológica*, desde los *sistemas bioquímicos de las células* hasta la biosfera en su conjunto. También es posible descubrirlos en sistemas no biológicos como la hidrosfera, en la atmosfera o en los distintos niveles de sistemas geológicos y también en las organizaciones sociales. En todos los casos se trata de sistemas abiertos con entradas y salidas de materia y energía que presentan dinámicas no lineales" (Carles Saura, 2003, p. 25).

La característica compleja de los sistemas presentada por Morin (1986) vincula también las ideas y teorías de la información, cibernética y auto-organización (Morin, 1997). Por otro lado, pero en el mismo orden de ideas, Víctor Toledo y Gonzáles de Molina (2014) parten de esta visión y la trasladan hacia una mirada

no cibernética de la teoría del metabolismo social (Toledo & Gonzales de Molina, 2014, p. 255). Así, los retos emergentes de la degradación de los ecosistemas, de la capa de ozono y el cambio climático se presentan justo en esta clasificación, pues se manifiestan como problemas complejos que no parten de un desarrollo y concepción lineal, sino que son sistemas dinámicos fuera de un equilibrio estático. Esta última, como idea proveniente del reduccionismo y el pensamiento mecanicista mencionado en la primera sección.

El sólo hecho del análisis complejo de los ecosistemas representa ya un desafío intelectual y metodológico, que hace patente la necesidad de nuevos paradigmas, pisando terrenos de frontera. La aplicación de este análisis a los sistemas humanos en conjunto con los primeros aparecería como un reto extremadamente complicado Sin embargo, sería posible tratar las interacciones en conjunto que nos tracen aristas de éstos intercambios descritos y nos ayuden a tomar mejores decisiones desde la heterogeneidad, con una visión precisamente sistémica y desde una visión de las ciencias de la vida. Sin duda la concepción metabólica contribuye a ello, partiendo desde el análisis de los sistemas vivos, sistemas abiertos y asimétricos.

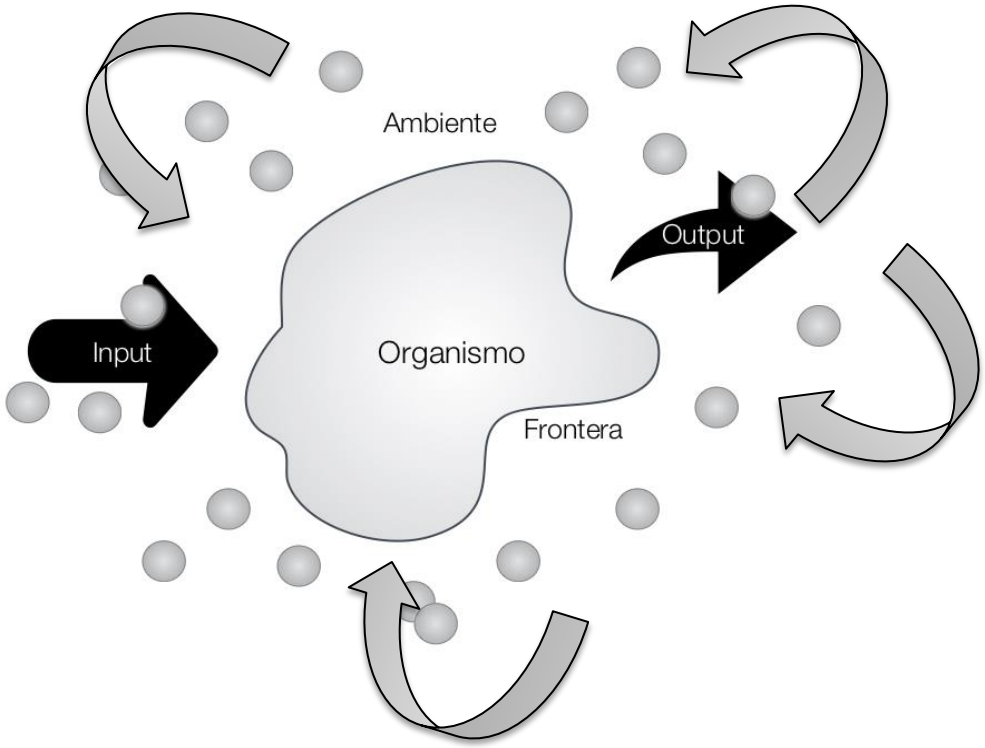
Dentro de esta complejidad es importante tratar también la dimensión espacial. Como vimos, desde la visión de la TGS, el organismo tiene forma y materia, en su nivel más básico de análisis. La escala espacial y también la temporal son esenciales en la forma de abordar un problema complejo, ya que "…a una escala espacial dada, puede aparecer como complejo, pero esta complejidad desaparece aparentemente al aumentar la escala a la que es observado. Es por ello que las escalas espacial y temporal deben ser consideradas como una nueva dimensión equivalente a las tres dimensiones del espacio y el tiempo" (Carles Saura, 2003, p. 27). En nuestro caso, el sistema y fenómeno analizado, se desarrolla en una escala de análisis de división política estatal socioeconómica, por supuesto, con interacciones abiertas con el ambiente y otros sistemas socioeconómicos.

La visión de la caja negra, planteada inicialmente (que exhibe una figura esquemática lineal y cuadrada) se transformaría en un esquema organicista y

complejo. Para el análisis del sistema social y su entorno se trasformaría entonces en algo más orgánico (por su puesto desde su forma y sus interacciones), donde no existen uniones de noventa grados sino un sistema vivo que interactúa a través de simetrías y asimetrías espacio-temporales y estructurales con su medio. Forma una misma organización, se nutre y abastece a través del medio, y además sus desechos se integran (no necesariamente en cierta escala) a su mismo ambiente circundante (ver Ilustración 5).

Antes de partir hacia la concatenación conceptual es importante tener en cuenta la naturaleza asimétrica de los intercambios de energía, materiales e información, “algunas estructuras ganan orden y otras lo pierden, la cantidad total de entropía está siempre en incremento (Toledo & Gonzales de Molina, 2014, p.273), ésta visión también es reconocida desde el estudio de los sistemas complejos, que incluye la aplicación en variadas disciplinas, como en ecología, medicina y economía (Cumming et al., 2008). Como se vio anteriormente los sistemas abiertos mantienen una “operación” o estado de equilibrio dinámico, mediante flujos externos de energía del ambiente que le rodea.

Ilustración 5. Representación esquemática de un organismo interactuante con su medio, partiendo de la visión esquemática de la caja negra.



Con la integración de este análisis y desde la visión organicista interactuante de la concepción sistémica, es importante mencionar el aporte conceptual desde el marco de las ciberciencias, en especial la de Ronaldo García y Jean Piaget (1982) que las conceptualizan "… de forma manifiesta como una *cosmovisión organicista*, base de un imaginario científico generalizado que piensa a los *sistemas* en tanto *organismos biológicos*. El organicismo se constituye así en el marco epistemológico en el cual se hacen indiscernibles las contribuciones que provienen del contexto socio político y el componentes cognoscitivo intrínseco" (García & Piaget, 1982). Retomando de nuevo ésta visión integral del todo o cuando menos la manera de abordar el estudio de estos campos desde esta mirada integradora.

Para la implementación conceptual del metabolismo es necesario el uso de los principios expuestos. El enfoque sistémico organicista, entrelazado, pero al

mismo tiempo descrito con el concepto de metabolismo, aplicado a los sistemas socioeconómicos, tiene profundas repercusiones en la concepción del mundo. Esto sin duda nace de la necesidad de entender de una mejor manera las transformaciones y relaciones entre el ambiente y las prácticas sociales. En principio, los sistemas biológicos y sociales son considerados como sistemas abiertos (Chiavenato, 2007). Estos sistemas vivos y abiertos, interactúan (como ya habíamos mencionado) entre sí e influyen en la constitución de los otros sistemas vivos (Gershenson, 2016). Así, el espacio que hace posible la interacción entre la frontera y el espacio fuera del sistema es trascendental. Las características interactuantes de los sistemas abiertos es mediante y con el ambiente, el cual:

> Es el medio que envuelve externamente el sistema. El sistema abierto recibe sus entradas del ambiente, las procesa y efectúa las salidas, de tal forma que existe entre ambos sistemas y ambiente, una constante interacción. El sistema y el ambiente se encuentran *interrelacionados e interdependientes*. Para que el sistema sea viable y sobreviva, este debe adaptarse al ambiente por medio de una constante interacción. Así, la viabilidad o la supervivencia de un sistema depende de su capacidad para adaptarse, cambiar y responder a las exigencias y demandadas del ambiente externo. El ambiente sirve como fuente de energía, materiales e información al sistema. Como el ambiente cambia continuamente, el proceso de adaptación del sistema debe ser sensitivo y dinámico. Ese enfoque "ecológico" indica que el ambiente puede ser un recurso para el sistema como puede también ser una *amenaza a su supervivencia"*(Chiavenato, 2007, p. 413).

Este reconocimiento de la co-dependencia del sistema con el ambiente se acentúa más ya que "…la autonomía y la capacidad de realizar ciclos termodinámicos son dos características fundamentales para el análisis de los organismos vivos, sin embargo ningún organismo es realmente autónomo ya que depende de la energía proporcionada por el sol (Gershenson, 2016), cuando menos de la vida como la conocemos. El ambiente del sistema se comporta como una fuente o conjunto de flujos (energéticos, materiales y/o informáticos) que permiten, en principio, la vida y el mantenimiento en el tiempo, el crecimiento y/o la defensa de y con el medio. En el mismo orden de ideas, reafirmando la propuesta

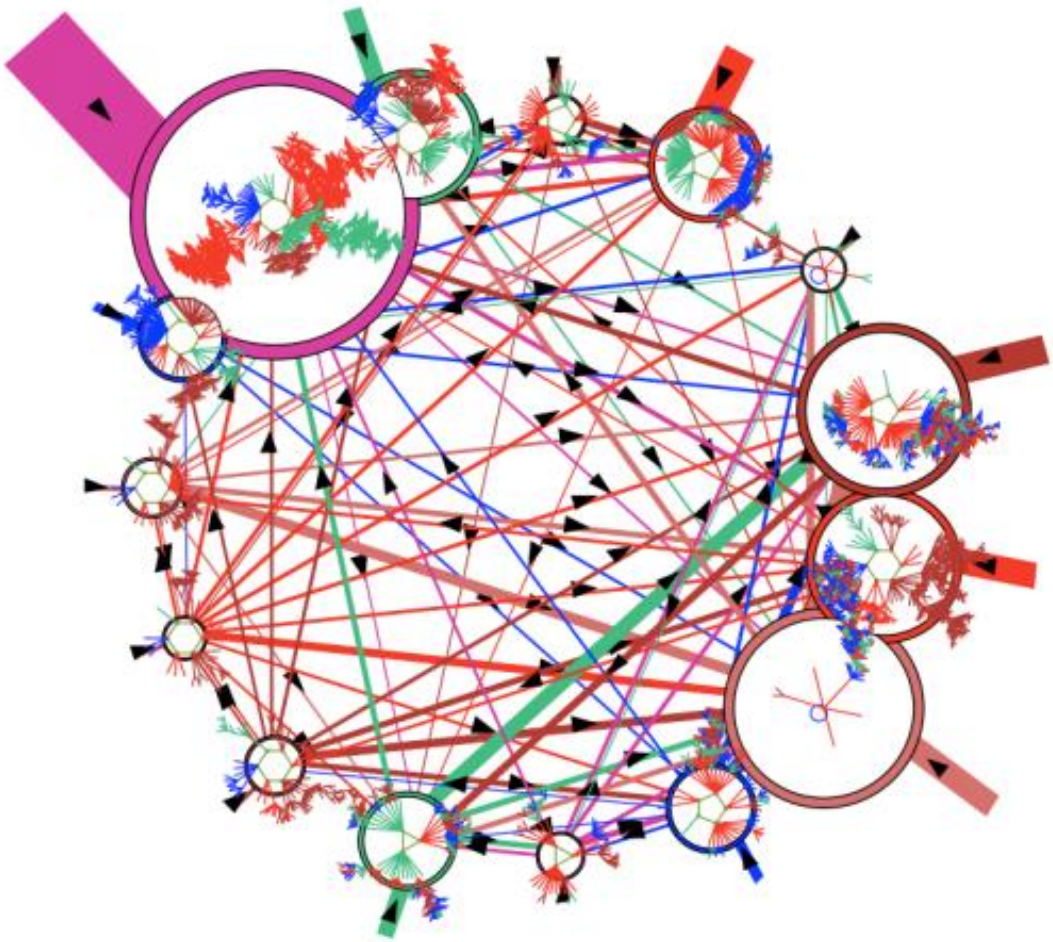
de Chiavenato (2007), el ambiente del sistema se puede convertir en una amenaza cuando las condiciones que permitían características “favorables” del mantenimiento formal, material e informático, ya no son posibles. Así, desde el marco de la cibernética el organismo obtendrá información útil para mantener el equilibrio dinámico. En los humanos esta información es recibida y procesada por el sistema nervioso central y transformado en emociones y/o acciones, “no hay acción humana sin una emoción que la funde como tal y haga posible como acto” (Maturana, 1987, p. 8).

Luego entonces el sistema tiene que “elegir” entre opciones, escenarios o atractores[9] (ver ejemplo en Ilustración 6) del sistema en un marco de incertidumbre (se presenta esto sin entrar en la discusión de la emergencia de una conciencia en el organismo vivo). El tema de la elección en un marco de incertidumbre fue tratado profundamente por Niklas Luhmann en “La sociología del riesgo” (Luhmann, 2006).

Si la disponibilidad de nutrientes, energía y materiales es suficiente, el sistema se podrá reproducir y/o crecer o eventualmente defenderse y/o atacar; porque tiene un flujo de estos elementos que lo permiten. Pero en el caso contrario, el sistema llegaría a un límite, donde el ambiente y el sistema podría avanzar hacía un atractor de máxima entropía, el sistema y el esquema formal material, eventualmente, desaparecería. El proceso que desencadenan estos dos estadios no es aún claro, podría tratarse de los mismos cambios de fases que propician la vida o la muerte de un sistema u organismo.

[9] Observando ésta dinámica como un conjunto de condiciones de atracción.

Ilustración 6. Gráfica de salto que muestra la probabilidad de cambiar entre conjuntos de atracción, cambiando una célula en el estado desde 0 a 1 o de 1 a 0.



Tomado de Sistemas dinámicos complejos y caóticos, conjuntos de atractores, memoria y redes discretas.

Andrew Wuensche (2011)

Disponible en su versión electrónica en: http://uncomp.uwe.ac.uk/genaro/Papers/Translations_files/ddlabSpanish.pdf

Los nodos representan los conjuntos que están representados a escala de acuerdo al número de estados en el conjunto (volumen del conjunto). Las aristas están a escala de acuerdo a dos conjuntos: el volumen y la probabilidad de salto. De esta manera, las flechas indican la dirección del salto y las flechas cortas representan una auto conexión (self-jumps); los saltos que regresan al conjunto padre indican el grado de estabilidad, es decir, donde existe más estabilidad por casualidad. El conjunto de atracción relevante es dibujado dentro de cada nodo.

Al igual que el problema que lo representa, hacer frente a esta complejidad emergente es un reto del mismo tamaño. La complejidad de las transformaciones de materiales, energía e información e indeterminación de los flujos (o cuando menos la falta de información) parece avasallante, y hace patente retos para la aplicación de las herramientas con las que se cuentan. El proceso de transformación de materiales, energía e información, es decir metabólico, es un proceso vivo y es necesario construir la información. Además, en el orden de ideas que nos ocupa, existe trabajo ya realizado bajo esta concepción metabólica de los sistemas socioeconómicos. Así, partiendo una visión compleja, es posible realizar algunas comparaciones y anticipaciones para el futuro; con algunas limitantes esto ha resultado y resulta muy útil. Evidentemente esto debiese complementarse con esquemas de adaptación y considerar cuidadosamente sus límites (Gershenson, 2009).

1.4) Los flujos sistémicos en la relación sociedad-naturaleza, la degradación ambiental y cambio climático; enfoque hacia una visión metabólica.

En la relación e interacción entre sociedad y naturaleza, entendidos como sistemas, emergen diferentes fenómenos que hacen visible los desequilibrios (por llamar, de primera instancia, así a una idea diferente a la de equilibrio estático lineal y mecanicista) o asimetrías que pudiesen convertir el ambiente (como se vio anteriormente) en una amenaza para los sistemas entre sí.

El reto del cambio climático y la degradación ambiental surgen como fenómenos emergentes de los cuales no se encuentran, en principio, relaciones directas entre las actividades humanas y las “naturales”. En un inicio el problema ambiental se observa desde la problemática restringida (en términos de visión) de la degradación ambiental y/o contaminación, esto es a partir de 1972 en la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano (Bifani, 2007),

reconocido como uno de los primeros esfuerzos para establecer un vínculo causal en la relación sociedad naturaleza; esto en la década de 1980, a partir de que se encontrara evidencia del deterioro de la capa de ozono del planeta Tierra (EPA, 2010). Así se empezó a cuestionar la influencia directa de las actividades humanas en el ambiente y el sistema planetario en general.

La concepción del planeta infinito y también mecanicista, algo que parecía muy grande e inamovible, se empezaba a presentar como algo complejo y sensible a variaciones que podía sufrir consecuencias extrañas e impredecibles, potenciando el riesgo de transitar a condiciones de existencia de la vida no conocidas. Esto a pesar de los trabajos de Edward Norton Lorenz (1963), quien "introdujo variables atmosféricas en un programa computacional cuanto intentaba predecir los cambios climáticos" (Pomposo et al., 2015, p. 157), y se encontró justo con éstas sensibilidades caóticas.

Uno de los símbolos representativos de la degradación ambiental, que empíricamente se percibe muy arraigado en el imaginario social es el deterioro de la capa de ozono. La degradación de ésta barrera natural debido a la actividad humana incrementa, como consecuencia, la radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra, lo que a su vez aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de piel, cataratas y depresión del sistema inmunológico en los seres humanos (Bifani, 2007). Las consecuencias de las actividades humanas aparecen así, a nivel global, como una amenaza para la supervivencia humana misma.

Esta problemática impulsó una ola de nuevas discusiones, debates y consensos, que parece seguir hasta la fecha. Para ejemplificar el esquema del debate es interesante analizar la controversia generada a partir de la publicación en el año 2013, sobre el consenso científico en cuanto al origen antropogénico del calentamiento global (Cook et al., 2013). Aunque en lo que respecta a la problemática de la capa de ozono, parece estar clara la causalidad, principalmente, de la interacción físico-química de productos refrigerantes que se utilizaban en procesos industriales y domésticos. Estas sustancias que agotan la

capa de ozono (SAO[10]), se encontraban (encuentran) en actividades relacionadas con sectores que van desde la producción de alimentos hasta la conservación de vacunas y acondicionamiento de aire (todas ellas relacionadas con el consumo de energía). Así, las consecuencias de estas y otras actividades humanas empezaban a ser visibles, así como el impacto y las posibles consecuencias complejas de estas actividades.

La lógica utilizada en el caso de la implementación de los refrigerantes dañinos para la capa de ozono, se basó en la búsqueda de un compuesto "barato" que pudiese ser utilizado de manera masiva; sin dimensionar la contabilización, expansión y disposición de dichos refrigerantes.

La lógica de fondo plantea la concepción del ecosistema planetario, como ya se mencionó, infinito y con la capacidad de *metabolizar* casi cualquier material o sustancia vertida en el sistema eco-lógico global. En la actualidad aún no tenemos información precisa (cuando menos información pública de acceso sencillo) sobre los flujos y disposición de estos y muchos otros materiales considerados de manejo especial y/o peligrosos. Sin embargo, eventualmente podemos observar su impacto o el resultado de su interacción en el ambiente.

En otros casos, debido a la complejidad de las relaciones e interacciones, parecen invisibles. Ejemplo de esto pueden ser las consecuencias del accidente nuclear de Chernóbil, Fukushima o el mismo calentamiento global (Kuchinskaya, 2014). El tiempo juega un papel trascendental, pareciese que tarde o temprano es posible visibilizar estos efectos.

En este orden de ideas se aprecia contradictorio que aunque nuestra constitución y mantenimiento de la vida como seres vivos depende de flujos y equilibrios dinámicos biofísicos no sabemos mucho sobre ellos, cuando menos no está presente como una consideración determinante. Además, éstos flujos se manifiestan en un espacio tridimensional, donde nos movemos y vivimos

[10] Documento del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Control aduanero de sustancias que agotan la capa de ozono. Disponible en su versión electrónica en: http://www.pnuma.org/ozono/curso/pdf/m1.pdf

"…paradójicamente conocemos más sobre stocks y flujos de dinero, algo inmaterial, que acerca de las cualidades y cantidades de los flujos y stocks físicos de materiales que usamos" (Brunner, Rechberger, & Munn, 2002, p. 14). Así por ejemplo, 100 pesos mexicanos pudiesen estar representados en los sistemas de información monetaria por una cierta cantidad de materiales o energía[11]; pero difícilmente "pensamos" en los flujos que representan esas dimensiones cuantitativas y las implicaciones cualitativas de las prácticas en que ellos se involucran.

Por otro lado, una consideración trascendente en esta concepción del mundo, es que regularmente se proyecta el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) de un país o un estado, sin evaluar los flujos físicos y energéticos, que evidentemente no son reflejados de ninguna manera en algunos puntos porcentuales objetivo del incremento proyectado, pero se podría reflejarse con importantes implicaciones en flujos materiales y energéticos, en los ciclos ecológicos o en el equilibrio dinámico planetario.

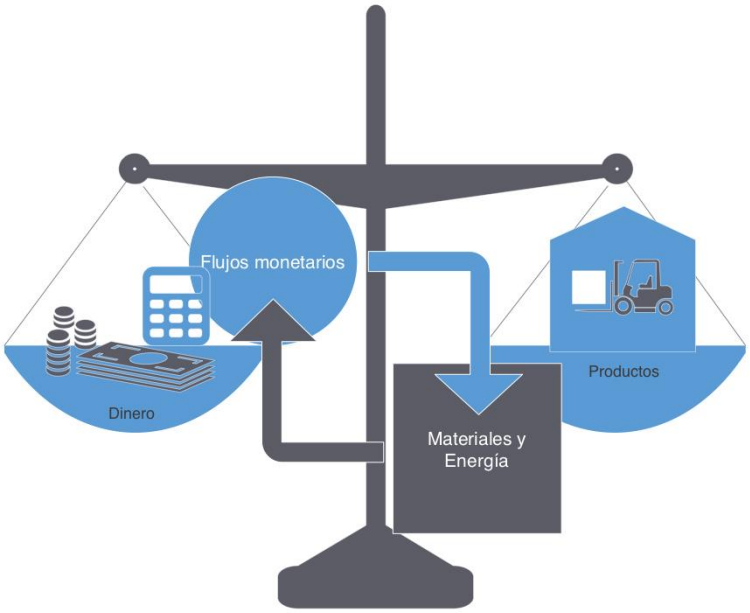
Esta inconsistencia plantea un gran problema, ya que prácticamente todo nuestro sistema de *información*, esquema de referencia socioeconómico, la manera de relacionarnos y pensarnos, nuestras interacciones y gran parte de las decisiones que tomamos como sociedad se basan en cantidades y flujos monetarios que no tienen una correspondencia física en el mundo tridimensional en términos biofísicos.

Prácticamente los planes de todas las naciones es crecer, aumentando su PIB en escala regional o nacional, esto implica crecer los flujos biofísicos (materia y energía). En este orden de ideas nos es complicado concebir, por ejemplo, una tonelada de dióxido de carbono (CO_2) y las relaciones complejas con el *eco-sistema*, tanto para la clase política tomadora de decisiones, como para los individuos, que como actores sociales, participamos diariamente en el

[11] Por ejemplo leche, pescados o mariscos; su equivalente en gasolina, materiales de construcción o aparatos electrónicos; o el cobro correspondiente a su proporción de energía eléctrica medida en kilowatts-hora; o también podrían estar representados por horas de trabajo.

mantenimiento uso y promoción de los flujos metabólicos[12](en mayor o menor medida, sin entrar en éste punto en el debate sobre las asimetrías sociales)(ver Figura 1).

Figura 1: Equivalencias entre flujos monetarios y productos, bienes o servicios representados por flujos materiales y/o energéticos.



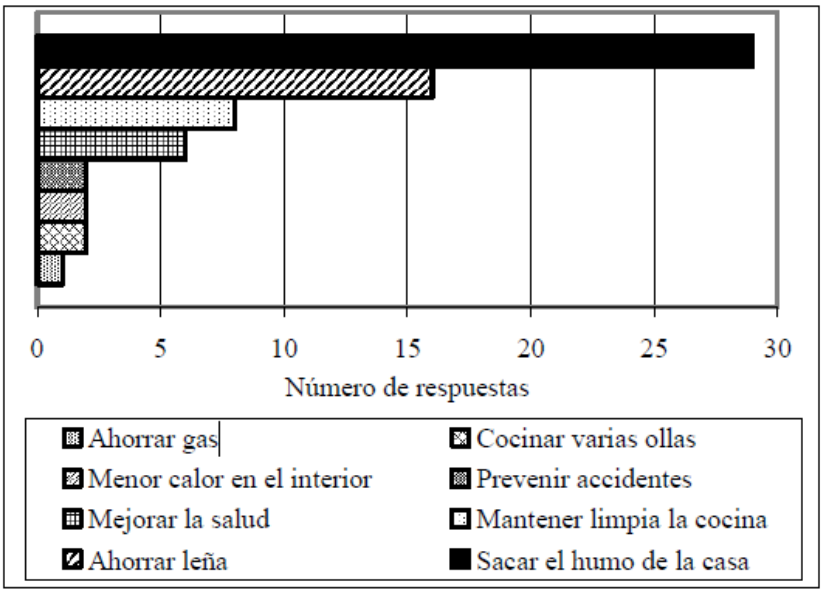
Fuente: Elaboración propia.

Elevando la escala de análisis, nos es más complicado aún concebir las dimensiones de los desechos municipales, la cantidad de litros de combustible necesarios para iluminar una ciudad durante la noche, o la cantidad e intensidad de flujos necesarios para el tratamiento de las aguas residuales municipales o el transporte de los alimentos. Tanto las causas como los peligros parecen invisibles algo que plantea Giddens mediante una paradoja "… como los peligros que representa el calentamiento global no son tangibles, inmediatos ni visibles en la vida cotidiana, por muy formidables que puedan parecer, muchos se cruzarán de brazos y no harán nada al respecto" (Giddens, 2010, p. 12).

[12] Esto puede estar representado, por ejemplo como una tonelada de desechos orgánicos o los flujos energéticos y materiales necesarios para mantener encendido un dispositivo eléctrico durante 8 horas por la noche.

Para clarificar aún más ésto así como las implicaciones de esos flujos podemos mencionar el ejemplo de la sustitución de hornillas de leña por estufas de alta eficiencia en el sector doméstico en México. Las conclusiones presentadas por (Masera, Díaz, & Berrueta, 2004), como resultado de su trabajo, precisan que las razones por las que las personas deciden adquirir una estufa mejorada es para buscar la eliminación del humo de la casa; en segundo lugar se encuentra "ahorrar leña" y en tercera posición se encuentra "ahorrar gas". Es decir, lo que llama a la acción es el problema visible y palpable de la emisión de humo dentro del área de preparación de alimentos y no necesariamente una cantidad de flujos biofísicos y/o las implicaciones logísticas que esto conlleva[13].

Gráfica 1: Razones por las que las personas deciden adquirir una estufa mejorada según Masera.



Fuente: (Masera et al., 2004)

Este ejemplo práctico nos ayuda como referencia en otros parámetros sociales de decisión-visualización, ya que esta actividad involucra inversión de tiempo, cuestiones de género, costos monetarios, problemas visibles (como al emisión humo), acumulación de hollín, deforestación, impacto directo en el

[13] Es interesante observar como por encima de la salud, en éste caso, está el objetivo de ahorrar leña, que eventualmente se convertirá en ahorrar dinero.

paisaje, entre muchos otros más. Como ya vimos el primer problema a solucionar, por parte de los usuarios, es el más visible. El segundo es ahorrar leña, lo que pudiese traducirse en un ahorro de tiempo invertido, y eventualmente ahorrar dinero. Esto hace aún más grande el reto del cambio climático, esto se ve reflejado en los debates sobre la "existencia o no" de esta condición.

La organización social bajo el régimen de recolectores-cazadores[14], que llevaban un estilo de vida nómada, dedicados a la caza y recolección, cubrían sus requerimientos energéticos, principalmente, por medio de la quema de biomasa. Interesante es que en la actualidad la actividad de quema de biomasa se siga desarrollando, además en México continua presente en "…panaderías, tortillerías y en la producción de ladrillos y artesanías de barro" (Revista México Social - Uso de leña en comunidades rurales, 2013). Así, este ejemplo sirve para contextualizar de manera inicial la relación sociedad-naturaleza, ya sea mediante la apropiación de biomasa, la utilización de energía o la visualización de los problemas; tanto en las sociedades antiguas como en las actuales.

El uso de energía integrado en las actividades humanas está presente desde las primeras actividades sociales identificadas más básicas, hasta las más complejas, como la experimentación científica. Por ejemplo, en la Organización Europea para la investigación Nuclear (CERN[15]), la potencia eléctrica demandada asciende a 180 MW, es decir el consumo equivalente a 648,000 MJ por hora. Si el laboratorio es usado un día completo al año (siendo irremisiblemente conservadores), consumiría la cantidad equivalente de energía de 15, 552, 000 MJ, es decir, a quemar más de 371 toneladas de petróleo[16]; ello sin tomar en cuenta la eficiencia de transformación y/o generación de energía.

Por otro lado, e introduciendo un tanto prematuramente el término de eficiencia, es primordial integrar desde ahora estas consideraciones. Ya que lo

[14] Este ejemplo es importante, ya que dentro de la metodología utilizada en éste trabajo se toman en cuenta las características de organización social, presentando sus características de consumo y uso energético.
[15] Sitio oficial disponible en su versión electrónica en: https://home.cern/
[16] Una tonelada de petróleo (1 TOE) equivale a 0.041868 TJ de energía. Es decir, 41.9 GJ o 41, 868 MJ. Equivalencia disponible en glosario de la OECD, disponible en su versión electrónica en: https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=4109

largo de la historia la eficiencia de las máquinas que utilizamos para convertir la energía en trabajo, la producción de bienes y/o servicios, transporte o producción en general ha ido en aumento constante. Sin embargo, al contrario de lo que empíricamente se esperaría (desde una perspectiva lineal y mecanicista), al disminuir el consumo de energía y materiales por unidad de trabajo; el consumo de energía y materiales del sistema total no necesariamente disminuye, sino por el contrario, podría aumentar en el sistema total. Así, ésta estrategia pudiese ser menos efectiva de lo que se podría esperar, si no se toman otras consideraciones (Freire-González & Puig-Ventosa, 2015).

Además, este fenómeno da cuenta de la complejidad de las relaciones socioeconómicas interactuantes en el mundo biofísico. Esto tiene profundas implicaciones teóricas para el gran reto del calentamiento global y la degradación ambiental. Cualquier consideración en cuanto a política pública o acciones sociales debiesen tener, en principio, esta consideración.

Este fenómeno, desde el punto de vista sistémico, pudiese ser bien explicado por el principio de Le Chatelier, característica presente en los sistemas abiertos (Bertalanffy, 1950). Si se presenta una perturbación externa en un sistema abierto en equilibrio, el sistema se reorganizará, de tal suerte que en el transcurso hacía un nuevo *equilibrio dinámico* ésta perturbación prácticamente quedará anulada. Desde la perspectiva de los sistemas complejos, al haberse tornado el sistema más complejo, requerirá mayor energía para mantener el mismo equilibrio dinámico (en parte pudiese ser debido al aumento de eficiencia), y requerirá también de más materiales; lo que redundará en un mayor número de desechos (energéticos y materiales) con un nivel de desorganización energético, que en términos físicos, es un nivel entrópico mayor. Es decir, en camino hacia una asimetría. Esto pareciese generar una resonancia entrópica, constante en el tiempo. Este comportamiento se podría definir también con el famoso razonamiento identificado por Boltzman en la ecuación siguiente (ver Ecuación 1):

Ecuación 1. Segunda ley de la termodinámica de Ludwing Boltzman, (1847).

$$dS \geq 0$$

Regresando al esquema sistémico metabólico de la concepción organicista, en la relación entre sociedad y naturaleza, con las implicaciones ambientales de ello y de acuerdo con Berttanlanfy, "estas características del estado estacionario son propias del *metabolismo orgánico"* (Bertalanffy, 1950, p. 42). En esta reflexión es necesario describir que "… el estado estacionario es diferente del estado de equilibrio[17]" (Bertalanffy, 1950, p. 25). Esto puede ser planteado de la siguiente manera:

Every organic form is the expression of a flux of processes. It persists only in a continuous change of its components. Every organic system appears stationary if considered from a certain point of view; but if we go a step deeper, we find that this maintenance involves continuous change of the systems of next lower order: of chemical compounds in the cell, of cells in multicellular organisms, of individuals in superindividual life units. It was said, in this sense that every organic system is essentially a hierarchical order of processes standing in dynamic equilibrium. We may consider, therefore, organic forms as the expression of a pattern of processes of an ordered system of forces. This point of view can be called dynamnic morphology" (Bertalanffy, 1950. p.27).

Este patrón de procesos descrito al final, puede ser considerado (siendo redundantes en términos lingüísticos) como una transformación metabólica. Desde esta perspectiva organicista, es posible concebir al sistema ambiental, ecológico, socioeconómico como un súper-organismo vivo; tratando a estos como sistemas abiertos. Aplicando las conclusiones de Bertalanffy (1950), es posible concebir este súper-organismo como un todo y analizar cuantitativamente y cualitativamente el fenómeno como tal.

Si bien el metabolismo de las partes o lo que pudiésemos llamar "metabolismo intermedio" inter-sistémico es de difícil separación epistémica (como objeto de análisis puntual), es posible analizar fenómenos emergentes que nos esbocen el proceso metabolismo como un todo. Como pudiese ser la valoración del proceso en su conjunto (como el comportamiento histórico del consumo de energía, en nuestro caso), el consumo de Oxígeno (O_2) o la emisión de dióxido de carbono

[17] Considerado como equilibrio lineal y/o mecánico.

(CO_2), este último aplicado en fisiología (Bertalanffy, 1950), y por supuesto también presenta a escala planetaria, el claro ejemplo de la estimación de la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI). Interesante que como sociedad mundial estemos analizando el mismo fenómeno a escala planetaria[18].

Retomando las implicaciones de estos flujos, es importante hacer notar que con la publicación del Quinto Informe de Evaluación (AR5, Fifth Assessment Report) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), aprobado a finales del año 2013, parece ya no quedar ninguna duda de la influencia antropogénica en el sistema climático global. Es decir, se tiene evidencia científica que las prácticas sociales y las relaciones descritas anteriormente tienen un impacto en el equilibrio dinámico planetario, donde debido a las dimensiones de estas actividades, la especie humana se convierte en una fuerza de cambio con influencia global.

Además se afirma que en la actualidad tenemos los mayores niveles de CO_2 en la atmosfera terrestre[19] en los últimos 800,000 años (*Climate Change 2014 Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers*, 2014). El cambio climático es reconocido como el mayor reto al que nos enfrentamos como especie. En los últimos años, a partir de esta “sospecha” de la influencia de las actividades humanas en el clima planetario, se iniciaron una serie de esfuerzos desde diferentes disciplinas y organizaciones para tratar de conocer y comprender éste impacto, así como sus consecuencias.

Como vimos, hasta hace algunos años la relación e influencia de las actividades y prácticas sociales en el clima terrestre no quedaban del todo claras y/o además no eran aún reconocidas por todos. Existe en este sentido un desconocimiento de los vínculos y referencias físicas y biológicas de las prácticas

[18] Con éstas premisas y tomando en consideración la generación de GEI y/o el tema de la eficiencia, sería importante la valoración, por ejemplo, de la utilización de estufas de alta eficiencia que utilizan biomasa, la implementación de energías renovables, utilización de biogás, reciclado de materiales, disminución de dinámicas de consumo o la desmaterialización de la economía (entendida como cantidad de materiales por unidad de PIB) así como su impacto al ambiente.

[19] 400.83 partes por millón (ppm) para marzo del año 2015. Recuperado el 15 de mayo del 2015 de: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html

sociales (Toledo & Gonzales de Molina, 2011), desde la perspectiva historiográfica de Toledo y Gonzales de Molina, esto es atribuido a la "ilusión metafísica que embargó la modernidad y que separó el ser humano de la naturaleza" (Toledo & Gonzales de Molina, 2011. p.20). Los esfuerzos más grandes se han enfocado en la mitigación hacia las causas del cambio climático, esto de manera inicial plantea un reto mayúsculo, ya que como se vio, es un problema invisible que es necesario visibilizar.

Evidentemente el reto del cambio climático tiene sus componentes fundamentales en bases biofísicas que tiene un impacto global complejo sobre prácticamente todos los seres, sistemas y organismos que habitamos el planeta tierra.

Desde el año 1991 en Rio de Janeiro, se presentó el concepto de Desarrollo Sustentable; representado como un esfuerzo a largo plazo para adaptar el *metabolismo de la antroposfera*[20] y la capacidad de carga del planeta tierra (Baccini & Brunner, 2012); con ello se da inicio al camino que empieza a trazar veredas sobre el análisis de la complejidad del problema. Por un lado existen evidencias de cambios físicos en los promedios climáticos y ambientales, y por otro, no existen puentes que expliquen de manera puntual, o cuando menos de manera clara[21], la relación con las prácticas y sistemas sociales. Esta relación es plateada por Morin (1984) bajo el principio de complejidad donde: "…ni las ciencias del hombre tienen conciencia del carácter físico y biológico de los fenómenos humanos, ni las ciencias naturales tienen conciencia de su inscripción en una cultura, una sociedad, una historia, ni de principios ocultos que orientan sus colaboraciones" (Toledo & Gonzales de Molina, 2011. p.21). El cambio climático es pues, un reto sumamente complejo.

[20] "Con el término antroposfera se sintetiza el conjunto de la humanidad, sus artefactos, sus sistemas productivos agrarios e industriales y las redes de organización que se expresan en la esfera local y, cada vez más, a una escala planetaria" (Carles Saura, 2003, p. 47).

[21] Usando el término *claro* para describir desde la visión lineal y mecanicista, o desde una causalidad comprobada, pues anteriormente se ejemplificó como hasta el año 2013 con la publicación sobre el origen antropogénico del cambio climático el debate seguía aún en operación.

En éste punto es posible afirmar que el legado mecanicista, no sólo de la lógica de pensamiento, sino también del trabajo práctico (sobre todo con la revolución industrial), así como la lógica lineal en la estructura y práctica social llegó a influir profundamente en las fibras más íntimas de las relaciones y concepciones sociales. Además claro está, durante la revolución industrial por ejemplo, también la condición de la disponibilidad de energía abundante y barata para transformarla en trabajo (primero carbón y luego petróleo).

Como se verá más adelante, BCS un remoto lugar, inhóspito e inaccesible del “viejo mundo” vivió un punto de inflexión en plena explosión de la revolución industrial. En estas tierras se utilizaron máquinas de vapor íconos de esta parte de la historia, esto modificó sobremanera los flujos materiales y energéticos en la región, extrayendo mediante este esquema materiales minerales que posteriormente fueron transportados hasta el otro lado del mundo, sobre todo a Gran Bretaña.

En este proceso histórico metabólico no sólo en la escala de análisis de este trabajo sino hacia un análisis más amplio, la utilización de la biomasa para la cocción de alimentos, fuente de calor, de defensa o iluminación se amplió para transformar esa energía en trabajo, hasta desembocar en la utilización de la energía química de los combustibles fósiles. Para ese entonces, la relación entre el sistema natural y las prácticas sociales perdieron su aparente conexión (“natural”), dejando cada vez más (aparentemente) invisibles los vínculos, o cuando menos las implicaciones para el sistema local y planetario.

La concepción sistémica y organicista del mundo no deja lugar para el aislamiento entre sistemas (recordemos el ejemplo de las muñecas rusas). Así, la sociedad no podría separarse o aislarse del ecosistema (ni en términos biofísicos, ni en niveles o esquemas de análisis interrelacionados). Desde la perspectiva sistémica, la biología no podría concebirse separada de la sociología, el sujeto y el objeto formarían parte de una misma estructura interactuante, aunque esto plantea otro reto epistemológico mayor, pues el sujeto se vuelve autorreferencia (Valero,

2016); esto no será objeto de estudio en éste trabajo, pero es importante señalarlo, sobre todo desde la consideración histórica.

El ser humano que habita en un espacio tridimensional, influye y es influido por la totalidad compleja, no sólo en una escala material o energética, sino también por las ideas, la información y el intercambio de esta.

Si alguna vez fue posible concebir al ser humano y la sociedad separada de la naturaleza, los retos actuales nos señalan lo contrario. Desde ésta visión, la concepción del mundo sería la de un organismo vivo.

1.5) Termodinámica, información y tiempo; el determinismo y la complejidad planetaria.

En la década de 1840 se postula el Primer Principio de la Termodinámica (Hewitt, 1999), esto es atribuido a J.R. Mayer y J.P Joule. Señalando la existencia de un principio de conservación de energía en los procesos termodinámicos. Tomando como punto de partida la analogía de la caja negra, es posible decir que el total de energía que entra a un sistema será igual al total de la energía que se transforma, se desecha o se degrada.

Es posible aplicar este principio a otros esquemas de transformación energética para dar cuenta, por ejemplo, de la transformación de la energía recibida desde el sol y la trasformación que esta energía sufre hasta convertirse en energía química; proceso y energía presente en los alimentos (Schoijet, 2002). La segunda ley "… añade que en toda transformación de energía una porción de la misma se degrada y se convierte en energía de desecho "[…] no está disponible y se pierde" (Hewitt, 1999, p.366). De esta manera la energía proveniente de combustibles fósiles (por ejemplo) acumulados, concentrados u organizados, al ser sometida a un proceso de combustión se dispersa en diferentes partes del espacio donde se lleva a cabo esta reacción. Dependiendo del proceso, una parte

de ella puede ser utilizada como trabajo útil. La parte de esa energía que no se puede utilizar o que se dispersa en el tiempo, tornándose inutilizable.

La idea de la parte de energía que no se pude utilizar, se conceptualiza a través de la palabra de origen griego *entrope*, que se entiende fundamentalmente como transformación (Chiavenato, 2007, p. 366). La utilización de este concepto en la ciencia se hizo práctica con la segunda ley de la termodinámica (antes mencionada), pues en toda interacción material-energética existen pérdidas que se hacen presentes en un proceso de degradación como se menciona (la idea de la misma aparición de la materia en el universo está ligada a la ley de la entropía y el tiempo). Esta es la energía residual que no se puede utilizar para producir trabajo (Carles Saura, 2003), en términos del mismo sistema. Así, invariablemente, en toda interacción donde se manifiesten flujos energéticos y/o materiales existiría una degradación o pérdida así denominada. Esta relación de transformación energética está presente como un principio sistémico aplicado en términos materiales, energéticos y de información.

Desde la física conceptual, Hewitt (1999) presenta de forma curiosa las leyes de la termodinámica y más específicamente de la entropía: “no hay forma de ganar (porque no puedes obtener de un sistemas más energía que la que le suministras, no hay manera de empatar (porque ni si quiera puedes obtener tanta energía como inviertes y no hay manera de salir del juego (porque la entropía del universo siempre aumenta)” (Hewitt, 1999, p.369).

Esto plantea la existencia de una degradación en los sistemas que “genera” la energía residual descrita; así, “…las partes del sistema pierden su integración y comunicación entre sí, haciendo que el sistema se descomponga, pierda energía e información y se degenere” (Chiavenato, 2007). Una interpretación de la entropía es la “…medida del desorden a escala microscópica (Marqués, 1997); por lo tanto, para el mantenimiento de cualquier sistema abierto, se necesita un reabastecimiento constante de energía e información a través del tiempo y el espacio para mantener la estructura (Bertalanffy, 1950).

Las leyes de la termodinámica toman especial importancia conceptual, al involucrar, dentro del análisis y la idea metabólica, las variables físicas, energéticas y biológicas. No es posible, por otro lado, hacer a un lado las aportaciones conceptuales (tomando en cuenta que se aprecian como aportaciones sistémicas) históricas de Planck, Einstein, Heisenberg, Lorenz, y en gran medida de manera más reciente las de Prigogine que desplazaron la previsibilidad, linealidad y mecanicismo newtoniano de la física clásica; lo cual tiene importantes implicaciones en la visión sistémica y por supuesto, metabólica.

En este punto también es fundamental mencionar el principio de incertidumbre de Heisenberg que "…enterró el determinismo clásico" (Chiavenato, 2007, p. 490). No es posible, desde este punto de vista, dar un tratamiento lineal a las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. Además, desde los conceptos vertidos anteriormente, desde los comportamientos cuánticos descritos por Heisenberg "…las partes no determinan el comportamiento del todo, es el todo el que determina el comportamiento de las partes" (Chiavenato, 2007, p. 491), aunque esta idea de manera clara no parece estar aún en consideración plena de manera conceptual y práctica en la escala de análisis social; pues en excepciones como las presentadas por Castells, sobre el análisis de la sociedad en red, la comunicación y el poder; así como la influencia compleja de estas en el sistema social (Castells, 2012), están en más dimensiones. El todo determinaría el comportamiento de las partes, pero también las partes tienen una influencia compleja en la red del todo. La causa y el efecto newtoniano, se difumina.

Las implicaciones epistemológicas de esto en la ciencia, y en mayor medida en las ciencias sociales, son considerables. El principio de incertidumbre nos plantearía que la realidad se encontraría en codependencia del cristal escogido para observarla (idea mencionada anteriormente), algo que plantea Betancourt sobre la visión de la historia desde la teoría de sistemas (Betancourt, 20015).

Además, como lo señala Luhmann, en el mismo sentido "la sociología no puede observar a la sociedad desde afuera, pues lleva a cabo su actividad en la sociedad misma" (Luhmann, 2006, p. 50). Es decir, bajo este cristal nos

convertimos en coautores de la realidad. Como individuos tendríamos, desde este punto de vista, la capacidad de influir y ser influidos en el sistema; pues no vivimos una realidad determinista (donde puede habitar el Demonio de Laplace), desde la interacción en red de los sistemas complejos somos coautores de esta realidad.

En términos termodinámicos metabólicos la concepción de la complejidad pone en debate muchos otros elementos conceptuales relacionados con los sistemas, los seres vivos y la vida misma. Desde este punto de vista de la evolución estaría determinada como "… un proceso de creación de complejidad por medio del cual los sistemas se hacen progresivamente capaces de utilizar mayores cantidades de energía" (Chiavenato, 2007, p. 493). Prigogine, en su trabajo que le valió el Premio Nobel, aplicó la segunda ley de la termodinámica a los sistemas complejos, esto dio origen conceptual a la teoría de las estructuras disipativas o del no equilibrio. Así, se incluía también a los organismos vivos en este entramado conceptual, donde aplicaban también estas consideraciones.

Como resultado del proceso metabólico, como organismos interactuantes, no somos ajenos a los principios entrópicos. Un organismo exporta calor, realiza trabajo y devuelve al medio los materiales sobrantes o residuales con un mayor contenido de entropía, que los inputs obtenidos (en términos de la caja negra). En principio, estos residuos pueden ser *metabolizados* por el sistema externo, dependiendo de la constitución y características (del organismo y del desecho). Un organismo, como cualquier sistema natural complejo, se comporta como una entidad disipadora de la energía y generadora de entropía (Carles Saura, 2003).

Los sistemas sociales desde la visión metabólica, en diferentes escalas se podrían comportar bajo algunas concepciones, como sistemas simples termodinámicos y bajo algunas otras como sistemas complejos auto-organizados; la cuestión crucial sería que éste último se mantendría alejado del equilibrio termodinámico a un nivel bajo de entropía (véase Tabla 1).

Tabla 1: Algunas propiedades de los sistemas simples y complejos. Los sistemas complejos siguen el sistema siempre que la cantidad de energía

que entra no sea superior a la energía empleada en la relación de los elementos internos del mismo.

Propiedades	*Sistemas simples termodinámicos.*	*Sistemas complejos auto-organizados.*
Equilibrio termodinámico.	Tiende a un estado estacionario (el de máxima entropía).	Se mantiene alejado del equilibrio termodinámico (a un nivel de baja entropía).
Fluctuaciones.	Poco amplias.	Amplias.
Estabilidad	Alta.	Alta pero examinada constantemente.
Efecto de las perturbaciones (entradas de energía)	Más desorden (más entropía)	Destrucción inicial y más orden posterior (mediante segregación de entropía al entorno)

Fuente: Tabla 1 de (Carles Saura, 2003: 27).

Estas condiciones nos ofrecen oportunidades trascendentes para el estudio de las interacciones metabólicas sociales. Si observamos los sistemas urbanos, regionales o nacionales desde esta perspectiva, como sistemas simples termodinámicos, estos tenderían siempre hacía un nivel máximo de entropía, un sistema disipativo. Es decir, un nivel máximo de la desorganización de la materia (hablando de la organización material), un nivel mínimo de cohesión social, un máximo de desorganización y falta de tolerancia (hablando en términos de degradación social), una gran cantidad de energía “de desecho” imposible de utilizar (entropía energética) o una deterioro en el proceso de transmisión de la información (hacia una entropía comunicacional); situación que de primera instancia nos deja en un sincope social, ya que el simple hecho del transcurrir del tiempo aumentaría la entropía en todos los sistemas, siendo sólo una cuestión de tiempo para que la muerte entrópica con su negro tártaro[22] engulla todos los esfuerzos y el complejo social mismo, llegando el final de la historia.

Como sistema vivo autoorganizado sería posible transitar hacía un estado dinámico de baja entropía, como lo hace un bosque como sistema complejo, una célula o un conjunto celular, o el depósito de materiales fósiles bajo la superficie

[22] Dios de la mitología griega al mismo nivel jerárquico que Gea y Cronos (La Tierra y el Tiempo, respectivamente).

terrestre, donde el sistema organizado y vivo planetario realiza el "encapsulamiento" de esta energía acumulada en una estructura estable (las células, por ejemplo, realizan este procedimiento a través de los subsistemas mitocondriales). Así, la Tierra se comporta como un acumulador temporal de energía, una parte de esa energía se transformaría termodinámicamente en trabajo "…que se pone de manifiesto en la formación de estructuras geológicas, mediante los cambios en los ecosistemas, en la transformación continua de las ciudades, en la evolución del sistema ecosocial; mientras que la otra parte de la energía incidente se traduce en entropía y desorden en determinados compartimentos, como la atmosfera o la hidrosfera" (Carles Saura, 2003, pp. 57–58).

Este sistema natural utiliza la energía recibida por el sol para generar un "orden" hasta llegar a un estado en donde se minimiza la entropía total en el sistema, un equilibrio dinámico. Así, también se puede describir que "en los sistemas físicos la entropía aumenta normalmente. Sin embargo, cuando se suministra trabajo al sistema, como en el caso de los organismos vivos, la entropía disminuye. La Figura 2 representa esquemáticamente un reloj que al ser accionado procura una organización u orden "importando" energía y "exportando" entropía. La noción de orden parece estar asociada a la noción de asimetría de los organismos vivos. Sin embargo concebimos, en última instancia al universo como una entidad simétrica[23]. Todo ser viviente, desde las bacterias y los arboles hasta los seres humanos, extraen energía de su entorno y la utiliza para incrementar su propio grado de organización, el proceso metabólico subyace en todo organismo vivo.

Este orden de las formas de vida se conserva aumentado la entropía en algún otro lugar (del espacio), de tal manera que las formas de vida junto con sus productos de desecho experimentan una reducción neta de entropía. Se debe transformar energía en el sistema viviente para que este se mantenga con vida. De lo contrario, el organismo muere muy pronto y tiende al desorden" (Hewitt,

[23] Predicción de un patrón de partículas en una supersimetría que podrían aparecer en el experimento del acelerador de partículas del CERN. Más información disponible en su versión electrónica en: https://home.cern/about/physics/supersymmetry

1999, p. 369). Debido a que la Tierra se considera un sistema abierto para energía, pero cerrado para materiales, conceptual y teóricamente es posible transitar a un estado estable de minimización de entropía. Esta concepción teórica no representa la panacea[24] para los grandes retos actuales, pues el planeta Tierra, como un sistema abierto para los flujos de energía (energía recibida por la radiación del sol) y utilizando toda la energía solar disponible mediante fuentes renovables(idea que es importante presentar) , plantea inconsistencias desde el punto de vista sistémico, pues: "…es sabido que los niveles superiores de jerarquía ejercen un control sobre los niveles inferiores; esta dependencia se manifiesta, desde luego, en la mayor parte de los sistemas sociales y naturales" (Carles Saura, 2003).

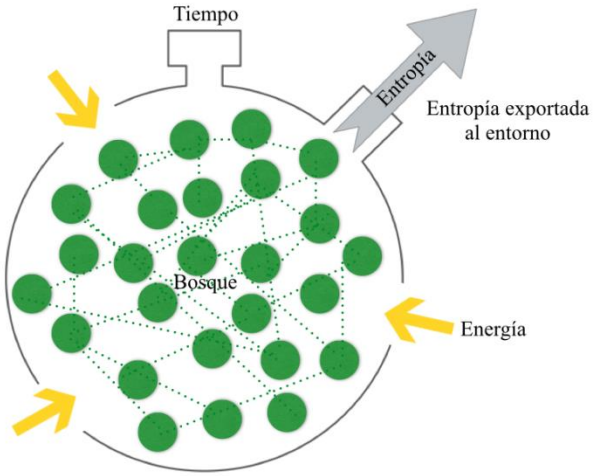
Así, la generación de la infraestructura necesaria para la captación y utilización total de la energía solar tendría irremediablemente efectos sobre el ecosistema terrestre, la transformación y cambio constante de materia generaría una degradación, donde temporalmente, la entropía sería mayor que la del primer estado antes de la fabricación de la infraestructura, de esta manera el problema más apremiante (cuando menos en un periodo temporal) dejaría de ser, tal vez, las partes por millón (ppm) de dióxido de carbono (CO_2) en el aire y el efecto invernadero, y el problema más urgente sería la gran cantidad de materiales contaminantes, problemas que se funden el uno con el otro.

Aunque, como afirma Marqués (1997), desde una perspectiva temporal, "… el uso predominante de fuentes de energía renovables, no sólo disminuye la generación directa neta de entropía del sistema industrial, sino que es condición necesaria, aunque no suficiente, de un hipotético sistema industrial que no contribuya a la degradación entrópica indirecta de la biosfera (Marqués, 1997).

Esta complejidad fluctúa entre el determinismo físico de equilibrios termodinámicos y la capacidad de utilización de la información para "ganar tiempo", y al mismo tiempo, con opciones de abastecimiento energético alternos sistémicos.

[24] Diosa de la mitología griega que lo curaba todo.

Figura 2: Figura esquemática de un bosque como sistema disipativo[25].



1.6) Agudeza del problema y la diversidad. Naturaleza determinista y naturaleza estocástica.

Cada vez es más notorio que el reto del calentamiento global se complejiza, y se hace patente la necesidad de la discusión y planteamiento desde una perspectiva profunda sobre las implicaciones, como también de las causas y sus posibles soluciones. No solamente desde un fundamento técnico (necesario para

[25] Como entidades disipativas de la energía que exportan entropía al entorno, se observa que en un bosque, a medida que transcurre el tiempo, la relación entre la generación de desorden (la entropía exportada al entorno) y el orden acumulado internamente disminuye gradualmente hasta llegar a un metaestado en el que se minimiza la exportación de entropía para mantener un parecido estado de orden. Se trata de un metaestado que representa la maduración del sistema que perdura por bastante tiempo, sin que éste sea el final de su historia, ya que también se pueden producir estados posteriores de senescencia o regresiones a estados más juveniles (pero no idénticos que los anteriores). En otras palabras, los ecosistemas terrestres maduros mantienen un cierto orden interno más o menos estable que minimiza la exportación de entropía. En estos momentos, la tasa de renovación de biomasa se alarga en el tiempo y la mayor parte de la energía entrante se invierte en respiración y en el mantenimiento de estructuras inertes (madera por ejemplo) que posibilitan el transporte vertical de materia desde el suelo a las copas de los árboles (cerrando el ciclo de la materia). Esta fase es termodinámicamente muy eficiente en tanto que para una misma entrada de energía se exporta un mínimo de entropía (Carles Saura, 2003, p. 31). En la figura el límite o frontera esquemática tiene la forma de un reloj que representa el transcurrir del tiempo; las líneas amarillas representan los flujos energéticos externos a la frontera geométrica-material; la flecha color gris la entropía exportada al ambiente o entorno del sistema; finalmente, los puntos verdes y las líneas punteadas representan las interacciones en red entre los subsistas o entes del sistema contenido; relaciones ya descritas con anterioridad.

la transición en algunos niveles), sino desde una visión filosófica y epistemológica que tenga en cuenta los temas antes descritos, aunando a experiencias exitosas y las experiencias prácticas-conceptuales más útiles en este sentido. Aunque en este punto se pudiese caer en una paradoja, pues las experiencias exitosas locales no garantizan la experiencia exitosa total. Y ante el reto del cambio climático, entendido como un reto global e histórico a nivel sistémico, no existe punto de referencia que nos ofrezca garantía de éxito. Aunque la restauración aparente de la capa de ozono nos deja una esperanza, como evento exitoso de colaboración sistémica con un impacto positivo en el organismo planetario.

Es importante hacer notar que pese a todos los esfuerzos realizados la sociedad moderna expele más y más calor y desechos materiales al ambiente lo que afecta la biocapacidad de los ecosistemas (Delgado, 2010), y pone en riesgo el ecosistema que soporta la vida como la conocemos.

Por otro lado, como seres históricos "fuimos condicionados por la visión newtoniana del mundo a creer en una realidad externa objetiva. Esa creencia tenía ventajas, como la abdicación de la responsabilidad: vivimos en un mundo establecido, objetivo y somos víctimas de circunstancias externas que están más allá de nuestro control. Si el mundo tridimensional es subjetivo, entonces desempeñamos, como seres perceptivos un importante papel como creadores de todo eso que vemos y que vivenciamos. Citando a Prigogine: "lo que quiera que llamemos realidad sólo se nos revela por medio de una construcción activa en la cual participamos" (Chiavenato, 2007, p. 491). Esto nos abre las puertas a la posibilidad de la búsqueda de la "administración" del metabolismo de los sistemas socioeconómicos interactuantes. Pensemos por ejemplo en la administración de alimentos hacia un organismo humano, el establecimiento de un régimen alimenticio o la modificación de estos hábitos para el mantenimiento de la salud. Así "… se dice que la complejidad estructural del sistema es el resultado de los cambios producidos por diferenciación o integración en las dimensiones del espacio tridimensional" (Carles Saura, 2003, p. 27), la operación social en las prácticas de poder tendrían, en teoría, la capacidad de modificar las condiciones

de flujos metabólicos en el espacio y el tiempo; pues "…los sistemas naturales y sociales pertenecen a un grupo intermedio (entre naturaleza determinista y naturaleza estocástica) en el que se combinan partes o elementos más o menos fijos con otros cambiantes" (Carles Saura, 2003, p. 22).

La información disponible de la organización metabólica de los sistemas contribuiría (mediante una aplicación práctica de esta información), para aumentar el nivel de adaptación bajo circunstancias cambiantes, en ese orden de ideas se buscarían esquemas que promoviesen la supervivencia de este entramado metabólico bajo bifurcaciones en el ambiente, con la meta de reducir el impacto en él, mediante una eficiencia metabólica enfocada en la disminución de la entropía (bajo sus diferentes acepciones), es decir, utilizar la información genética social como fuente de evolución ecosistémica social (hablando en términos sistémicos organicistas). Pues, "la misma información genética presenta una naturaleza semiótica. Tal como lo establece R. Margalef (1980), el sistema genético es comparable al lenguaje con su diccionario de palabras y sus reglas gramaticales" (Carles Saura, 2003, p. 85).

La misma permanencia de la vida en la Tierra es una condición que pone de manifiesto la existencia de una información genética social (como información biológica heredada) acumulada en organismos que "…explica la adaptabilidad de la vida a los cambios históricos que se han producido en la Tierra a lo largo de su accidentada historia" (Carles Saura, 2003, p. 36).

Estas múltiples visiones plantean un reto determinante, aún no existe un consenso generalizado de la aplicación de visiones interdisciplinarias en la manera de abordar los problemas actuales. Como todas las ideas, esta se encuentra en construcción constante. La diversificación de ideas plasmada en la diversidad, contribuye a continuar con la evolución sin aumento de entropía, el diálogo entre individuos y entre disciplinas se podría considerar parte de esto; así que el simple hecho de este ejercicio nos lleva por el camino indicado. Esta diversificación es necesaria para la evolución hacía una mejor estado. El siguiente paso sería la

búsqueda de consensos, la utilización de la información y sobre todo la suma de voluntades enfocadas en acciones.

1.7) El factor energético en el sistema metabólico, convergencia en el sistema social.

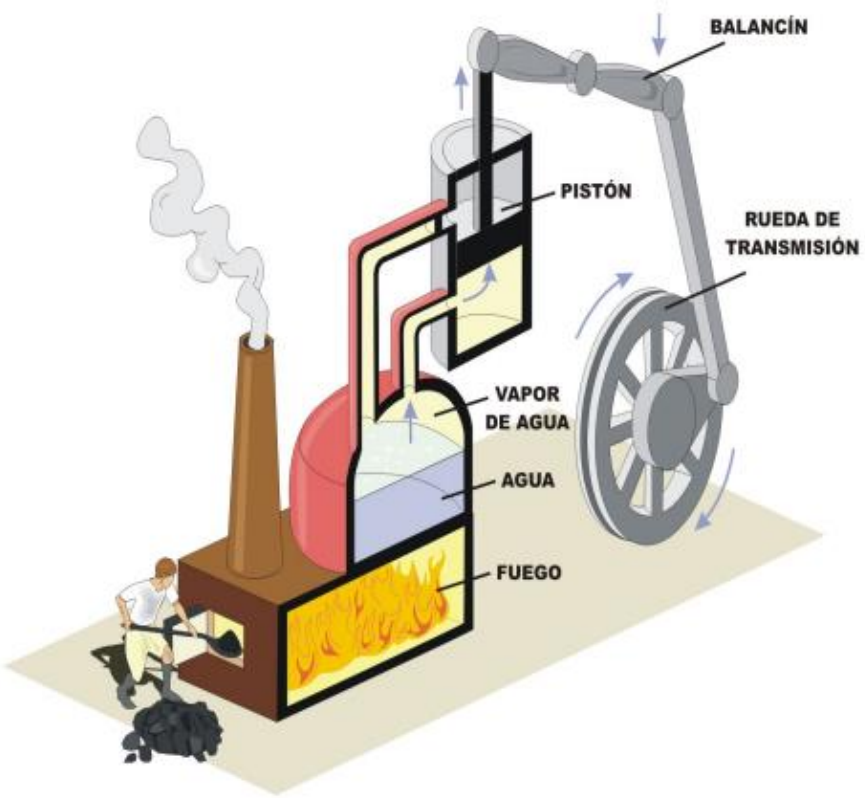
Tratando de avanzar hacia algunas consideraciones conceptuales finales, en términos sistémicos, se considera que la energía de los materiales puede ser utilizada para generar trabajo. Como por ejemplo en el caso de la máquina de combustión externa de James Watt, que utilizaba la energía generada por medio de la combustión para generar vapor y con ello generar movimiento (ver Figura 3). Gracias a esta tecnología, se fue posible transformar la energía en trabajo en la sociedad. Esto explica, en parte, la explosión de demanda y consumo de materiales energéticos durante el inicio de la revolución industrial.

Posteriormente, la alta concentración de energía de los materiales de origen fósil permitió conseguir aún más energía, debido a la gran cantidad de esta por unidad de masa y volumen que contienen estos combustibles. Así, se tenía una gran cantidad de trabajo disponible para actividades como defensa, comercio, agricultura y otras prácticas sociales.

Si la energía fluye a través de un organismo, mecanismo o sistema, esta energía tiene la capacidad de generar movimiento y/o trabajo. Y fundamentalmente la capacidad de mantener la vida. Al mismo tiempo, para no escapar de la complejidad de la realidad ya descrita, por medio de la utilización de esta energía se tiene la capacidad de modificar la materia y estructura del medio. De manera global, en la época actual, la prueba de ello son las altas concentraciones de emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera, donde se transforman los elementos químicos fósiles en diferentes compuestos que modifican las características físico-químicas del ecosistema planetario, fenómeno

también descritos con anterioridad con el caso de la degradación de la capa de ozono.

Figura 3. Representación gráfica de la máquina de vapor y sus partes.



Fuente: imagen disponible en su versión electrónica en: recursostic.educacion.es

La concentración de energía o el contenido energético se puede determinar mediante una valoración cuantitativa de energía por unidad de masa o volumen. En estos términos un flujo, sería una cantidad determinada de masa, volumen o energía a través del tiempo. Por ejemplo, en el caso de la madera, la energía acumulada a través del proceso de fotosíntesis, trabajo realizado gracias a la energía recibida del sol que le permite realizar la transformación de dióxido de carbono (CO_2) en oxigeno (O_2) y acumular carbono de manera material en su conformación (como vimos en el tema del bosque como sistema), puede ser utilizada como combustible al quemarse.

La energía potencial de esta biomasa estará determinada por características cualitativas y cuantitativas, químicas y físicas, como por ejemplo la cantidad de humedad, el tipo de especie, entre otras muchas variables. Podemos dimensionar este potencial mediante el cálculo de la cantidad de energía en Joules[26] por kilogramo de materia (J/kg); para este caso, podríamos tomar como ejemplo un promedio de 19.8 MJ/kg (Hans-Holger, 2006).

La combustión de esta biomasa evidentemente produce desechos, una estimación gruesa señala que 1 metro cubico de madera produce 2.5 metros cúbicos de virutas de madera (Hans-Holger, 2006), estas implicaciones tienen eminentemente un impacto en el espacio ocupado y su manipulación. Así, retomando el tema de los combustibles fósiles y para ilustrar la diferencia energética entre materiales, así como sus implicaciones espaciales, se puede decir que el espacio requerido para transportar el equivalente de virutas de madera es trece veces mayor que el espacio necesario para petróleo, y cuatro veces el del carbón (Hans-Holger, 2006) (ver Tabla 3 para comparación de materiales). Esto indica las implicaciones en espacio, logística e infraestructura necesaria para el abastecimiento energético social.

Al igual que en el tema de la biomasa, para el análisis metabólico es posible transformar los flujos en unidades representativas de información (flujos en el tiempo representados por unidades simbólicas determinadas) a través del sistema. Esto permite analizar los sistemas socioeconómicos y naturales en interacciones físicas y no con bases, por ejemplo, monetarias. Así se pone en contexto espacio-temporal las implicaciones del diseño, las prácticas sociales y las ideas materializadas en las estructuras del complejo interactuante.

[26] El Joule es utilizado para describir la cantidad de energía mecánica (1 J = 1 newton por metro), energía térmica (1 caloría = incrementar la temperatura de 1 kg de agua 1 grado Celsius = 4,200 J), energía eléctrica (1 kW/h = 3.6 MJ), energía química (1 litro combustible fósil = 42 MJ), energía solar (1kW/m² = 3.6 MJ/h/m²), energía nuclear (1 gramo de materia = 90 TJ); 1 huracán = 10^15 J, bomba atómica (Hiroshima) = 10^14 J, latido del corazón = 0.5 J.

Tabla 2. Potencial calorífico de algunos materiales según Turner y Doty, 2006.

Tipo de material	*MJ/kg*
Gas propano	50
Keroseno	46.5
Diésel	45.6
Combustóleo	43
Gas natural	37.3
Carbón	29.2
Viruta de madera	19.8
Basura domestica	4.23
Desechos de biomasa domésticas.	8.88
Papel, cartón, bolsas (desechos domésticos)	17.81
Llantas (como desecho industrial)	41.84
Grasas y residuos de combustibles industriales	41.84
Bagazo residual de la agricultura	8.37-15.11

Fuente: (Turner & Doty, 2006).

Estos flujos de interacciones físicas complejas abordados desde esta perspectiva sistémica y agrupados como tales se “dedican” (en palabras de Carles Saura) a segregar la entropía vinculada a la energía entrante desde su interior hacia el exterior. Llevando esto al espacio urbano se puede decir que:

“Este funcionamiento se debe a la existencia en el interior de la ciudad (o de cualquier sistema complejo) de procesos disipativas que se dedican a exportar desorden o entropía al exterior. La ciudad en este sentido es una estructura disipativas de la energía que exporta entropía al exterior. Los sistemas complejos, en general, son estructuras disipativas que mantienen un orden interno alejado del punto de equilibrio termodinámico propio de sistemas deterministas simples y cerrados” (Carles Saura, 2003, p. 58).

Las implicaciones de esto en términos sociales son trascendentales. Hasta este punto se inicia con el diálogo que en las conclusiones del ejercicio práctico se amplían.

1.8) Convergencia conceptual.

Prácticamente todos los sistemas en el planeta Tierra estarían considerados como sistemas abiertos. En este orden de ideas, es posible dar seguimiento a su trayectoria a través del tiempo mediante la información interna del sistema; como pudiese ser en la biología, el desarrollo celular, o en el desarrollo de los ecosistemas; así se podrían describir trayectorias o meta-estados reconocibles y predecibles (bajo un esquema de toma de decisiones en escenarios) a nivel macroscópico, que permite la recapitulación de trayectorias tipificada (Carles Saura, 2003).

La concepción de los sistemas abiertos, desde la perspectiva biológica, es fundamental para la explicación del fenómeno de la vida (Bertalanffy, 1950). Esta visión sistémica plantea dos características básicas de los sistemas, la primera de ellas propósito u objetivo, la segunda es globalización o totalidad.

"Todo sistema tiene uno o algunos propósitos u objetivos. Las unidades o elementos (u objetos), así como las relaciones definen un arreglo que tienen siempre como fin un objetivo o finalidad. Todo sistema tiene una naturaleza orgánica, por la cual una acción que produzca cambio en una de las unidades del sistema deberá producir cambios en todas sus otras unidades. En otros términos, cualquier estimulación en cualquier unidad del sistema afectará todas las unidades debido a la relación existente entre ellas. El efecto total de esos cambios o alteraciones proporcionará un ajuste de todo sistema. El sistema siempre reaccionará globalmente a cualquier estímulo producido en cualquier parte o unidad. En la medida en que el sistema sufre cambios, el ajuste sistemático es continuo. De los cambios y de los ajustes continuos del sistema se derivan dos fenómenos: el de la entropía y el de la homeostasis". (Chiavenato, 2007, p. 411).

El concepto de metabolismo social plantea una transformación-relación teórico-conceptual entre forma de concebir la coexistencia del ser humano con sus congéneres, así como con su medio ambiente, esto incluye otros seres vivos, así como las condiciones y sustentos que permiten el desarrollo de estos.

Antes de que se visibilizaran las problemáticas ambientales (la degradación de la capa de ozono, el efecto invernadero, la degradación ambiental y el cambio climático) en referencia al propósito y objetivo como característica de un sistema (en este caso el socioeconómico), no se había puesto en tela de juicio los límites de la visión centrada en una eficiencia financiera de crecimiento lineal, bajo un esquema determinista entrópico, basado fundamentalmente en razonamientos costo-beneficio. Este paradigma plantea una paradoja en términos físicos conceptuales que se ven reflejados en los grandes retos ya descritos.

Un primer paso para abordar esta complejidad es moverse hacia las fronteras disciplinarias y conceptuales, para analizar desde este punto las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. Es necesario revalorar los propósitos u objetivos del sistema socioeconómico bajo este entendimiento orgánico complejo y redefinir los procesos en términos de flujos de materiales, energía e información, que tienen correspondencia con el soporte fundacional del sistema que permiten la vida misma.

Cambiar el paradigma, en términos de integrar estas consideraciones metabólicas, es una tarea ardua. Es necesario construir la información y posteriormente dialogarla. Bajo esta consideración se acude también a una propuesta teórica no cibernética del metabolismo social (Toledo & Gonzales de Molina, 2014), donde justo este tipo de análisis contribuye a ofrecer escenarios de oportunidad para el futuro y fundamentalmente donde es posible modificar los escenarios y hacer frente a la incertidumbre mediante la toma de decisiones, la información y la participación social. El anhelo es hablar en términos de eficiencia metabólica, entropía social y política.

2) CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

2.1) El Concepto de metabolismo social como punto de partida.

Previamente se entrelazó el marco conceptual del cual proviene la analogía usada como herramienta de análisis en este trabajo. La interpretación de las relaciones complejas entre la interacción de los flujos materiales y energéticos derivados de las prácticas sociales, así como su discusión y análisis nos ofrecen grandes oportunidades de acción en la toma de decisiones que contribuyen a hacer frente a muchos de los retos actuales.

El marco, que como frontera disciplinaria no limitante, circunda el concepto de metabolismo social proviene pues de relaciones complejas conceptuales y analógicas disciplinarias, no sólo en lo que respecta a su objeto de estudio, sino como ya se mencionó desde su génesis.

Los vínculos conceptuales se entrelazan en visiones desde la biología, medicina, economía, física, sociedad e historia. Como una muestra más del origen complejo conceptual se puede dar cuenta de ello desde la perspectiva de la historia ambiental como disciplina hibrida, misma que se entreteje con el metabolismo social; con una base física y una interpretación de las relaciones eco-sistémicas y/o eco-sociales. Como lo afirma Toledo y González de Molina (2011) "…se ocupa esencialmente de la base material de las relaciones sociales". Evidentemente los flujos de materiales y energía no se explican por si solos, sino que responden a una dimensión social. Donde también las relaciones simbólicas son fundamentales.

Como se dejó ver previamente, la palabra "metabolismo" tiene su origen en el idioma griego, que representa esencialmente la idea de un proceso de transformación o cambio en un espacio de tiempo. El concepto de metabolismo ha trascendido ya variadas disciplinas de las cuales se ha dado cuenta. Como proceso fue estudiado inicialmente (con el riesgo de ser excluyente en términos temporales complejos disciplinarios) desde el ámbito humano, posteriormente en

la química y la biología (Baccini & Brunner, 2012). Aunque esta escala temporal de primero en tiempo, no es del todo clara.

Hacia el año 1600, Santorio Santorio, profesor de la Universidad de Padua, en Italia; había trabajado ya con el fenómeno metabólico en el sistema complejo del cuerpo humano, quien reconoció la importancia de la medición de los procesos físicos en el complejo orgánico corporal. Realizó experimentos y mediciones durante más de 30 años, donde le dio seguimiento a los flujos físicos ingeridos y excretados a través del organismo (Baccini & Brunner, 2012). Más de la mitad de los flujos físicos se perdían, y fue hasta que Antoine Lavoisier (considerado padre de la química orgánica) descubriera que la respiración era en realidad un proceso de combustión, donde existía una exhalación de dióxido de carbono y agua hacia afuera del organismo, que el misterio quedara resuelto.

La estructura lingüística y el uso de la palabra metabolismo difícilmente puede ser conceptualizada como de uso exclusivo para una disciplina, época, grupo de particularidades epistemológicas, pues el pensamiento humano parece navegar con el uso de analogías, que funcionan como verdaderos vehículos entre razonamientos lógicos.

Hacer frente a la complejidad de la realidad, sin duda, requiere herramientas conceptuales que nos ayuden a estructurarla, para tratar de entenderla, por esto no es raro el uso de analogías y metáforas en el arte, la educación y la ciencia (Rodríguez-Mena, 2000). El concepto metabólico se utiliza como eso, una herramienta conceptual analógica para tratar de abordar la realidad. Con el apellido “social”, se da cuenta hacia donde se enfoca el lente como herramienta analógica para observar el fenómeno y/o el objeto de estudio.

En este trabajo no se abunda sobre el debate, considerado un tanto ocioso, sobre quien utilizó primero históricamente el término metabolismo social, sino que se da cuenta en esta sección, del trabajo que se ha realizado previamente mediante este lente. Además, desde el punto de vista de los sistemas complejos, que ya se describieron en el inicio, la causa y el efecto parecen diluirse en las

relaciones estudiadas. El lenguaje, los símbolos y las representaciones físicas materiales se funden en un mar donde emergen, en ocasiones, en diferentes puntos de la red de manera no exclusiva, y por supuesto, no de manera lineal. Los eventos emergen pues a través de nodos de la red.

2.2) Aportes desde la visión metabólica social.

Es fundamental dar cuenta que Karl Marx (1818-1883) utilizó el término germano *Stoffwechsel* para señalar esta idea analógica de relación-intercambio entre la sociedad y la naturaleza. Esto fue en dos sentidos "…el primero como una analogía o metáfora para describir los ciclos de producción, y el segundo para referirse a dos expresiones: metabolismo entre el hombre y la tierra o entre la sociedad y la naturaleza; enfocado en el ciclo de nutrientes de las plantas (Martinez-Alier, 2003).

Para 1965, Abel Wolman aplica el concepto de metabolismo a la perspectiva urbana (Wolman, 1965), donde "…concluye tras analizar los flujos de entrada y salida de energía y materiales de una ciudad hipotética de EUA de un millón de habitantes, que llegada una cierta intensidad metabólica son inevitables los problemas ambientales, la contaminación atmosférica y la capacidad de gestionar enteramente los residuos urbanos, sobre todos las aguas residuales" (Delgado, 2015). Esto nos da una idea de los retos que son posibles identificar mediante la analogía.

De manera paralela Kenneth Boulding (1966) planteaba que se debía transitar de: " una economía del vaquero hacía una economía de astronauta" (Bringezu, Fischer-Kowalski, Kleijn, & Palm, 1997), haciendo alusión a la concepción y la contraposición de una operación económica, concebida como un *sistema abierto* e ilimitado versus un *sistema cerrado* al que estaría sometido un astronauta en el espacio. De nueva cuenta, evocando una visión sistémica analógica de interrelación de flujos.

Robert Ayres, en 1994 publica dos trabajos complementarios casi simultáneamente. La primera obra titulada: "*Information evolution and economics:*

a new ecolutionary paradigm" y la segunda: "*Industrial metabolism: restructuring for sustainable development*", en este último plantea la connotación de la palabra metabolismo como una analogía de los procesos llevados a cabo por un organismo biológico y/o un organismo industrial donde se tiene como inputs materiales ricos en energía y bajos en entropía (alimentos) para lograr el mantenimiento de las funciones y permitir el crecimiento y/o la reproducción, con las eminentes emisión de desechos y excreciones que ello implica, los cuales consisten en materiales degradados con alta entropía (Ayres, 1994).

En este mismo orden de ideas, años antes Nicholas Georgescu-Roegen (1971) había descrito como este proceso metabólico (descrito en el párrafo anterior) estaba gatillado por un flujo de energía "libre" o disponible para generar trabajo (Georgescu-Roegen, 1971); elementos que se habían descrito en desarrollo conceptual en términos entrópicos previamente.

Por otro lado, desde la visión organicista inseparable en estos términos, sobre todo sociales, Hebert Spencer (1862) trató el tema energético y organicista también como elemento trascendental de análisis , al grado de incluirlo como parte dinámica de la teoría de la evolución, ya que relacionaba el consumo de energía con el grado de "evolución" de las sociedades (Bringezu et al., 1997).

En 1991, Peter Baccini y Paul H. Brunner publicaron su obra "Metabolism of the Anthroposphere", con lo que metodológicamente realizan una aportación que fortalece el análisis de los sistemas socioeconómicos integrados al sistema ecológico con esta visión analógica orgánica de la biología, sobre todo a una escala regional y nacional. Este esfuerzo se fundamenta sobre una visión más cuantitativa, pero no por ello menos útil, sino complementaria y fundamental para el diálogo y toma de decisiones. Aún más para la práctica política en administración pública, que requiere de estos elementos para poder hacer asequibles los cambios y redireccionamientos.

En el año 2011 con la obra "Metabolismos, naturaleza e historia", Manuel González de Molina y Víctor Toledo presentan una visión metabólica con una

mirada histórica de las transformaciones socioeconómicas, por supuesto desde los flujos metabólicos. En este mismo sentido, con un aire renovado e integrando la aplicación del concepto de entropía social y el análisis desde una visión no cibernética del metabolismo social, los mismos autores presentan en el año 2014 la obra “The Social Metabolism. A Socio-Ecological Theory of Historical Change”, hacia este esquema de la operación no determinista avanza este análisis.

2.3) Metabolismo de las sociedades y la escuela de Klagenfourt.

En 1997, Marina Fischer-Kowalski et al. utilizaron el término germánico *Gesellschaftlicher Stoffwechsel* para conceptualizar la idea de Metabolismo socioeconómico (Fischer-Kowalski et al., 1997), también utilizado como metabolismo social. Así, este concepto describía “… la forma en que las sociedades organizan el intercambio de materia y energía con su ambiente natural” (Fischer-Kowalski & Haberl, 1997).

En el mismo año, con la participación de Fischer-Kowalski el Wuppertal Institute for Climate, Environmet and Energy Science Center publicó el trabajo “Regional and national material flow accounting: from paradigm to practice of sustainability”, en él se hace énfasis en que para avanzar hacia un *desarrollo sustentable* es necesario lograr tener a disposición metodologías que describan el “*metabolismo de la antroposfera*” y transferir los resultados analíticos a la práctica política. Además, se presenta a la metodología de análisis de flujos de materiales (MFA, por sus siglas en inglés) como una poderosa herramienta para describir el metabolismo de las sociedades y conectar conceptos como la propiedad, el trabajo, la distribución y estilos de vida (Fischer-Kowalski et al., 1997).

El análisis metabólico socio-económico es un concepto robusto que permite integrar el enfoque de las ciencias sociales y ciencias naturales. Esto último es de suma relevancia teórico-conceptual, ya que a lo largo de la historia podemos ver, como se describió al inicio, una gran brecha entre las ciencias sociales y las ciencias naturales. Así es posible afirmar que: “uno de los objetivos del enfoque

metabólico es conectar las ciencias sociales y las ciencias naturales, particularmente entre la sociología, la economía en una mano y la ecología en la otra" (Haberl, 2001, p. 19).

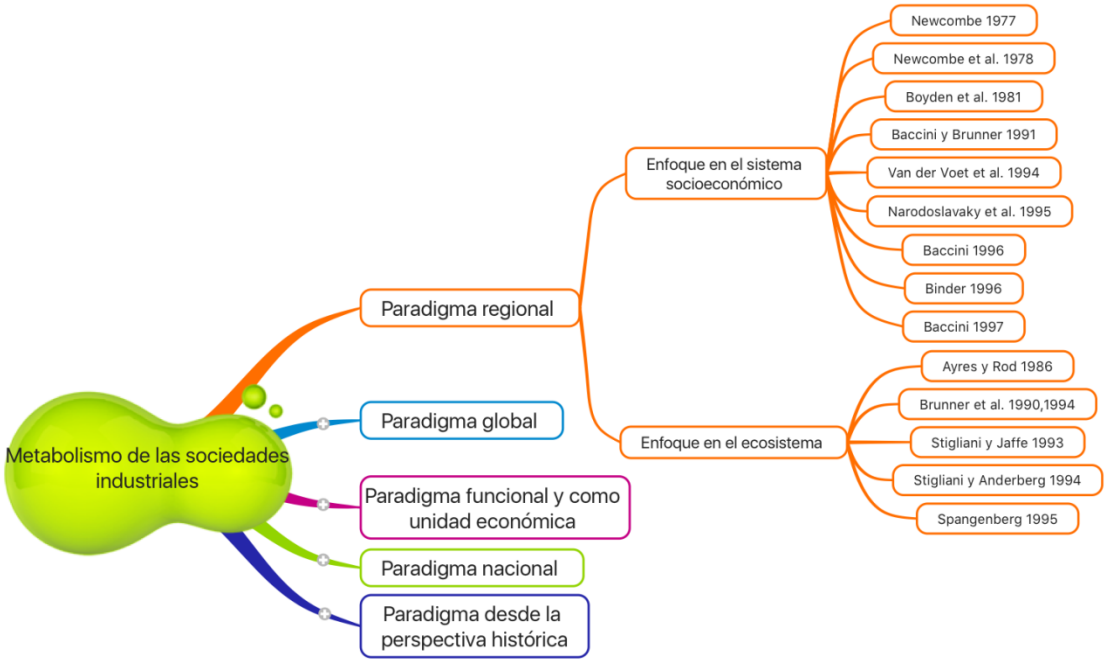
Desde esta aproximación se utilizan herramientas que potencian el análisis que lleva a comunicar los flujos de las prácticas sociales con los eco-sistémicos, más específicamente en lo que respecta, en este caso, al área energética. Desde esta visión Haberl también afirma que: "…mediante la utilización de la contabilización de los flujos energéticos sociales es posible dar un tratamiento a la sociedad como un componente del ecosistema". En ese mismo orden de ideas, esta concepción nos ayudaría a dimensionar de una manera directa la relación e impactos energéticos y materiales de los flujos de las dinámicas sociales.

Con esto encontramos, cuando menos desde el análisis teórico, una manera de transitar hacia una búsqueda para reconciliar la sociedad y la naturaleza, en una ruptura manifiesta desde los retos apremiantes actuales. Cuestión que no sólo se hizo patente desde la separación epistemológica científica de objetos de estudio, sino según Víctor Toledo y Gonzáles de Molina, se habían disociado como resultado de una disolución metafísica (Toledo & Gonzales de Molina, 2011). Lo que nos remite, en esencia, de nuevo a la cultura griega y sus orígenes en los debates filosóficos clásicos. El elemento práctico de esta oportunidad se aproxima desde ejercicios como el realizado en este trabajo.

La delimitación y/o clasificación de los aportes desde el esquema metabólico es difuso. Regularmente las aportaciones al análisis metabólico de las sociedades, vienen desde una dimensión compleja y multifacética (Fischer-Kowalski, M., & Hüttler, 1998). Para ilustrar esta diversidad y las múltiples aportaciones realizadas en este sentido Fischer-Kowalski realizó un análisis de la literatura relacionada con el enfoque metabólico de las sociedades industriales entre 1970 y 1998, esta última fecha de la publicación del trabajo. Las aportaciones fueron clasificadas desde una perspectiva global, nacional, regional e histórica. Así como en una clasificación en un nivel posterior a esa primera, clasificando los autores cuyo enfoque se encontraba en mayor medida en el sistema socioeconómico y en el

sistema eco-sistémico. Algunos de los autores y trabajos señalados en esta clasificación en la perspectiva de análisis regional, se han mencionado previamente. Para transitar hacia una visión más orgánica y tendiente a una perspectiva en red, se presentan los autores y los años identificados por Fischer-Kowalski en la Ilustración 7 en una representación de mapa mental.

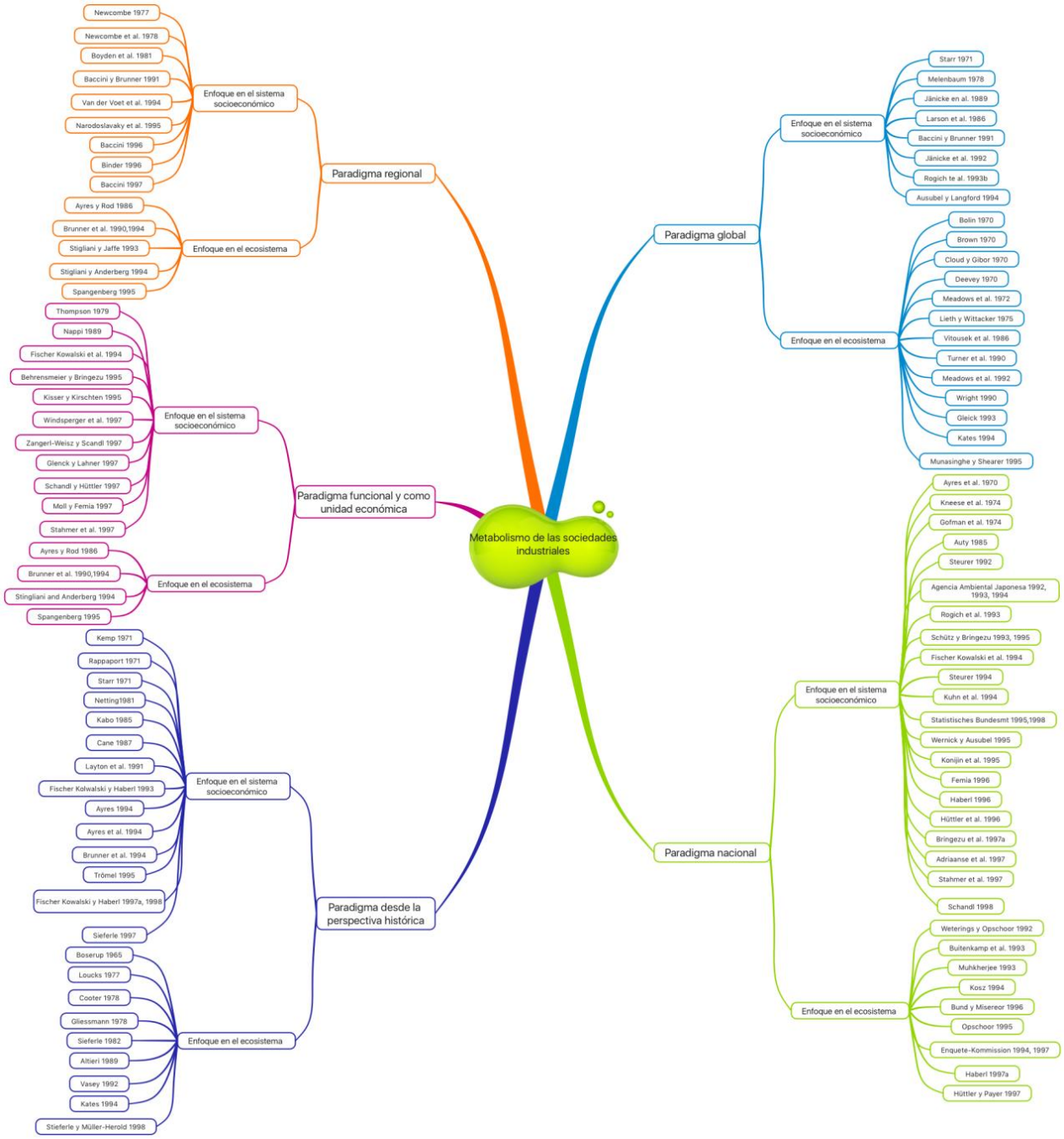
Ilustración 7. Mapa mental esquemático con autores con aportes al análisis del metabolismo de las sociedades entre 1970-1998 desde el paradigma o análisis regional.



Fuente: elaboración propia a partir de Tabla 1 de (Fischer-Kowalski, M., & Hüttler, 1998).

Para ejemplificar aún más la complejidad de aportes y visiones, en la Ilustración 8 se presentan de manera amplia los autores con aportaciones en los paradigmas con enfoque global, funcional y como unidad económica, nacional y desde la perspectiva histórica identificados por la autora mencionada anteriormente. Es interesante mencionar que algunos de estos aportes pueden ser identificados en uno o dos paradigmas de análisis y/o trabajo.

Ilustración 8. Mapa mental esquemático de autores con aportes al análisis del metabolismo de las sociedades entre 1970-1980.



Fuente: elaboración propia a partir de Tabla 1 de (Fischer-Kowalski, M., & Hüttler, 1998).

2.4) Desde el metabolismo social hacia el énfasis energético.

El tema energético tiene un entramado fundamental en las interacciones metabólicas. No sólo desde el punto de vista eco-sistémico y biológico como fuente esencial y primigenia de operación y funcionamiento, sino también como elemento toral de la sociedad actual. Por su puesto, en este orden de ideas, la energía es un aspecto fundamental de análisis en las interacciones entre la sociedad y el ambiente (Haberl, 2002).

En el año 2001, Haberl[27] propuso una metodología para para analizar el metabolismo energético de las sociedades, con ello pone en la balanza los diferentes modos de subsistencia de cazadores-recolectores, agricultores contemporáneo y la sociedad industrial actual. El enfoque hace énfasis en los flujos energéticos mediante estimaciones de unidades energéticas por unidad de tiempo. Fundamentalmente analizados en la unidad de medida del Sistema Internacional de Unidades, el Joule (J).

El modo de subsistencia puede ser definido como el conjunto de interrelaciones de la sociedad-ambiente asociado a características específicas de la organización social (Fischer-Kowalski et al., 1997). En ella se toman en cuenta los inputs de todos los materiales intensivos en energía o inmateriales (como pueden ser electricidad) que se intercambia entre la sociedad y el ambiente; también integra los flujos “nutrimentales” energéticos integrados hacía los seres humanos y los stocks considerados “vivos”, y además toma en consideración todos los input de biomasa. Con ello se amplía la mirada hacia un análisis aún más orgánico. Es decir, la analogía celular metabólica se agudiza hasta incluir (de manera analógica) elementos tróficos energéticos del sistema analizado.

[27] Helmut Haberl es investigador del Instituto de Ecología Social de la Universidad de Klagenfurt, Viena. Metodología desarrollada en: The Energétic Metabolism of Societies Part I & II.

Los modos de subsistencia y organización social pueden ser caracterizados por su perfil energético. Bajo el esquema de cazadores-recolectores la organización se establece en grupos pequeños, regularmente de 20-50 individuos, nómadas, abastecidos energéticamente por materiales y substancias provenientes de los procesos de fotosíntesis; la cantidad de energía asociada por individuo podría estar entre los 1 MJ/día – 2.5 MJ/día dependiendo de las condiciones climáticas como temperatura, humedad, actividad realizada entre otros (Haberl, 2002), bajo una dieta "disponible" de 2,000 kcal/día el equivalente energético sería de 8.4 MJ/día. Sin embargo bajo condiciones adversas las ingestas energéticas se reducen considerablemente, el territorio de BCS sería un escenario complicado para la subsistencia. Estas estimaciones pueden ser consideradas como le "energía humana equivalente" (Boyden, 1992). La energía primaria necesaria para detonar la ingesta diaria se estima que es más del doble, Haberl considera 7 GJ per cápita al año. En un estado posterior al prístino de cazadores-recolectores, la utilización del fuego por parte de estos grupos detonó la utilización de energía que no estaba dentro del esquema de ingesta directa al organismo. La energía necesaria para la cocción de los alimentos ingeridos podría variar de entre 1.5 a 2.7[28] veces más de energía, es decir, estaría entre 15 MJ/día – 6.75 MJ/día; Boyden toma el valor de 3.5 GJ/cápita/año, es decir 9.6 MJ/día[29]. Para el caso de BCS estaría más cercano a 6 MJ/día. En la región analizada y debido a las condiciones adversas climáticas y territoriales la intensidad energética bajo el régimen cazador-recolector estaría estimada en, 0.91[30] GJ/cap./año ingesta energética directa; 1.85[31] GJ/cap./año por utilización de biomasa para cocción de los alimentos; 5[32] GJ/cap./año, de energía necesaria para la generación de la ingesta directa.

[28] Estimaciones realizadas en base a estudios de FAO y datos desarrollados en el tema energético de este trabajo.
[29] Con base en un año de 365 días.
[30] Con un estimado de consumo diario de 2.5 MJ.
[31] Con un estimado diario de 5 MJ.
[32] Haberl estima 7GJ/cap./año, sin embargo debido al tipo de vegetación desértica y semidesértica predominante, la producción en biomasa es menor.

El cuerpo humano puede emitirá arriba de 100 watts durante una sesión de trabajo o ejercicio arduo continuo (Haberl, 2002). Por lo regular una persona adulta sana no puede exceder los rangos de entre 50 y 90 watts (0.18 MJ/h y 0.32 MJ/h), comparativamente un animal de la familia de los bovinos estaría en el orden de los 200 – 300 watts (0.72 MJ/h – 1.08 MJ/h), mientras que un buey de carga podría desarrollar más de 500 watts (Smil, 2004), arriba de 1.8 MJ/h. La explotación de carbón permitió pasar de tener la disponibilidad de no más de 20 MJ/kg de biomasa seca a 29 MJ/kg. Bajo el esquema analizado en esta sección el trabajo humano disponible con un estimado de 4 horas diarias de trabajo sería de 0.2 GJ/cap./año (Haberl, 2002). Por otro lado sería también importante la contabilización de la energía disponible y/o utilizada para la cocción de alimentos con una fogata rudimentaria, en esta caso asumiendo un 20% de eficiencia obtendríamos para BCS un estimado de 0.37 GJ/cap./año, los otros 1.48 GJ/cap./año se disipan en el ambiente sin ninguna utilidad.

La importancia del estudio de los flujos energéticos se presenta como una parte fundamental en el análisis metabólico (y también de sustentabilidad de los sistemas particulares y en general), no solo porque los flujos energéticos tienen la capacidad de incrementar los flujos materiales dentro del complejo metabólico (Haberl, 2001), sino además porque puede ser “redireccionados” para disminuir la cantidad de materiales exportados o por otro lado generar modificaciones materiales que redunden en una disminución de los consumos energéticos (como pudiesen ser los materiales aislantes).

Retomando el dialogo entre las ciencias sociales y las ciencias naturales, y partiendo del análisis enfocado en los flujos energéticos, la energía funge como un concepto unificador entre el sistema social y el ambiente, debido a que es posible analizar los intercambios desde una visión más afable y con capacidad de interlocución conceptual. Esta visión, ayuda a poner en contexto más directamente muchos de los temas que se presentan como posibles soluciones para lograr una sustentabilidad o cuando menos caminar hacia ella.

Entre estas soluciones propuestas, se presentan fuentes alternativas de energía (alternativas a las fósiles). Entre estas pueden estar: la hidráulica, en cierta medida la utilización de biomasa, la energía solar, eólica o nuclear. La mayoría de ellas, desde una visión sistémica, presenta problemas teórico – sistémicos en cuanto a las leyes entrópicas, espacio – temporales o de tiempo de recuperación energética o financiera. Muchas de estas restricciones se encuentran ocultas entre el entramado complejo. El análisis de flujos tiene el anhelo fundamental de visibilizar estas restricciones, y con ello tomar mejores decisiones.

Desde el enfoque energético se hacen visibles con el análisis metabólico de manera más clara estas restricciones. Como ya lo ha analizado Haberl, existen diferentes esquemas y consumos energéticos ligados a estilos o modos de subsistencia (Haberl, 2002), en los que por un lado, aparentemente se da cuenta del cumplimiento de leyes físicas y por otro nos esboza caminos para tomar mejores decisiones. De nueva cuenta aparece una danza entre determinismo newtoniano y naturaleza estocástica. Es necesario pues ampliar este tipo de análisis y llevarlo eventualmente al dialogo social y político.

2.5) Metabolismo energético de las sociedades.

El enfoque metodológico específico en el que se basa este trabajo es la metodología ya descrita, desarrollada desde la escuela de ecología social de la Universidad de Klagenfurt, en Viena. Esencialmente el esquema utilizado por Helmut Haberl, con el enfoque desarrollado durante el año 2001 y 2002; que trata del metabolismo energético de las sociedades[33].

La metodología aplicada en este trabajo se desarrolla sobre una visión integral del concepto metabólico. No sólo trata los flujos energéticos, por ejemplo, de combustibles fósiles, sino que integra los flujos de energía disponible para alimentación humana, alimentos en general y animales (como ya se había descrito

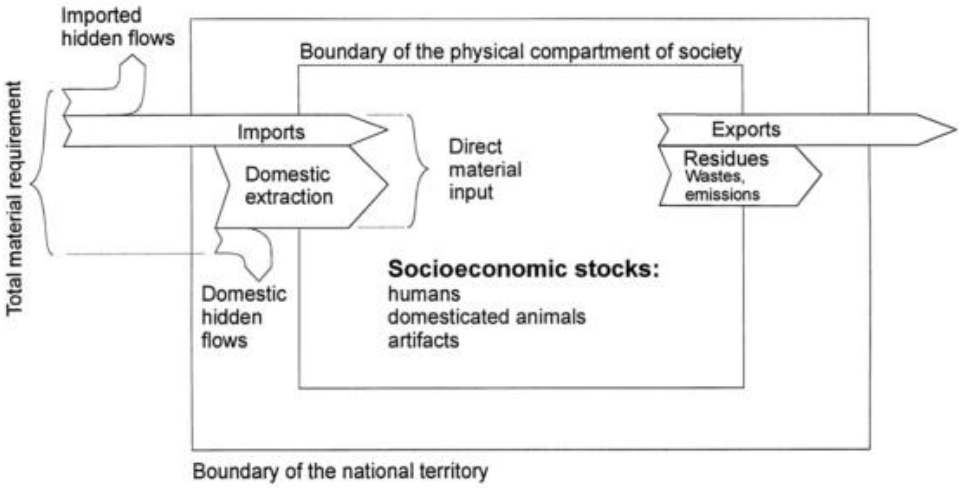
[33] The energetic metabolism of societies. Part I: accounting concepts (2001). The energetic metabolism of societies. Part II: empirical examples. Presentados en: Journal of Industrial Ecology. http://mitpress.mit.edu/JIE

de manera general con anterioridad). Esta aproximación, fundamentalmente hace más claras las vulnerabilidades o retos planteados hacia una sustentabilidad metabólica.

Haberl, propone el análisis energético bajo tres sectores: el correspondiente al consumo humano, el correspondiente a la energía utilizada por “artefactos” (edificios, herramientas, máquinas) y finalmente el correspondiente a los flujos de los “stocks vivos” o animales domésticos (Haberl, 2001), esto se observa esquematizado para un ámbito nacional en la Ilustración 9.

Los principales conceptos representados en el análisis sería los de: la energía total suministrada como fuentes primaria de energía, conformados por aquellos materiales energéticos extraídos directamente del ambiente natural (biomasa, combustibles fósiles, energía solar, energía hidráulica, energía eólica); la energía primaria convertida en otro tipo de energía como energía final; el uso final de la energía, identificada como toda aquella energía que “compran” los usuarios finales para proveer servicios (relaciones inmateriales como por ejemplo la climatización de un lugar cerrado), producir o consumir de alguna manera; finalmente la energía “usada”, en este caso por máquinas, vehículos, procesos industriales o procesamiento de datos.

Ilustración 9. Diagrama esquemático de un análisis nacional de flujos.



Fuente: (Haberl, 2001).

Para México, actualmente parte de este tipo de información es generada hasta ciertos niveles de detalle por la Secretaría de Energía (SENER) que publica datos por entidad federativa a través de su portal del Sistema de Información Energético (SIE), así como el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI), también en conjunto la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Que si bien se puede usar para los balances energéticos nacionales y estatales con los datos esenciales que se muestran en la Ilustración 9Figura 4, esta información está enfocada al análisis económico, y por lo tanto, en la toma de decisiones con base en esas directrices, principalmente costo-beneficio, carente del enfoque eco-sistémico y su relación con las prácticas sociales (en mayor detalle). Mucho menos, el costo de las implicaciones del cambio climático está integradas a los costos-beneficios.

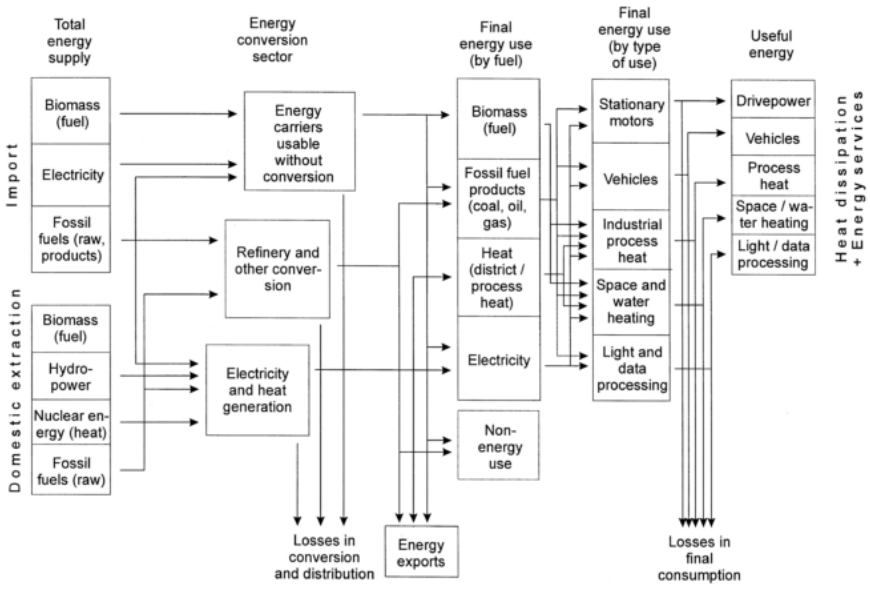
Continuando con la óptica de Haberl, para el análisis energético se propone el uso del parámetro Direct Energy Input (DEI) y Total Primary Energy Input (PEI). El primero se define como la cantidad total de energía que entra al sistema socioeconómico haciendo la diferenciación entre importaciones y extracción doméstica.

Las extracciones domésticas pueden estar constituidas principalmente por la utilización de biomasa de desechos agrícolas o de recursos forestales, posteriormente pueden ser convertidos a flujos de energía dependiendo de su poder calorífico. El segundo concepto estaría conformado por los inputs directos de energía más los flujos “ocultos” implícitos en el transporte de materias primas, energéticas o por otro lado biomasa no utilizada que se reintegra al suelo, por ejemplo. En suma, son todos aquellos inputs que son movilizados para la importación de los flujos al sistema analizado, pero que no cruzan la frontera (Haberl, 2001). En este caso, en referencia a la frontera de análisis.

En el análisis de este trabajo caso por con datos oficiales en cuanto a los requerimientos energéticos movilizados y/o utilizados para la transportación materiales energéticos a la región, se integran cuantitativamente los datos energéticos al análisis una vez que estos cruzan la frontera administrativa estatal.

Los flujos internos del sistema se clasifican como final energy (FE) y useful energy (UE), la energía final estaría representada como aquella que utilizada por “artefactos” dentro del sistema socioeconómico o como materias obtenidas por un proceso de refinación como puedes ser el diésel o el biogás, también concebida como la electricidad disponible para ser utilizada para generar trabajo, después de haber designado los otros parámetros y haber eliminado las pérdidas y flujos ocultos. El segundo parámetro estaría representado por aquella energía presente como un medio de transferencia de calor o la “potencia en eje”, es decir la energía disponible para generar movimiento, y posteriormente trabajo. En el caso del análisis para el estado de BCS muchos de estos flujos no se presentan de manera directa y es necesario agruparlos conceptualmente, ya que como se describirá en el marco contextual, el estado no cuenta con producción “interna” de combustibles fósiles, ni refinerías o procesos de tratamiento a combustibles; prácticamente toda la energía fósil que se utiliza viene de fuera del sistema. Con algunas pequeñas excepciones que no son determinantes.

Figura 4: Esquema Haberl para los flujos energéticos en los balances nacionales de energía.



En la aplicación práctica de esta metodología, para el caso que se desarrolla en este trabajo los datos se pueden integrar aún más, pues en lugar de realizar

este análisis en una esfera nacional se lleva para México a un caso estatal, donde muchos de los elementos de análisis esquemáticos observados anteriormente quedan sin efecto o se pueden agrupar.

Específicamente Haberl identifica esta metodología descrita aplicable para un ámbito regional (Haberl, 2002), como es el caso. Identifica también saltos cuantitativos y cualitativos a través de los diferentes modos de subsistencia en el metabolismo energético social. Estos cambios desde las sociedades de cazadores-recolectores, sociedades agrícolas y sociedades industriales se ejemplifican en el trabajo descrito con consumos característicos de la cantidad de Joules per cápita anuales (J/cap.*año), los cuales cuantitativamente mostrados en el trabajo de Haberl corresponden a 10, 76 y 251 GJ / cápita / anuales, respectivamente. Más adelante se abunda sobre estos elementos.

2.6) Consideraciones cuantitativas metabólicas.

En el aspecto energético humano, cuantitativamente para el análisis en la metodología, Haberl toma en cuenta que un individuo en una jornada activa de trabajo emite arriba de 100 Watts por hora de trabajo. En una jornada de ocho horas esto sería 0.8 kW/h por día (Haberl, 2001).

También toma como punto de partida, para el esquema energético eléctrico que 1 kW/h es equivalente a 3.6 MJ, equivalencia que también corresponde a la utilizada en el grueso de los trabajos conceptuales.

Evidentemente, en el caso energético humano, este parámetro variará dependiendo de muchos factores; los cálculos de Haberl se basan en una ingesta calórica de 2,000 kcal por día equivalentes a 8.4 MJ. En este mismo sentido, asumiendo que la mayor parte de la ingesta alimentaria proviene de biomasa vinculada a las cosechas; el valor típico energético del contenido de 1 kg de biomasa estaría en el orden de los 18 MJ/kg. En términos de ingesta diaria de

alimentos, bajo las consideraciones mencionadas, esto podría estar representado por una masa de 0.5 kg por día de ingesta alimentaria (Hulscher & Hommes, 1991), valor que está en la misma escala promedio de lo presentado por Baccini y Brunner (0.62kg por día). Es decir, una variación de entre medio kilogramo y 0.6 kilogramos de alimentos.

Bajo las consideraciones de las conclusiones de Santorio Santorio, y por otro lado los estudios más recientes de parámetros metabólicos para el diseño de hábitats en el espacio (Baccini & Brunner, 2012; Rechberger & Brunner, 2005); en el mismo orden de ideas, esto correspondería a unos 180 y 226 kilogramos al año de alimentos. Las cantidades obtenidas por diversos autores convergen cuantitativamente en el mismo orden.

Además, en la metodología y los estudios prácticos se concluye que a lo largo de la historia estos parámetros energético-materiales de consumo humano han permanecido más o menos constantes (consumo endoenergético) entre etapas espacio – temporales. Sin embargo la energía utilizada fuera de la ingesta del organismo humano (consumo exoenergético desde el marco autorreferencial humano), bajo los diferentes tipos de organizaciones sociales han cambiado drásticamente; la población mundial se ha cuadruplicado entre el año 1900 al año 2000, sin embargo el consumo de energía comercial ha pasado de 14 GJ a 60GJ anuales; en Estados Unidos ha llegado a 340 GJ/cap.*año; en Japón 170 GJ/cap.*año; China pasó de 13 a 30 GJ/cap.*año.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) a través de estudios ha obtenido que en una casa habitación “típica” requiera de 500 kilogramos por año de biomasa seca como combustible para cocinar los alimentos, es decir hasta un poco más de 2.7 veces más masa (con contenido energético) que la masa necesaria para la alimentación humana.

Cuantitativamente los parámetros de estas estimaciones indican que se podrían requerir, en términos energéticos, un total 1.35 kilogramos de biomasa

para preparación de alimentos diarios. Cabe mencionar que de acuerdo a datos empíricos recabados en la región de BCS los parámetros de utilización de biomasa para la cocción de alimentos se encuentran dentro de estas dimensiones, ya que en las áreas de esta región donde se utiliza este combustible se consume un aproximado de "una carga[34]" de leña a la semana, está puede variar en peso entre 7 y 10 kilogramos, es decir entre 336 y 480 kilogramos al año[35]. El equivalente energético necesario estaría en el orden de entre los 6,048 MJ y los 8,640 MJ de energía anual para la preparación de alimentos por casa habitación.

Como referencia, para la asignación de cargas eléctricas por casa habitación en zonas habitacionales de lo que hoy forma el centro de la ciudad capital del área de estudio, en cuanto a energía eléctrica se refiere, la CFE asigna un promedio de 3 kilo Volts-Amperes (kVA). Este parámetro de consumo varía entre 1kVA y lo asignado. Es decir, estos asentamientos humanos podrían consumir el equivalente de entre 3.6MJ y 10.8 MJ por hora. Etas diferentes dimensiones de consumo energético pueden ser apreciadas en la Tabla 1.

Tabla 3: Tabla con estimaciones de consumo de energía en diferentes escalas.

Escala y uso	*Energía MJ/año*
Individual.	3,066 – 13,225[36]
Casa habitación (para preparación de alimentos).	6,048 – 8,640[37]
Casa habitación para abastecimiento de energía eléctrica.	15,768 – 94,000[38]

[34] Una carga de leña es la medida utilizada en el área rural de la región para señalar la cantidad de leña que se alcanza a circundar con los dos brazos hacia el frente del cuerpo; dependiendo del tipo de madera y la humedad contenida en ella podría variar entre 7 y 10 kilogramos. La biomasa de mejor calidad, como la proveniente del árbol conocido como Mezquite (Prosopis spp) es de mayor densidad y alto poder calorífico (SEMARNAT, 2010), lo que podría variar los resultados en algún porcentaje no significativo.

[35] Dato recabado por el autor en la zona rural, las periferias de la ciudad de La Paz y en entrevistas a personal involucrado en programas asistenciales de la zona rural en BCS.

[36] Cálculo mínimo a partir de la equivalencia de la ingesta energética individual presentada por Haberl. Cálculo máximo obtenido a través de la estimación del equivalente energético del consumo nacional de alimentos para el año 2007 estimado en 734.7 kg/hab*año presentado(Carlo, Ramos, Campos, & Rentería, 2012). Para el análisis en este trabajo se parte de un consumo mínimo humano para poder hacer comparaciones temporales entre los diferentes sistemas de organización y las implicaciones sistémicas.

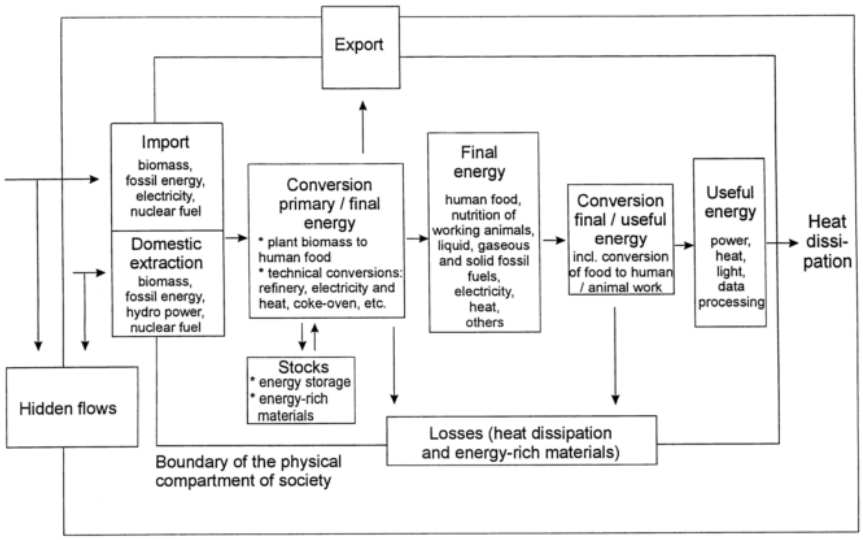
[37] Cálculo a partir de los parámetros de cargas de leña en BCS y su capacidad calorífica promedio 18MJ/kg.

Energía recibida por una hectárea de superficie en la Tierra.	22,907,400 - 61,086,400[39]

Fuente: elaboración propia.

Estos criterios cuantitativos son aplicados de manera global para los diferentes modos de subsistencia, calcificando los flujos en los parámetros de importaciones, exportaciones, las conversiones energéticas domésticas y finales, así como los caminos hacia las fuentes de consumo y/o conversión final de la energía (ver Figura 5).

Figura 5: Esquema de la metodología teórico-conceptual presentada por Haberl.



Fuente :(Haberl, 2001, p. 27).

2.7) Una mirada sociológica de la energía y materiales.

Como ya se ha dejado plasmado en trazos conceptuales, los flujos de energía y materia a través del sistema social no se explican por sí solos, sino que al estar

[38] Cálculo a partir de un valor mínimo estimado de consumo de 0.5kWh hasta 3kWh, el último parámetro sería un caso extremo que prácticamente obligaría al usuario a saltar al siguiente esquema de carga. Por supuesto que se presentan casos.

[39] Estimación realizada con valores de 15 – 40 millones kcal por 1 hectárea por día, con una equivalencia de 4,184 J por cada kcal (Pimentel & Pimentel, 2008). Tomado el año con 365 días. Las plantas son capaces de capturar solo el 0.1% de esa energía (Ibíd.).

interactuando con las funciones sociales se integran a los procesos de significación, y fundamentalmente por lo tanto, también de comunicación.

Desde Spencer hasta Luhmann con su trabajo Ecological Commnuication (Luhmann, 1989), se asignan relaciones complejas a la interacción simbólica social, de manera general, y muy particular en otros casos, hasta llegar a integrar la energía como elemento esencial de la sociedad.

Muchas edificaciones se erigen para simbolizar o representar una idea. James Keirstead y Nilay Shah (2013) nos remite a pensar el Taj Mahal o la Casa Blanca o por otro lado en cualquier extensión de un vecindario (Keirstead & Shah, 2013b); podemos pensar también en el Pentágono, sede del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, o en la Alhambra[40], una verdadera ciudad dentro de la ciudad de Granada, en España; como testigo de la expansión del imperio y cultura musulmana que se llegó hasta la región al-Andalús.

Como lo afirma Castells (2012), las relaciones sociales fluyen a través del espacio y tiempo principalmente mediante las relaciones, codificaciones e intercambios simbólicos (Castells, 2012). El intercambio simbólico no es algo nuevo de nuestra era, sino que está ligado al ser humano como actor social desde elementos que se pierden en la historia.

Para ilustrar el aporte de esta idea desde diferentes ángulos, es oportuno recordar la frase adjudicada a Octavio Paz, premio Nobel de Literatura en 1990, donde señala que “la arquitectura es el testigo insobornable de la historia, porque no se puede hablar de un edificio sin reconocer en él, el testigo de una época, su cultura, su sociedad, sus intenciones”. La arquitectura, las obras artísticas, los modelos de transporte y hasta las mismas urbes se erigen como más que materia y flujo de materiales. Como símbolos mismos representantes de una idea, de una cultura, de costumbres y hábitos sociales.

[40] Información disponible en su versión electrónica en: https://www.alhambradegranada.org/

Baccini y Brunner (2012) también toman en cuenta esta significación, mediante el ejemplo de la ciudad de Shahrisabz[41] en Uzbekistan, una de las ciudades más antiguas del mundo de la ruta de comercio de Asia Central. En el palacio de Aq Saray se lee la inscripción: “If you challenge our power-look at our buildings” (Baccini & Brunner, 2012, p. 3). Con ello se da cuenta de manera muy ilustrativa la representación simbólica de poder, organización y prosperidad asignada a las edificaciones, además de la función intencional de ella. Una cuestión que no sólo se describe y llega desde el mundo antiguo sino que también se hace presente en la estructura social moderna. Estas representaciones pueden ser mapeadas mediante la separación de áreas urbanas con características únicas, hasta llegar también a la distinción de clases sociales (Keirstead & Shah, 2013b).

En el aspecto sociológico existe un factor fundamental que no es posible soslayar, sino que es parte esencial de la fuerza directriz que modela y determina los flujos materiales y energía, la demanda de ellos o la estructuración a través del espacio y el tiempo mediante stocks o infraestructura, al final, urbanas. Esto es una manifestación material de una idea, sentimiento o emoción que se satisface o cuando menos se da cuenta mediante la disposición/adquisición y materialización de estas estructuras, sobre todo, urbanas.

Adam Smith (1790) incluyó en su análisis la naturaleza humana ligada a un deseo de aprobación (Smith, 2005) y/o reconocimiento. Desde la antigua Grecia con Platón se trataba de este deseo de reconocimiento en una de las tres partes del alma descrita en La República (Vargas, 1991). Algo que también retoma Francis Fukuyama (1992), y según su apreciación, es parte de lo que hace la diferencia entre el esclavo y el amo, y finalmente la llegada del final de la historia, ejemplificada desde dos visiones diferentes, por un lado la de Hegel y por otro la de Marx (Fukuyama, 1992).

Así, este deseo de aprobación toma forma en los edificios que elegimos para vivir y los artefactos tecnológicos de los que nos rodeamos (artefactos

[41] Más información en: http://en.unesco.org/silkroad/content/shahrisabz-kesh

incluidos en análisis del consumo de energía en la metodología de Haberl), se realizar pues una asociación (simbólica) de riqueza, poder o sintonía entrelazada con edificios (por ejemplo) grandes que demandan una mayor cantidad de materiales y energía. El deseo de aprobación es así un fuerza principal (abstracta) en la demanda de energía y materiales en los edificios (Keirstead & Shah, 2013a). Esta fuerza se metaboliza desde una dimensión abstracta hacia una tridimensional que parece estar inscrito en la misma naturaleza humana y en algunas otras en la asimetría de la vida misma; pues aunque se dice que la razón es lo que caracteriza al Hombre, la emoción sigue dominando a la acción "cuando uno cambia de emoción, cambia de dominio de acción" (Maturana, 1987, p. 5).

El deseo de reconocimiento, la esencia simbólica de las relaciones sociales materializada en el espacio y el tiempo, la disponibilidad de energía para transformar y mover materia, magnifica en los entramados urbanos la estratificación asociada a niveles socioeconómicos y también se entreteje en una relación mucho más compleja desde los emergentes simbólicos, no sólo materiales sino también semióticos, fundamentalmente desde el discurso y la comunicación. En este sentido, hasta el mismo discurso se estructura a través de patrones cognitivos como una red (Aguilar-Sanjuan et al., 2013), que tiene también efectos en esa fuerza humana de pensamiento y estructuración simbólica en la sociedad. De nuevo, en un sistema complejo y en los nodos de la red, es complejo (siendo redundantes) identificar los efectos y las causas.

Además los cambios científicos y sociales, desde Lorenz hasta Prigogine, modificaron la idea de equilibrio y/o estabilidad ya establecidos en el siglo XVII. Es posible identificar pues a la sociedad en esta época como la *sociedad de la incertidumbre*, identificada con su estado actual (Suárez, Bajoit, & Zubillaga, 2013). Esto, observado desde diferentes agendas se puede manifestar en cuestiones que van desde cambios tecnológicos y culturales hasta sentimientos de ansiedad, banalidad o violencia. Al ser esto una red compleja donde la energía y la materia tienen una relación sociológica, eventualmente, también se verán

consecuencias desde este aspecto como satisfactores y/o vínculos hacia esos estados.

Finalmente, se considera fundamental presentar como conclusión de esta sección, una parte textual de lo descrito por Prigogine en la Conferencia Tanner en la Universidad Jawaharlal Nehru en Nueva Delhi el 18 de diciembre de 1982, en el camino de su obra ¿Tan solo una ilusión? (ya citada con anterioridad).

> Empezaré con una anécdota del joven Werner Heisenberg, en cierta ocasión, cuando paseaba con Niels Bohr durante una visita al castillo de Kronberg. Heisenberg pone en boca de Bohr la siguiente reflexión: ¿No es extraño como cambia este castillo al rememorar que Hamlet vivió en él?
>
> Como científicos, creemos que un castillo es una simple construcción de piedra y admiramos al arquitecto que lo proyectó. Las piedras, el tejado verde con su pátina, las tallas de la capilla, es lo que forma el castillo. Nada debería cambiar por el hecho de que Hamlet viviera en él y, sin embargo, cambia totalmente.
>
> De pronto, muros y almenas hablan otro lenguaje y, en definitiva, de Hamlet sólo sabemos que su nombre figura en una crónica del siglo XIII, pero nadie ignora los interrogantes que Shakespeare le atribuye, los arcanos de la naturaleza humana que con él nos abre, y para ello tenía que situarle en un lugar al sol, aquí en Kronberg.

Así la realidad no puede ser solo abordada desde el umbral “duro” científico, sino que justo tiene una significación simbólica social que emerge desde un sistema complejo en discurso, pensamiento y vida.

2.8) . Metodología para estimación de emisiones

Para la estimación de las emisiones ligadas al uso de combustibles fósiles se utiliza la metodología del IPCC. Bajo las directrices para el cálculo de emisiones para inventarios nacionales de 1996 para energía.

3) CAPÍTULO III: MARCO CONTEXTUAL

El proceso metabólico socioeconómico difícilmente se puede explicar y entender sin hacer un recorrido histórico. Los saltos en los flujos metabólicos identificados por Haberl a través de las diferentes estructuras de organización social se presentan de manera similar en diferentes regiones del planeta.

En el caso de BCS es muy notoria la identificación de los saltos históricos que marcaron el tránsito hacia los nuevos esquemas de organización de la sociedad. Para este estado la época industrial típica de otras latitudes es sustituida por un desarrollo industrial turístico que continua hasta la fecha y por un cambio de política pública en el esquema agrícola y de apoyo al campo.

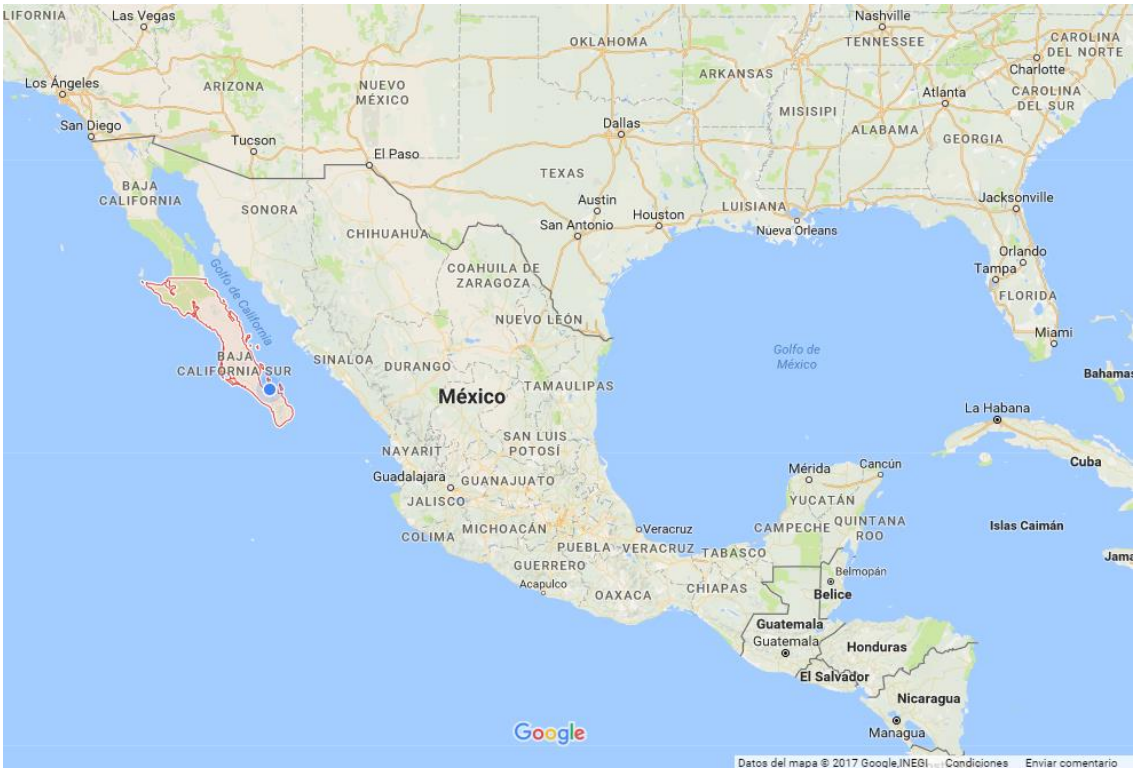
En esta sección no se realiza un recorrido de hechos históricos generales, sino de los parámetros metabólicos determinantes las y características que cualitativamente y cuantitativamente modificaron los flujos metabólicos en tiempo y espacio. El análisis integral se realiza en el capítulo siguiente.

3.1) Características del estado de Baja California Sur.

BCS es uno de los estados más jóvenes de México, fue creado por Decreto Presidencial el 8 de octubre de 1974 (INAFED, 2015). El espacio geográfico del estado es muy peculiar, siendo un estado peninsular, está rodeado de mar. Para fines prácticos se puede conceptualizarlo como una isla (ver Ilustración 10).

Cuenta con 2,131 km de litorales, lo que representa el 19.2% del total nacional. Ocupa el noveno lugar del país en extensión de territorio con 73,909 kilómetros cuadrados. Actualmente cuenta con 5 municipios: La Paz (cabecera estatal), Los Cabos, Mulegé, Loreto y Comondú; para el censo del año 2010 la capital era la más densamente poblada con un total de 251,871 habitantes.

Ilustración 10. Mapa de la República Mexicana y estado de Baja California Sur en contorno color rojo.



Fuente: Google Maps.

Es un terreno árido y aislado donde predomina en 92% el clima muy seco, el clima seco y semiseco alcanza el 7%, y el clima templado subhúmedo el 1% en la región de la sierra de la laguna[42]. Se han registrado temperaturas superiores a los 40°C, la sensación térmica en gran parte del territorio llega a ser muy superior.

Las precipitaciones son muy escasas y se presentan en la estación de verano, los promedios oscilan en menos de 200 mm al año. Estas condiciones imponen grandes retos para la subsistencia. Existe poca actividad agrícola relativamente, la cual debe ser practicada mediante el riego tecnificado que depende de la disponibilidad de energía, infraestructura, así como cantidad y calidad de agua; sin mencionar los retos que impone la calidad del suelo (ver Ilustración 11).

[42] Información disponible en: www.cuentame.inegi.org.mx

Además, las fuentes de agua del estado, prácticamente son reservas de agua fósil, con algunas excepciones donde se encuentran aguas superficiales, como los oasis aislados a lo largo del territorio. El INEGI presenta al Valle de Santo Domingo como el área de mayor influencia agrícola, con cultivos como el algodón, trigo, alfalfa verde, frijol, jitomate, cártamo, chile verde y papa.

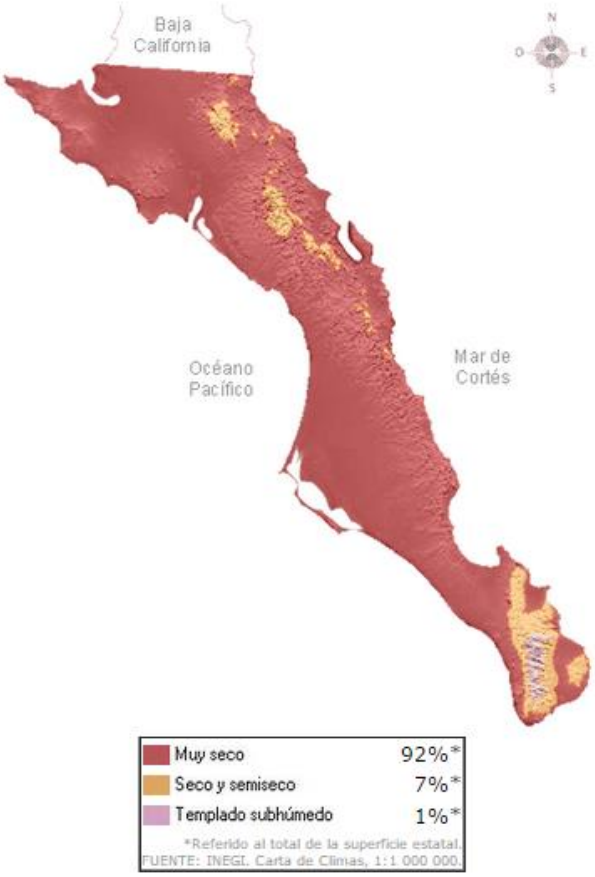
No es de extrañar que con este clima característico, los ríos y lagunas se reduzcan a algunas excepciones en todo el territorio Dentro del sistema territorial existen elevaciones como la sierra de La Laguna con 2,080 metros sobre el nivel del mar (msnm), el Volcán de Las Tres Vírgenes con 1,940 msnm, Sierra El Potrero con 1,740 msnm o Sierra La Giganta con 1,680 msnm entre otras más, así como discontinuidades con valles como el de La Paz o Santo Domingo.

En la cobertura vegetal es muy significativo la cantidad de matorrales en la región, ya que se considera ocupan el 86% de la superficie en la entidad, existen también selvas secas y manglares de costa. En total solo el 2.7% de la superficie estatal se dedica a la agricultura.

La fauna es característica de las regiones desérticas, ente las que se encuentran los correcaminos, zorras del desierto; también conjugados con víboras d cascabel, lagarto escorpión, venado cola blanca y venado bura, entre otros. Dentro de los litorales y el golfo de California por el costado este, así como el Océano Pacifico por el costado oeste es posible encontrar corales, caracoles, sardinilla peninsular, delfines, ballena azul, ballena jorobada, orca, diferentes especies comerciales y deportivas, como el marlín, dorado, cabrilla o atún.

En lo que respecta a la dinámica poblacional, para el censo del año 2010, el INEGI registró un total de 637,026 habitantes. De los cuales 311,593 mujeres y 325,433 hombres. El estado ocupa el último lugar en número de habitantes por entidad federativa. La población se encuentra concentrada prácticamente en la parte sur de la península (La Paz y Los Cabos), el 78% de los habitantes vive en localidades urbanas.

Ilustración 11: Tipos de clima en BCS.



Fuente: INEGI.

En este orden de ideas BCS tiene la menor población y la menor densidad poblacional de la República Mexicana, mientras que para el Distrito Federal (la entidad más densamente poblada), el número de habitantes por kilómetro cuadrado es de 5,920 para BCS es sólo de 9 habitantes, el promedio nacional es de 57 habitantes por kilómetro cuadrado.

La población se ha incrementado considerablemente; desde el censo de 1921 hasta el del año 2010 la población ha crecido más de 16 veces (ver Tabla 4). En la década de 1960 la población creció 1.5 veces, tendencia que se ha mantenido más o menos constate. La esperanza de vida al nacer se ubica en 73.4 años para los hombres y en 78.6 años para las mujeres.

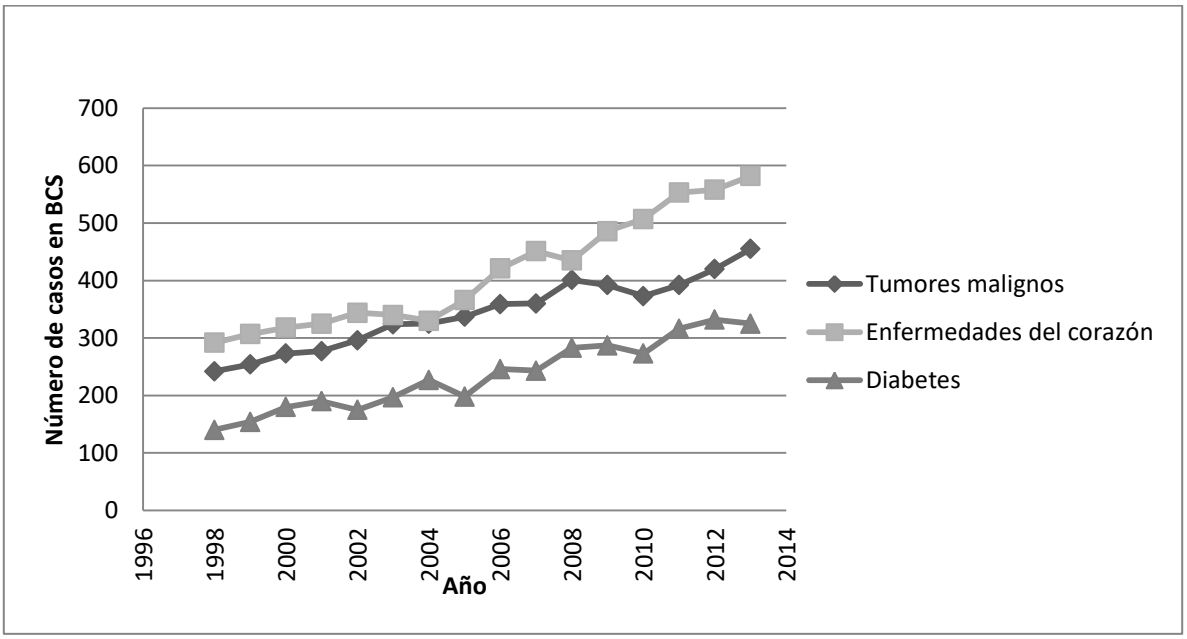
Tabla 4: Censos realizados en BCS desde 1900 hasta 2010.

Año	*Habitantes*
1921	39,300
1930	47,100
1940	51,500
1950	60,900
1960	81,600
1970	128,000
1980	215,100
1990	317,800
2000	424,000
2010	637,000

Fuente: INEGI.

Las principales causas de muerte para el estado son las enfermedades del corazón, los tumores malignos y la diabetes mellitus (ver Gráfica 2). Es notorio el aumento sostenido del número de casos por estas causas, al municipio de La Paz le corresponde la tasa más alta de incidencia de defunciones ligadas a tumores cancerosos.

Gráfica 2: Principales causas de muerte en BCS de 1996-2014.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

La tasa de inmigración interna también es relativamente alta, sólo en el año 2010 llegaron a la entidad un total de 73, 920 personas a vivir a BCS, situación que históricamente se ha presentado en esta región. Primero con el intento de colonización secular y posteriormente con la fiebre de los minerales en el territorio. Esto parece mantenerse en la actualidad, ahora detonado por los desarrollos turísticos.

En el tema de educación el grado promedio de escolaridad para mayores de 15 años es de 9.4, esto equivale a la escuela secundaria concluida. Mientras que a nivel nacional 6 de cada 100 habitantes no saben leer ni escribir en el estado 3 de cada 100 personas de 15 años o más no cumplen con esta característica.

Para el año 2010 en BCS existían 174, 441 viviendas particulares, el 87.7% de ellas cuentan con agua entubada, el 93.7% con drenaje y el 96.7% con energía eléctrica. Para el año 2009, los principales sectores económicos se encontraban distribuidos de la siguiente manera: 3.89% para las actividades primarias, 26.61% para las actividades secundarias y 69.50% para las actividades terciarias. En este último resalta con 28.15% la actividad comercial, hoteles, servicios de alojamiento temporal y preparación de alimentos y bebidas.

Las actividades relacionadas con la construcción, electricidad, agua y gas representan dentro de las actividades secundarias las de mayor aportación al PIB en ese sector; la minería y la industria manufacturera se encontraban en el año 2010 prácticamente con los mismos porcentajes, aunque mantiene los primeros lugares en producción de sal, yeso y fosforita de la República, para el año 2015 se perfilaba como el principal y único productor de cobalto y segundo lugar en producción de cobre en México (Outlet Minero, 2015). Estas materias primas tienen una fuerte presencia estratégica en el ámbito nacional e internacional. BCS es el único estado de la República Mexicana que produce fósforo, el cual se utiliza, en este caso, principalmente para la elaboración de fertilizantes. El material extraído de las instalaciones de las minas de fósforo en B.C.S. es trasladado

posteriormente al puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán; donde se utiliza como base para la fabricación de fertilizantes para abastecer el campo mexicano.

En el caso de la sal producida en el estado, su principal mercado es Japón. De este producto se deriva la producción de hidrógeno, ácido clorhídrico, cloro, blanqueadores e hidróxido de sodio (Montaño & Pérez, 2006). Todos estos derivados son estratégicos en la producción de combustibles, medicamentos, productos alimenticios, cosméticos, potabilización de agua, extinguidores, pesticidas, solventes, químicos industriales, y el de mayor relevancia por las implicaciones comerciales y ecosistémicas es la fabricación de policloruro de vinilo (PVC); este compuesto es utilizado para la fabricación de tuberías, materiales para piso, revestimientos, marcos para ventana, partes automotrices, envases y contenedores de plástico (Montaño & Pérez, 2006).

Por otra parte, el yeso se utiliza para procesos de fabricación de cementos, cerámicas y principalmente para la industria de la construcción, para colocar recubrimientos interiores, fabricación de paneles y de moldes de dentadura odontológica. Un uso trascendente (desde el punto de vista metabólico) es que al igual que la fosforita, el yeso se utiliza para neutralizar los suelos alcalinos y salinos, mejora la permeabilidad de los materiales arcillosos; además aporta azufre que sirve para la mejora de los cultivos, actualmente se utiliza en la remediación ambiental en suelos contaminados con metales pesados (Economía, 2013).

Además de los primeros lugares en extracción de los minerales mencionados B.C.S. cuenta con el primer lugar nacional en producción de albahaca, captura pesquera de calamar, langosta, almeja y cabrilla[43]. Dentro de los productos agrícolas cosechados se encuentran: fresa, como el segundo productor nacional; el garbanzo, como el tercer lugar y el pasto tapete como el segundo productor a nivel nacional.

[43] Datos de: www.cuentame.inegi.org.mx

3.2) Desde la formación de la península hasta la era industrial.

La península de Baja California tiene su origen hace 2 millones de años cuando emerge a la superficie debido a la interacción de placas tectónicas que datan del Periodo Jurásico; debido a la producción de magma emergente bajo la corteza oceánica es posible encontrar brotes geotérmicos que son posteriormente aprovechados en la producción de energía eléctrica (Gobierno de BCS, 2015). Esto se aprovecha en la zona del volcán de las tres vírgenes, adelante se ve reflejado en la matriz energética del estado. Aunque de manera mínima, comparativamente hablado. Sin embargo, encabeza los esfuerzos en este sector a nivel nacional.

En este terreno existen transiciones entre zonas de altas montañas, costas, desiertos y oasis que presentan un refugio para grupos caracterizados por su modo de subsistencia como cazadores y recolectores prehistóricos. Como prueba de aquella presencia se encuentran muchas evidencias como el arte rupestre "… las cuales, constituyen una de las cinco concentraciones de arte rupestre más importante del mundo" (Gobierno de BCS, 2015). Se han encontrado también artefactos para pescar que datan de hace más de 8,000 años en la Isla Espíritu Santo, en el abrigo rocoso llamado la Covacha Babisuri que fue ocupado por grupos humanos hace 11,000 años; en estos vestigios se han encontrado (anzuelos entre otros) que pudiese ser "…un indicador de que la explotación de recursos marinos por los primeros pobladores de BCS, comenzó paralelamente a la caza de megafauna que se hacía en otras regiones de América hace más de 11,000 años" (CONACULTA, 2011).

En la región existió un proceso de colonización secular detonado por expediciones promovidas e iniciadas por Hernán Cortés que concluyeron con un proceso de fundación de misiones, iniciando con la misión de Nuestra Señora de Loreto que se terminó hasta el año 1767 con 16 misiones más (ver . Ilustración 12). Este proceso dio inicio en 1697 con una red de misiones jesuitas, introduciendo un trabajo comunal de la tierra. Sin embargo, la falta de producción

de alimentos en estas áridas tierras fomentó un sistema de visitas de los nativos que alternaba la estancia en siete días y después partían hacia las montañas para dar lugar a otro grupo (Piñeda, 2014). Los intentos de colonización se dificultaron sobremanera.

En este proceso de colonización se presentaron eventos que modificaron tanto a la población como los flujos metabólicos en la región; la disminución de la población nativa que se estima pasó de 40,000 indígenas en la península, hasta antes de la llegada de los colonizadores seculares a 7,000 indios “evangelizados” a la partida de estos misioneros (Piñeda, 2014).

A partir de 1768 se inició otro proceso que impulsaba el sistema español de ciudades. Esta dinámica emplazada por el marqués de Gálvez, nombrado visitador General de Indias por Carlos III (Cariño Olvera & Monteforte, 2008), se implementaba la propiedad privada de la tierra “otorgándose a algunos soldados y españoles de buen carácter moral” (Piñeda, 2014). Se impulsaron además las actividades mineras y la explotación de la pesca de perlas.

Todos estos procesos tuvieron fuertes impactos en los grupos indígenas locales integrados por los grupos pericú, guaycura y cochimí. En esta etapa: “…se empezó a desarrollar una agricultura a pequeña escala vinculada a las necesidades de alimentación y materias primas de las misiones, de un abasto que se caracterizó por una estructura de la producción en la que destacan los cultivos de maíz, trigo, frijol, cebada y caña de azúcar, además del cultivo de la higuera y la vid” (Cariño Olvera & Monteforte, 2008).

Posteriormente, con la decadencia de las misiones y de la mano con algunos eventos, entre los que se encuentran la expulsión de los jesuitas entre 1767 y 1768, se gestó un proceso en el que se desarrollaron sistemas de ranchos que desarrollaron en pequeña escala la agricultura y la ganadería (ver Fotografía 1 y Fotografía 2).

Al asumir Guadalupe Victoria la presidencia de la republica entre 1824 – 1829, fue dividido administrativamente el territorio en cuatro municipios Loreto, San José del Cabo, San Pedro Mártir y Santa Gertrudis (Gobierno de BCS, 2015).

. Ilustración 12: Misiones en la Península de Baja California[44].

Las complicadas características insulares y climáticas de la región hacían muy retadoras el mantenimiento de asentamientos humanos. Por este lado es posible observar de primera instancia que el objetivo primordial de los colonizadores seculares no era la extracción de las riquezas naturales, sino que "…eran prioritarias la agricultura y la ganadería. De hecho, tenían por meta alcanzar la autosuficiencia alimenticia para poder mantener así indefinidamente la autonomía de lo que debía convertirse en una sociedad ejemplar" (Cariño Olvera

[44] Fuente: mapa disponible en su versión electrónica en: http://aviada.blogspot.mx/2011/07/historia-general-de-baja-california-sur.html

& Monteforte, 2008). Esto nunca se alcanzaría, ya que los esfuerzos puntuales de colonización e independencia (en términos metabólicos) a lo largo de la península continuaron de alguna u otra manera siempre dependientes del exterior del sistema insular.

Así, “hacia finales del siglo XVII, la situación respecto al asunto de la colonización de California era la siguiente: su anexión definitiva a la Nueva España se dificulta considerablemente por la escasez de recursos para la subsistencia de los colonos […] quedaba claro que se trababa de una tierra de difícil y costoso acceso, con una naturaleza árida y hostil, y una población de indios salvajes” (Cariño Olvera & Monteforte, 2008, pp. 182–183).

Posteriormente, durante los años 1823, 1824, 1830 y 1854 se expidieron en México sucesivas leyes de colonización para atraer inmigrantes y asignarles terrenos baldíos (SEDATU, 2011). Estas leyes de colonización comenzaron a aplicarse en BCS para el año 1830, esto dinamizó también el número de propietarios de tierras las cuales fueron cedidas para desarrollar la agricultura y ganadería; propietarios que formaron parte medular en la población definitiva de BCS (Piñeda, 2014).

A partir de estos hechos se inició con el desarrollo de la ganadería y la agricultura en la península con un esquema más intensivo, aunque de manera un tanto aislada y prácticamente de bajo un esquema de subsistencia. Posteriormente, se lleva a cabo la división administrativa política de la península se generan dos Distritos, el Norte y el Sur; esto se dio en 1888 durante el gobierno del Presidente Porfirio Díaz (Gobierno de BCS, 2015).

Fotografía 1: Rancho Los Mártires en BCS, muestra de agricultura a pequeña escala y utilización de la energía eólica aprovechada para la extracción de agua en la región.

Fuente: Fotografía del año 1953 https://dp.la/

Fotografía 2: Rancho Los Mártires en BCS, sobresale el dispositivo de aprovechamiento de la energía eólica para extracción de agua, también un vehículo de la época.

Fuente: Fotografía del año 1953 https://dp.la/

Así la región transitó por diferentes etapas de modos de subsistencia y asociación social, reflejados también en flujos metabólicos identificables (ver Tabla 5). Desde los esquemas de cazadores- recolectores que se hicieron presentes desde miles de años atrás, hasta la llegada de los intentos de colonización secular de la región, en donde se inició con los primeros esfuerzos de desarrollo de la agricultura.

Tabla 5. Modos de subsistencia y características.

Modo de subsistencia	Periodo	Característica
Formación geológica.	Formación de la península hace 2 millones de años.	Interacción de placas tectónicas.
Cazadores - recolectores	Primeros pobladores hace 11,000 años.	Caza, pesca y recolección
Inicio producción agrícola de subsistencia	Periodo de misiones: Jesuitas (1697), franciscanos (1786-1772), dominicos (1772-1885).	Inició con cultivos de maíz, trigo, frijol, cebada, caña de azúcar, higuera y vid.
Inicio de producción industrial minera	1748[45]-1885 Distrito minero San Antonio, El Triunfo, Santa Rosalía, Isla Espíritu Santo.	Oro, plata (1748), platino, cobre (1885) perlas, conchas
Industrial – agrícola	1956, Guerrero Negro.	Sal (1956)
Comercio - Servicios	1960- 2000, La Paz-Los Cabos.	Agricultura industrial. Fortalecimiento del comercio como zona libre. Detonación de servicios – turismo.

Fuente: elaboración propia.

Un punto sobre saliente referencial en este caso, fue le época industrial minera. Las interacciones entre sociedad y naturaleza cambiaron de manera notoria cuantitativa y cualitativamente en la región con los trabajos de los distritos

[45] Dato de (Secretaría de Economía, 2011).

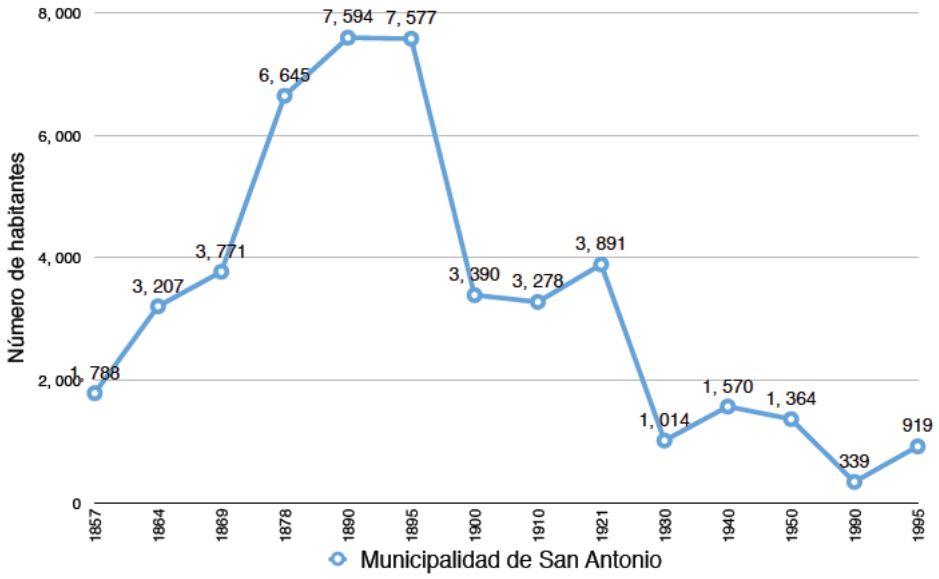
mineros. Especialmente con el de El Triunfo – San Antonio (ver Fotografía 3), ubicados hacía el sur de la península en el municipio de La Paz y el ubicado en Santa Rosalía, en el norte de la región (ver Fotografía 4). Este punto de inflexión vio su trazo inicial en el año de 1748 cuando Manuel de Ocio inició con los trabajos de explotación de oro y plata en esta zona que posteriormente sería conocida como Real de Minas de Santa Ana.

3.3) La época industrial desde los distritos mineros.

La producción de oro y plata en la región entre 1753 y 1768 fue de 6 toneladas. Para 1862 se establece la compañía de origen británico Gold and Silver Mining Co., entre 1857 y 1864 la población de la municipalidad de San Antonio pasó de 1,788 a 3,207 habitantes, para 1878 ya habitaban en esa zona 6,654 personas (E. González & Barajas, 2002) (ver Gráfica 3). El aumento considerable de la población en esta región nunca se había presentado de esta manera, hasta este punto de la historia con el desarrollo del polo minero.

A partir de entonces se instala un sistema de extracción, concentración y fundición del mineral explotado en esa región. De 1857 a 1895, las actividades son lideradas por otra compañía que instala maquinaria de vapor que procuró el incremento de su productividad considerablemente.

Gráfica 3: Habitantes de la municipalidad de San Antonio en los años 1857 – 1995.



Fuente: Elaboración propia con datos de (E. González & Barajas, 2002).

A la par del inicio de la producción industrial minera se genera en BCS una explosión demográfica en el estado. Para 1890 el número de personas de la región era de casi 30, 000 habitantes, cifra que se duplicó en 60 años, y se cuadriplicó para el año 1970. Para 1990, es decir en un periodo de 100 años, la población había crecido 10 veces. Esta tendencia explosiva se mantuvo hasta el último censo del año 2010; para ese entonces la población había crecido más de 21 veces, pasó de 29,475 habitantes en 1890 a 637,026. La proyección oficial para el año 2015 es de 763,929 habitantes, es decir, un crecimiento de casi 26 veces la población de hace 125 años.

Regresando al periodo de transito industrial minero, las municipalidades con más población al inicio de la producción industrial en el territorio eran San Antonio, Mulegé, La Paz y San José del Cabo, le seguían Comondú, Santiago y en último lugar Todos Santos. De manera atomizada la explosión demográfica siguió el mismo comportamiento en Santa Rosalía, donde se inició la explotación de cobre

en 1885, este punto pasó de tener una población 3,000 habitantes a 6,950 habitantes para 1950.

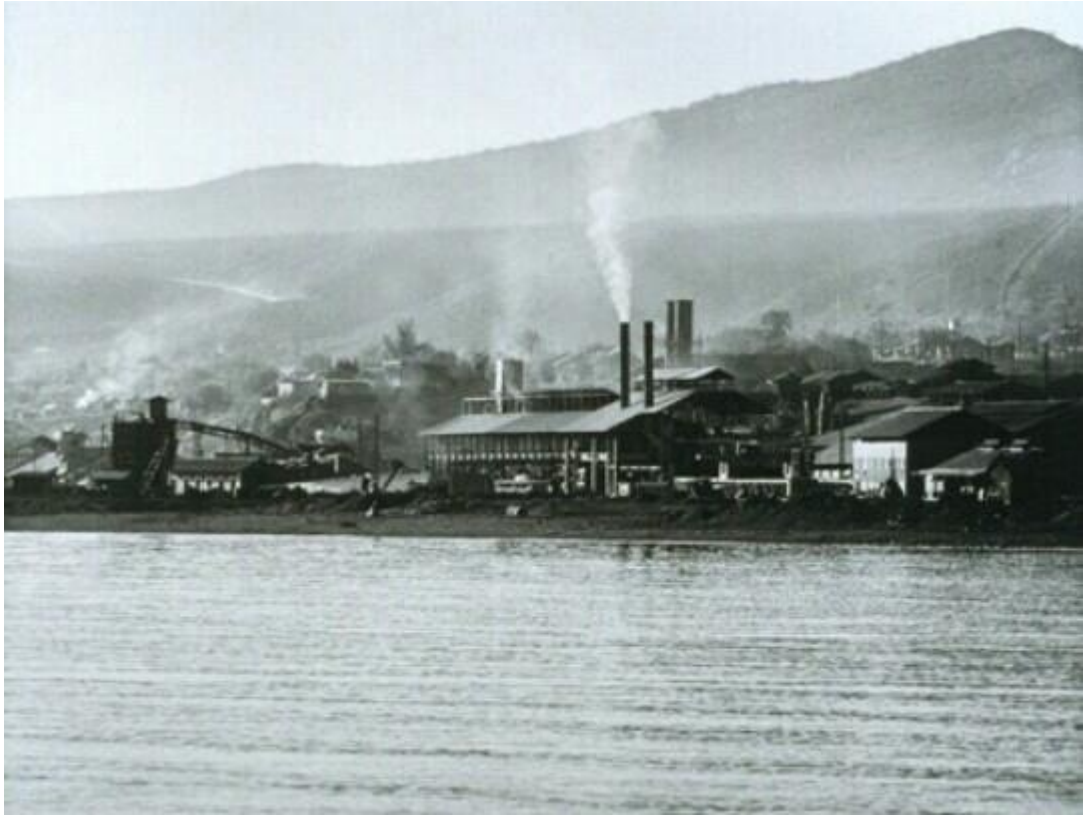
Fotografía 3: El Triunfo BCS, complejo minero.

Fuente: Archivo histórico Pablo L. Martínez.

En este lugar, el proceso fue “gatillado” por el descubrimiento de un ranchero llamado José Rosas, quien en 1868 descubrió curiosos pellets redondos de color verde que envió a la ciudad de Guaymas, Sonora. Para el año 1884 una comisión enviada por el gobierno mexicano para la explotación de los recursos minerales en esta zona determinó que entre 1870 y 1884 se habían extraído 42,000 toneladas de cobre, así como 6,000 onzas de oro (Milton, 1999). Para ese entonces ya había existido negociaciones para la fundación de la compañía minera de cobre llamada El Boleo. Para 1872 el cobre había comenzado a ser exportado a Europa. Es curioso que el elemento que se aprecia de manera más clara en las fotografías y que es común en los dos casos sea el humo saliendo por

chimeneas, resultado de la combustión de materiales. Es decir el elemento energético era determinante.

Fotografía 4: Santa Rosalía BCS, instalaciones de la compañía El Boleo.



Fuente: Archivo histórico Pablo L. Martínez.

El cobre fue exportado principalmente a Inglaterra, para ese entonces se tenían ya cálculos de 700,000 toneladas de cobre con 12% de pureza, se estimaban reservas con una duración de explotación de 50 años (Milton, 1999). Estos datos detonan la fundación en Paris de la Compagnie du Boleo en 1885, empresa liderada por la Casa Rothschild, que entonces lideraba el mercado mundial de minerales (Milton, 1999).

En estos años se dio inició con la importación de combustibles hacia esta región. Como parte de las negociaciones políticas el presidente Porfirio Díaz exentó los aranceles de importación y exportación de combustibles (ver Tabla 6). Se construyeron en esta zona como parte de la infraestructura para el desarrollo de la empresa minera casas, 5 hoteles para alojar a los empleados solteros,

existía un hospital con sala de operaciones, botica y 30 camas, además centros de educación pública; se organizó un sistema de recolección de desechos que posteriormente eran quemados a las afueras del poblado, no existía drenaje, y el tema del abastecimiento de agua se solucionó mediante la instalación de una cañería de hierro de 16 kilómetros con un abastecimiento de 200 metros cúbicos cada 24 horas, el agua era distribuida a razón de 40 litros por familia (Huycke, 1970; Milton, 1999; Romero & Manuel, 1989). Todo detonado por la explotación de este material estratégico, donde prácticamente no existía nada se desarrolló toda una complejidad urbana. Evidentemente los flujos metabólicos cambiaron drásticamente en este punto de la región.

Para 1901 ya existían una panadería, carnicería, el mercado y el teatro. Con los vientos revolucionarios tocando tierra en B.C.S. además de algunos eventos internacionales coyunturales, en 1914 la compañía amenazó con cerrar operaciones. La ley de impuestos en el país cambio en el año 1915 mediante un decreto que aumentaba los impuestos a las superficies mineras. Para 1916 se emitió un decreto mediante se declaraba Municipio Libre a la población.

Para 1917 se empezó a registrar una desaceleración de la producción industrial en la zona pasando de 13,000 toneladas en 1913 a 9,000 toneladas en 1917, así como alzas en los insumos. Después de múltiples problemas administrativos, sociales y políticos la producción de cobre en 1918 estaba en el orden de 9,400 toneladas, acumulando un total de 66,060 toneladas desde esa fecha hasta el año 1926 (Romero & Manuel, 1989).

En el tema energético, es interesante como la Secretaría del Trabajo de México guarda documentación[46] donde se plasma la forma en que la planta de generación eléctrica era motivo de sabotaje para causar daño a la empresa como signo de protesta, situación que ejemplifica el papel de la energía en el proceso de extracción de mineral. Toda esta problemática se fue agravando por varias vías, por parte de los obreros los salarios se mantenían desde años atrás, vivían en casas con hacinamiento, enfrentaban contaminación ambiental de los humos de la

[46] Datos sobre la última huelga. Secretaría del Trabajo.

fundición, carecían de drenaje y era necesario recolectar el excremento hasta el paso por la noche de la carreta recolectora[47], todo esto deja entrever las implicaciones ambientales urbanas, la dependencia energética del proceso y los reflejos en las practicas e interacciones sociales imperantes en la región. Las condiciones analizadas por Wolman en la ciudad hipotética de un millón de habitantes se cumplían aquí con mucho menos número de personas, pero con condiciones industriales, geográficas y climáticas, evidentemente, diferentes.

Tabla 6: Área de concesión minera, datos sobre casa habitación y combustible.

Características	*Datos*
Concesión original	46 kilómetros cuadrados
Concesión final	6,000[48] kilómetros cuadrados
Número de casas habitación (1897)	220[49]
Número de casas habitación (1917)	1,561
Combustible	El combustible estaba compuesto principalmente por carbón para el ferrocarril y la fundición. Por la noche se utilizaban algunas lámparas de petróleo. Algunas casas de la meza Francia tenían el lujo de contar con energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia con datos indicados.

Con el material de desecho generado por la fundición en Santa Rosalía se fabricaban bloques de material remanente, estos eran de 1,500 kilogramos (Romero & Manuel, 1989). El ferrocarril, movilizaba bastante tonelaje que llegaba al puerto, consistente en carbón y coke para las locomotoras y la función pero también incluía madera para minas, aceite y entre otros. Todo el ferrocarril transportaba alrededor de 1,500 toneladas diarias con un total anual que excedía

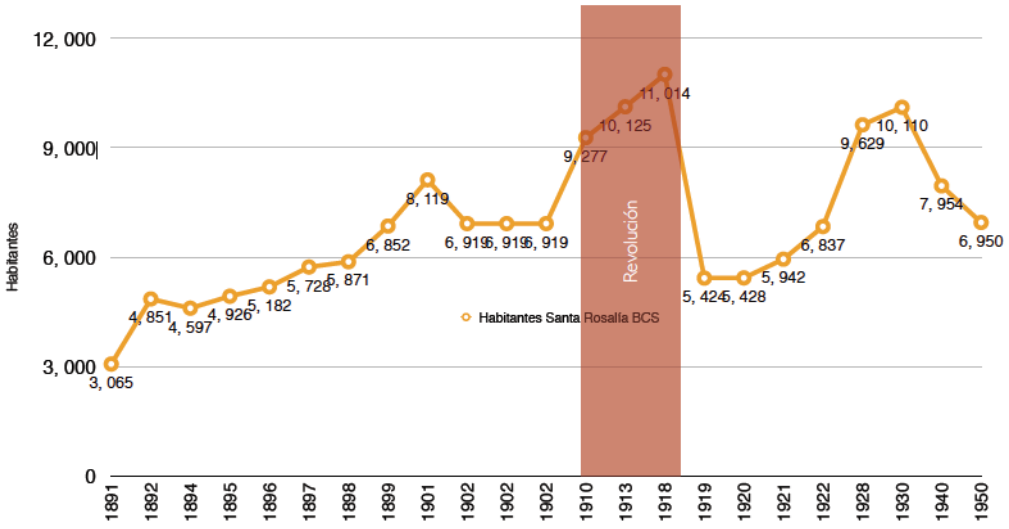
[47] Informe de Ing. José A. Villanueva en visita al centro minero de Santa Rosalía en 1919. Archivo Histórico Pablo L. Martínez. Volumen 731, expediente 22.
[48] Conversión de 2,317 millas cuadradas equivalentes a 6001.002 kilómetros cuadrados. Dato de: (Milton, 1999).
[49] Fuente: (Romero & Manuel, 1989)

las quinientas mil toneladas de mineral. Para el caso de Santa Rosalía, la extensión mayor de ferrocarril llegó a 45 km, mientras que para la municipalidad de San Antonio llegaron a 10 km (Kichner, 1988).

Es indispensable hacer notar que para el año 1876 el trabajo de extracción de material era llevado a cabo prácticamente a mano, principalmente por yaquis que laboraban 10 horas diarias sin maquinaria, movido en carretillas y contenedores (Romero & Manuel, 1989), este sistema tenía el inconveniente desde el punto de vista técnico y comercial, de que para extraer leyes más altas de mineral era necesario llevar a cabo excavaciones más profundas, para lo cual se requería otro tipo de extracción.

Para 1882 ya se había enviado a Europa 60,000 toneladas y existían 120,000 tonadas de desecho que se había utilizado para relleno (Romero & Manuel, 1989), en esta transición del esquema de trabajo manual a industrial es posible observar los “saltos” identificados por Haberl en su trabajo. Sin embargo, en términos históricos y debido a la modificación de las fuentes energéticas, al descubrirse las fuentes fósiles energéticas, estos en saltos en BCS se pierden en el entramado histórico metabólico.

Gráfica 4: Habitantes de Santa Rosalía BCS de los años 1890 – 1950. En rojo se señala la época de la Revolución Mexicana.



Fuente: Elaboración propia con datos de (E. González & Barajas, 2002).

Continuando con el análisis para estos saltos energéticos que posteriormente se observarán de manera agrupada, los datos indican que para el año de 1884 existían en el mineral 250 trabajadores (ver Gráfica 4), 80 eran de nacionalidad francesa y el resto yaquis. Una situación que explica en parte estos esquemas de desarrollo fue que "...durante 50 años, ni el cobre ni otro producto derivado de las minas de la colonia podían ser gravadas con derecho de explotación; tampoco podía ser gravado con derechos de importación el carbón de todas clases y la leña" (Romero & Manuel, 1989, p. 30). Esta disponibilidad de energía "barata" en su época también contribuyó como detonante de este dinamismo industrial. Esto nos ayuda a entender el aspecto energético de este lapso de tiempo, donde la principal fuente de energía que sustituiría la mano de obra llevada a cabo por yaquis del estado vecino de Sonora fue sustituida, en gran medida, por maquinaria y fundidora alimentada por carbón y leña.

3.4) Energía eléctrica en la era industrial minera de la región.

La cantidad de energía para alimentar todo el complejo industrial minero, en plena ebullición de la revolución industrial era considerable, sobre todo si se tiene en cuenta el salto de extracción del material por medios humanos a la utilización de maquinaria, con las dimensiones citadas anteriormente.

Para 1894 la energía eléctrica necesaria para accionar los ventiladores que alimentaban los hornos Walter-Jackets, las dos bombas de alimentación y las cuatro que surtían de agua al horno era generada por uno motor 2 dos cilindros Corliss a vapor de 300 caballos de potencia (Canudas, 2005), es decir se consumía la cantidad de energía igual a 805 MJ por hora[50]. El agua necesaria para la fundición era de 10,000 galones por minuto.

[50] El motor era de una potencia de 300 caballos de potencia (HP por sus iniciales en inglés). La equivalencia para 1 HP = 746 Watts (W). Por lo tanto, 300HP*746W=223,800W por hora. 1kW/h = 3.6MJ (Mega Joule). Así el equivalente sería 805.68 MJ de energía por cada hora de operación del motor.

Es fundamental el papel que jugó en el mundo la máquina de vapor en la revolución industrial, "… en particular el diseño innovador de la maquina Corliss con un papel crucial en el proceso de industrialización y urbanización" (Rosenberg, 2001). Además de este tipo de maquinaria se colocaron otras instalaciones y generadores eléctricos para alimentar otras áreas de los complejos industriales mineros. Tanto la producción como la infraestructura fueron creciendo con el transcurso del tiempo, para el año de 1897 se instalaron dos unidades de generación de energía eléctrica de 500 caballos de potencia cada una, es decir un total de 1,000 caballos de potencia equivalente a un consumo energético de 2,685.6 MJ[51] por hora (tenían la capacidad de funcionar las 24 horas del día); mediante un proceso aritmético simple es posible estimar que el consumo energético diario ascendía a un total de 64,454.4 MJ. En términos energéticos esto equivaldría al trabajo de un poco más de 22,000[52] hombres cada 24 horas. Esto nos ayuda a dimensionar las consideraciones energéticas de primera mano. Para esa fecha el total de la población en ese punto era aproximadamente de 6,000 habitantes.

El sistema de transmisión y distribución de energía se llevaba a cabo para ese entonces, en el distrito minero de Santa Rosalía, mediante líneas que sumaban ya 40 kilómetros, que multiplicados por tres (cada una de las fases) sumaban 120 kilómetros de alambre (Romero & Manuel, 1989). La compañía adquirió dos barcos movidos por vapor en 1890, uno de 201 toneladas y otro de 901 toneladas que eran utilizados para mover las mercancías y carbón. Además la flota se complementó con 20 embarcaciones de madera de 16 toneladas cada una, 5 embarcaciones de metal de 14 toneladas, 5 grúas de vapor de dos toneladas de fuerza, 1 grúa de vapor de 10 toneladas de fuerza y 5 pequeñas máquinas de vapor (Canudas, 2005).

El número de operarios para el mes de julio de 1909 eran de 3,000; con una producción anual promedio de 11,000 toneladas de cobre. Para llevar a cabo la

[51] Estimación propia con procedimiento igual al anterior.
[52] Estimación propia a partir de los parámetros establecidos en los trabajos de Haberl, 2001.

explotación del mineral se construyeron centros de explotación "… en cada uno se abrió un tiro de extracción y otro de ventilación […] donde se instalaron malacates de vapor: dos 50 caballos de potencia cada uno, uno de 40 caballos y otro de 50 caballos con guías de alambre de acero" (Canudas, 2005, p. 589). Además se desarrolló un sistema de líneas privadas de ferrocarril que transportaba el mineral al puerto, donde para 1898 ya contaba con 40 kilómetros de vía férrea; este sistema estaba conformado por 10 locomotoras de 20 toneladas y 250 vagones de transporte, con una capacidad cada una de 475 litros de capacidad y un peso total de 680 kilogramos (Canudas, 2005).

Para el proceso de extracción a gran escala era necesaria la instalación de maquinaria involucrada de manera directa en la extracción del material así como de soporte para los trabajadores y la fundición. Esto requería de grandes cantidades de energía, que como se describe se satisfacían de manera primaria con carbón y leña, mediante el uso de maquinaria de vapor (ver Fotografía 5).

La complejidad de la infraestructura industrial de ese entonces demandaba un abastecimiento de materiales energéticos constante. Parte de esto dependía, por ejemplo, el aire inyectado para la ventilación de las minas que necesitaba el funcionamiento de ventiladores que "bombeara" aire hacía el interior las 24 horas. Según Canudas (2005) la cantidad de aire puro que estos ventiladores inyectaban era de 60 litros por segundo.

El grueso de la infraestructura industrial se instaló a las orillas del puerto con tres plantas de tratamiento, una fábrica metalúrgica y posteriormente una central eléctrica y varias plantas de servicios (como un dato interesante para en el uso de la energía eléctrica es que en 1881 comienza a instalarse alumbrado público eléctrico en la ciudad de México[53]).

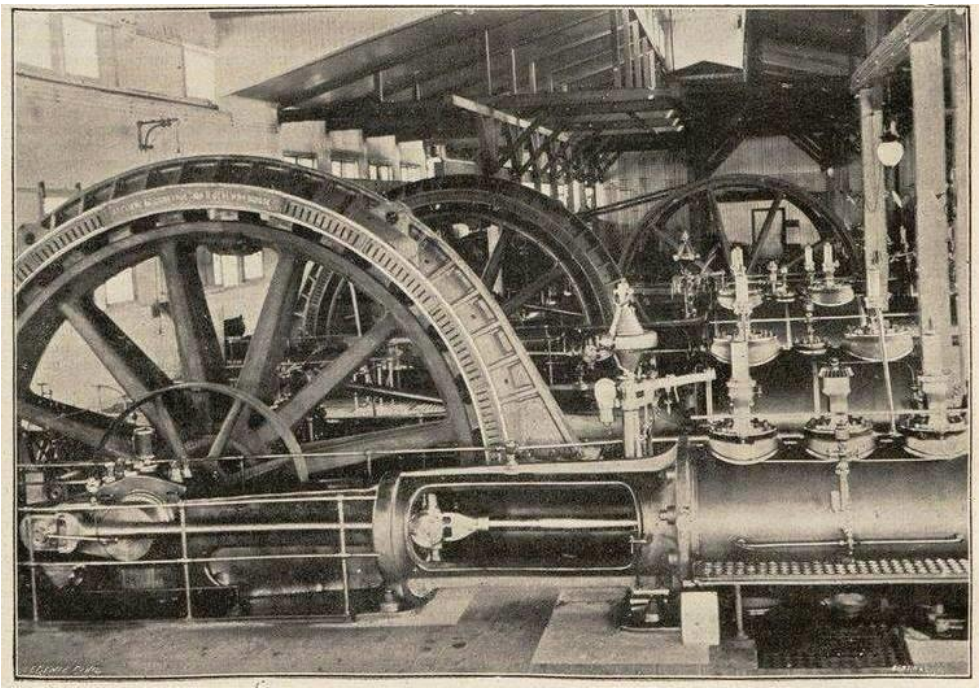
Para la fundición del material se instalaron 10 hornos Water Jackets, siete bombas centrífugas Sulzer (para el bombeo de agua marina para alimentar los

[53] Dato de presentación de Eric Bolívar. "El sistema eléctrico nacional", Taller de transformadores TC14.

hornos), perforadores eléctricas, sistemas de enfriamiento; todo a alimentado al final, con energía eléctrica.

Además de la electricidad industrial, la planta abastecía de energía a 1,500 bombillas y lámparas de arco. Después de la ciudad de México, Santa Rosalía fue la segunda ciudad de México en tener electricidad. El *Directorio Oficial Minero* tiene constancia de que las máquinas de vapor generaban 2,000 caballos de fuerza (128,980.8 MJ por cada 24 horas de funcionamiento, el trabajo equivalente es de unos 44,760[54] hombres) de los que 1,500 se transportaron en dos de 3 fases generadores de 500,000 Watts y dos de 3 fases generadores de 25,000 Watts.

Fotografía 5: Maquinaria de vapor instalada en la nave de la empresa El Boleo en Santa Rosalía BCS.



La dinámica urbana y demográfica presente en esta zona del estado fue muy peculiar. Es muy visible en esta época la influencia del ícono de la revolución industrial y las demandas energéticas impulsadas por este fenómeno. Además

[54] Estimación propia a partir de los parámetros establecidos por Haberl, 2001.

también es posible dimensionar los retos en cuanto a salud pública, organización y control de desechos, así como las difíciles condiciones laborales.

Fue necesario trasladar por mar todo lo necesario para la construcción de la industria y pueblo minero. Esto incluía el carbón, madera, abarrotes, ferretería y otros abastecimientos, así como tablas, durmientes, entejados, postes y madera para la mina y la infraestructura urbana; los cuales eran traídos principalmente desde San Francisco, California. La maquinaria vino desde Europa para lo cual fue necesario rodear el Cabo de Hornos (Huycke, 1970). Esto pone en contexto toda la energía necesaria para el traslado de todos estos materiales y maquinaria hasta esta región, esta cantidad de energía (utilizada externamente a la frontera de análisis) no se toma en cuenta para este caso en el análisis posterior.

3.5) Carbonera de Pichilingue

Un hecho histórico que caracterizó esta región como posición geoestratégica colindante con el Océano Pacifico y que marcó también de manera cualitativa y cuantitativamente los flujos energéticos, fue el establecimiento de por lo menos dos puntos navales identificados en esta región por parte de la Marina de Estados Unidos. El primero de ellos, en la zona donde se ubica la bahía de Pichilingue (ver Fotografía 6), donde actualmente se encuentra el puerto de entrada para pasajeros, mercancías y materiales energéticos, y el otro punto establecido en Bahía Magdalena. El gobierno de México otorgó una concesión de los años 1861 a 1924 para la Marina de Estados Unidos, donde se permitía la instalación de esta estación carbonera en la bahía de Pichilingue; mientras que la zona de Bahía Magdalena fue utilizada como base de adiestramiento y maniobras de 1907 a 1910 (Douglas, 2001; Orozco, 1982).

Para resaltar la importancia del tema geoestratégico y energético vale la pena señalar el tratamiento que se le dio a esta estación carbonífera en un diario de La Habana donde se señaló que esta estación era la primera instalación carbonera de los Estados Unidos construida en suelo extranjero, antes que la de Guantánamo en Cuba (Milton, 1999).

Los registros que indican la cantidad de carbón depositado en esta estación constan en los datos del contador de la Aduana Marítima, donde se permitió el desembarco de 1,500 toneladas de carbón de piedra de la fragata estadounidense Washington, procedente de Filadelfia (Milton, 1999). Era la primera vez que se importaba combustible a gran escala a la zona. En términos energéticos esta cantidad de carbón equivaldría, de acuerdo a la Tabla 2, con un factor energético de 29 MJ/kg para el carbón, a un total de 43, 800,800 MJ de energía. En términos de trabajo horas hombre durante 24 horas, sería equivalente al trabajo realizado por un poco más de 15 millones de personas, de acuerdo a los datos utilizados por Haberl. Para ilustrar la población total en la región en este espacio de tiempo ver Tabla 7.

Fotografía 6. Estación de carbón para abastecimiento de buques de la Marina de Estados Unidos.

Fuente: México en Fotos. Disponible en su versión electrónica en: http://www.mexicoenfotos.com/antiguas/baja-california-sur/la-paz/carbonera-en-pichilingue-MX12182479244236

La importancia del factor energético estratégico se ilustra en lo citado por Orozco (1982):

> "Y es que el combustible constituye la vida de la moderna guerra naval; es el alimento del acorazado; sin él, los modernos monstruos de la profundidad mueren de inanición. En torno al combustible, por lo tanto, convergen algunas de las más importantes consideraciones de la estrategia naval. Tenemos ya entre nosotros varias estaciones abastecedoras de carbón en el Caribe y en el Atlántico, las cuales nos mueven a ponernos en armas de la misma forma que Cartago moviese a Roma; no consintamos sin embargo, en adicción a nuestros peligros una nueva diversión de nuestra fuerza al ser interceptados en el pacifico norte" (Orozco, 1982, p. 37).

En este último relato además de señalar la importancia estrategia del combustible, se utiliza un lenguaje que evoca un pensamiento sistémico orgánico, pues para referirse a los acorazados, indica que el combustible "es el alimento sin el cual estos dispositivos mueren de inanición". Pareciese un indicio del pensamiento sistémico que se describió en el marco conceptual.

Regresando al tema de la localización de la estación carbonífera, evidentemente esta posición estratégica, sobre todo cercana a la ciudad de La Paz, estaba vinculada a dos factores fundamentales; el primero de ellos ligado a un punto de monitoreo de entrada y salida al Golfo de California y la cercanía con el Océano Pacifico, y por el otro lado el tema de los recursos naturales estratégicos minerales de extracción en la región (Milton, 1999).

La central de abastecimiento de carbón funcionó hasta 1925, cuando que se promulgó por presidente Plutarco Elías Calles, ley reglamentaria del artículo 27 que establecía que en una faja de 100 km a lo largo de las fronteras y 50 km de las playas los extranjeros no podrían adquirir el dominio directo sobre tierras y agua. Para ese entonces el cambio en el paradigma energético se hacía ya presente, la implementación de los motores de combustión interna en los buques marítimos cambiaba las reglas del juego y el cabrón como combustible perdía su importancia estratégica.

Con ello también se da cuenta de cómo el cambio de combustible (de carbón a derivados del petróleo de la mano de la utilización del motor de combustión interna) se tornaba en una ventaja, no solo militar sino también comercial. Los sistemas de monitoreo y transporte ya no dependerían para ese entonces de un gran volumen de materia, como el carbón acumulado en una zona, sino que la cantidad de energía de los combustibles derivados del petróleo se podía transportar a bordo de las naves. Una ventaja de la cual dependería en el futuro la región estudiada.

Finalmente, los datos indican que esta estación funcionó por más de 56 años desde la primera carga de carbón, sin tener datos precisos de la cantidad total del combustible importado hasta ese entonces.

Tabla 7: Población de BCS en 1890[55].

Municipalidades	Habitantes
San Antonio	6, 724
Mulegé	6, 444
La Paz	6, 243
San José del Cabo	3, 518
Comondú	2, 750
Santiago	1, 971
Todos Santos	1, 825
Total	**29, 475**

Fuente: Secretaría de Gobernación expediente 2, volumen 207.

3.6) Panorama metabólico energético posterior al uso del carbón, el camino hacía el panorama actual.

En términos energéticos, el proceso metabólico de la región dependía, con los primeros pobladores de la península, de la disponibilidad de biomasa local y/o recursos madereros; estos últimos muy escasos por las características de la región.

[55] Fuente: Secretaría de Gobernación. Expediente 62, volumen 207.

Posteriormente con los intentos de colonización secular se emprendieron esfuerzos que no lograron una independencia en términos metabólicos. Al llegar los proyectos mineros industriales las condiciones de dependencia energética continuaron y fue gracias al abastecimiento desde el exterior que los procesos pudieron prosperar.

A partir de 1921 el petróleo empieza a sustituir el carbón en el estado, justo cuando la empresa El Boleo acababa de cerrar sus puertas y se da con ello un cambio metabólico interno, primero fue en muy pequeña escala, casi imperceptible para cuestiones de análisis y posteriormente este material energético ingresó de manera industrial. La industria minera establecida no alcanzó a utilizar en gran escala este tipo de energía. Hasta la época actual con nuevos esfuerzos en este sentido.

Es importante señalar que en el estado de BCS no se lleva a cabo la explotación de combustibles fósiles ni refinación de ellos. Así que todos los combustibles de origen fósil que se consumieron fueron y tienen que seguir siendo importados al sistema metabólico “interno”.

Carlos Manuel Esquerro fue designado por el Presidente de la República Mexicana Plutarco Elías Calles gobernante del distrito de este territorio de 1925 a 1927. Durante ese periodo se compraron “dos motores de combustión interna de 51 caballos de potencia dos dinamos y demás implementos para sustituir la pequeña y mala planta de luz con motor de vapor; se construyó el edificio hasta techar el salón e instaló dos motores, las líneas conductoras de corriente hasta un perímetro de 4 calles al redor de la plaza principal; emprendió la construcción de un malecón cuya longitud a mi llegada alcanzaba 800 metros y ya servía como paseo principal a la ciudad” (Aguirre, 1928, p. 3). Estimando que estas plantas operaban durante 8 diarias, podían llegar a generar el equivalente energético anual de 799 GJ. Como capital del Gobierno, la ciudad de La Paz energéticamente se posicionaba en la época moderna, basteciendo de energía eléctrica la parte central de la ciudad.

Desde otra trinchera también importante se encuentran los procesos agrícolas, principalmente los que se desarrollaron en el actual municipio de Comondú. Para el análisis metabólico de Haberl el tema agrícola es sobresaliente, porque los flujos energéticos embebidos en los alimentos son considerados para el proceso y determinantes de acuerdo a esta metodología.

Hasta los esfuerzos de colonización secular, como se vio, el desarrollo agrícola se basó en un esquema de autoabastecimiento, ligados a los oasis y lugares con condiciones agroecológicas especiales (Urciaga, 2008). Las condiciones y características ya descritas dificultaban bastante los esfuerzos agrícolas, aun a pesar de la disponibilidad de tecnología y energía, posterior a la revolución industrial.

Los adelantos más considerables en esta región, en el tema de agricultura, se vieron impulsados por un interés básico del gobierno federal de “poblar esta región deshabitada y limitar de esa forma los intentos anexionistas de Estados Unidos y, por otro, responder a la demanda de tierras que exigían los campesinos del centro de la república y que por diversas razones no se podían satisfacer en sus lugares de origen” (Urciaga, 2008, p. 253), las grandes cosechas o desarrollo agrícola industrial fue limitado, pero considerable energéticamente para el sistema, como se verá en el siguiente capítulo.

A partir de 1950 la situación agrícola en la región dio un salto cualitativo y cuantitativo. Durante 1950 y 1960 se fundaron todas las colonias agrícolas de la zona, impulsados principalmente, por la reforma agraria que dinamizó el desarrollo agropecuario (Urciaga, 2008). A partir de esto, se llevaron a cabo instalaciones de estaciones de bombeo moderno de agua, infraestructura y perforación de pozos para la irrigación de las tierras. Este modelo se operó de manera más o menos continua hasta finales de 1980. El deterioro de esa actividad, se debió principalmente al cambio de política federal en cuanto a apoyos para los productores. Además de la sobreexplotación de los recursos acuíferos escasos y limitados (Cariño Olvera & Monteforte, 2008).

Para estos años dio inicio la generación de energía eléctrica en gran escala con base en combustibles fósiles en la región. El primer punto de generación bajo este esquema se presentó en la estación ubicada en Punta Prieta, prácticamente a unos minutos de distancia de la ciudad de La Paz. Esta planta funcionaba (funciona) principalmente con combustóleo, un derivado pesado del petróleo (actualmente funciona con un 85% de combustóleo y un 15% de diésel). Este tipo de combustible se puede clasificar según su contenido de azufre que va desde el 1% hasta el 4% o más. El de peor calidad es el de más alto contenido de este componente (ver Tabla 8) por las emisiones que se pueden generar a partir de su combustión.

En BCS entre el año 2010 y 2013 el combustible utilizado provenía de Salina Cruz, Oaxaca; de donde regularmente proviene, abastecido por PEMEX. Con contenidos de azufre que superan el 4%[56]. En menor cantidad se utilizó combustóleo proveniente de Long Beach, California con contenidos de azufre variante entre 1.50% y 1.77%.

Un vínculo muy fuerte ligado a esta planta de generación eléctrica es el puerto de altura y cabotaje de Pichilingue (lugar donde estaba ubicada la estación carbonera). Esto permite el atraque de buques de gran calado, equipo y combustibles, además del transporte y desembarque de maquinaria necesaria para la generación de energía eléctrica de escala industrial moderna.

Tabla 8: Emisiones de azufre[57].

Combustible	*Factor de emisión kg de SO_2/106 kcal*
Combustóleo con 1% en peso de azufre	2.04
Combustóleo con 2% en peso de azufre	4.08
Combustóleo con 4 % en peso de azufre	8.16
Diésel con 0.5% en peso de azufre	0.91
Gas natural	0

[56] Solicitud de información folio: 18140024814 promovida por Adolfo de la Peña Barron por medio del portal de transparencia del Gobierno Mexicano.
[57] Información disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/229/85.html

Desde entonces la matriz energética se ha desarrollado con base en combustibles fósiles importados a la región. Actualmente para la generación de energía eléctrica el sistema metabólico depende casi en su totalidad de este abastecimiento externo. Este hecho, para fines prácticos y de análisis metabólico facilita sobre manera la identificación de los flujos, pues se tiene practicante un punto central de abastecimiento identificado. En términos cuantitativos energéticos ligados a la generación de energía eléctrica, para el año 2012 el estado de BCS dependía en 97.9% de la energía fósil, solo el 2.1% de la energía es de origen no fósil (SENER, 2012). Este pequeño porcentaje es energía obtenida desde “dentro” del sistema, a través de fuentes renovables de energía, como se podrá apreciar adelante en la matriz energética.

Las condiciones de aislamiento geográfico y los retos que esto presenta se hacen patentes también en la infraestructura eléctrica actual. El sistema eléctrico del estado se encuentra aislado, es decir, no está interconectado al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), por lo tanto, toda la energía eléctrica que se consume en el estado tiene que ser generada en el estado. Es decir, en términos prácticos, BCS es una isla energética (ver Figura 6).

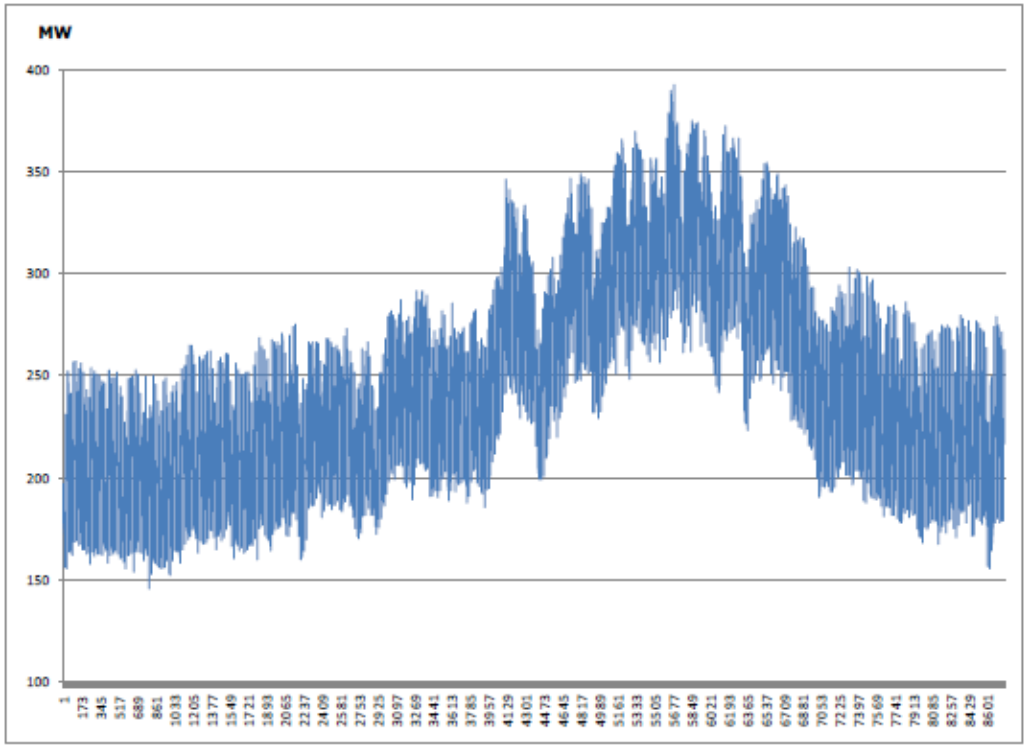
Figura 6: Sistema Eléctrico Nacional sin interconexión con el sistema eléctrico de BCS.

Fuente: CFE.

La energía eléctrica consumida en la región debe ser generada en condiciones muy especiales y particulares con respecto al resto de la república, y posiblemente del mundo (distancia, temperatura, tecnología, configuración y calidad). Además de las variaciones horarias de consumo (ver Gráfica 5) y estacionales entre verano e invierno (ver Figura 7), donde prácticamente la proporción de demanda de energía eléctrica se duplica en verano. Actualmente la energía debe generarse prácticamente al mismo tiempo que se está consumiendo. Los retos tecnológicos y científicos en este sentido son considerables.

La infraestructura eléctrica también refleja el esquema de demanda físico que lo detona, pues es posible observar como el grueso de la infraestructura de transmisión de energía se concentra en la parte sur de la península, justo donde se concentra el grueso de la población y de la demanda de energía eléctrica.

Gráfica 5. Demanda máxima horaria integrada para el sistema eléctrico de BCS para verano en el año 2010, pico de 393MW.



Fuente: En el eje X se muestra las hora a lo largo del día y en el eje de Y los MW de demanda del sistema; POISE 2012-2026 de C.F.E., figura E1.

La red de distribución de energía eléctrica se encuentra dividida en tres partes, la más grande de ellas interconecta eléctricamente las ciudades de Villa insurgentes, Ciudad Constitución, La Paz, San José del Cabo y Cabo San Lucas, así como los diversos poblados situados a lo largo de la costa del sistema estatal. En la parte norte de la península existen dos pequeños sistemas eléctricos que operan de forma aislada entre sí, Guerrero negro y Santa Rosalía (CFE, 2008)(ver Ilustración 13. Red eléctrica de BCS.Ilustración 13).

Figura 7. Diagrama de Sankey con proporciones de la variación promedio entre invierno y verano en generación de energía eléctrica en el sistema de B.C.S.

Fuente: elaboración propia con estimación de promedios en verano e invierno con datos de SENER, SIE y CFE para B.C.S.

Ilustración 13. Red eléctrica de BCS.

Fuente: (Bermúdez, 2012)

Regionalmente BCS presenta la mayor tasa de crecimiento anual en demanda de energía eléctrica con un 7% superior a la tasa anual de 4% del SEN (CFE, 2008). Para el año 2010 la capacidad efectiva por tecnología en MW para el sistema BCS era de 113 para termoeléctrica convencional, 236 para turbogás y 183 para combustión interna; con un total de 531 MW instalados.

La matriz energética eléctrica para el año 2012 contaba con una capacidad efectiva instalada de 554.6 MW. Solo tres centrales de la matriz energética no funcionaban mediante combustibles fósiles. La primera de ellas una central eoleoléctrica de 0.6 MW ubicada en Guerrero negro, la segunda una central geotermoeléctrica de 10 MW ubicada en el municipio de Mulegé y finalmente una central solar de 1 MW en el mismo municipio (Bermúdez, 2012) (ver Tabla 9).

Tabla 9. Centrales generadoras de energía eléctrica en BCS.

Nombre de la central	Tipo de central	Capacidad efectiva instalada (MW)	Ubicación
Punta Prieta II	Termoeléctrica	113	La Paz
Tres Vírgenes	Geotermoeléctrica	10	Mulegé
Guerrero Negro	Eoloeléctrica	0.6	Mulegé
Baja California Sur I	Diesel	79	La Paz
Gral. Agustín Olachea	Diesel	104	Comondú
Guerrero Negro II	Diesel	11	Mulegé
Santa Rosalía	Diesel	8	Mulegé
Ciudad Constitución	Turbogás	33	Comondú
La Paz	Turbogás	43	La Paz
Los Cabos	Turbogás	85	Los Cabos
P. Móvil OT-5000-1	Turbogás	3	Guerrero Negro
P. Móvil T-14000-1	Turbogás	13	Santa Rosalía
P. Móvil T-14000-2	Turbogás	13	Cabo San Lucas
P. Móvil T-25000-1	Turbogás	19	Cabo San Lucas
P. Móvil T-25000-2	Turbogás	19	Cabo San Lucas
Santa Rosalía FV (en construcción)	Solar	1	Mulegé
TOTAL		**554.6**	

Fuente: (Bermúdez, 2012)

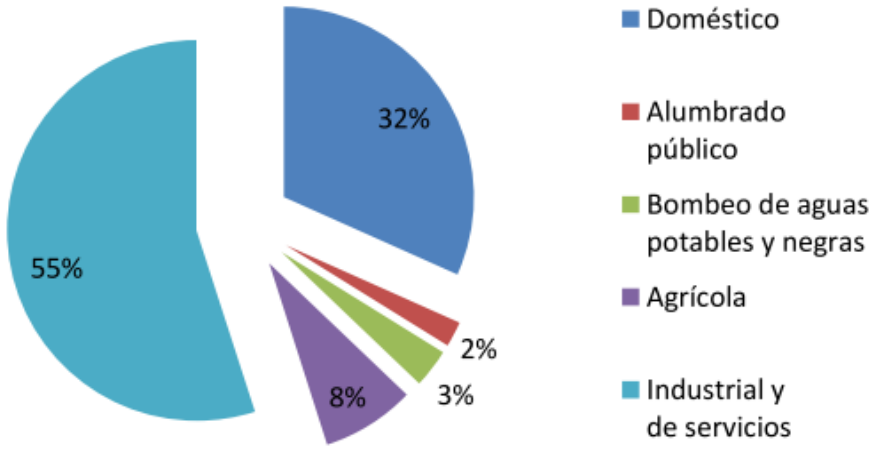
Parte de la ventaja que presenta la región para el análisis metabólico ligado al consumo de combustibles fósiles es que se tienen plenamente identificados los consumos de combustibles por unidad de energía eléctrica generada, debido a que la red eléctrica no es tan difusa y compleja (en términos comparativos con el

SEN); así como el total de combustibles enviados a la región, por año de operación.

El factor económico es trascendental en el tema de generación eléctrica debido a que los costos de operación por consumo de combustible son considerables. Además al ser una red eléctrica aislada es más sencillo identificar los flujos hacia los consumos por sector y tipo de consumidor.

Para el año 2010 se generaron 2, 147 GWh de electricidad, de los cuales 55% se destinaron al consumo industrial y de servicios; 32% al sector doméstico; 8% al sector agrícola; 3% bombeo de aguas potables y negras; 2% alumbrado público (Bermúdez, 2012)(ver Gráfica 6). La generación total de electricidad para este año fue de cerca de 7.7 GJ de energía esto equivale a la energía contenida en 264,700 toneladas de carbón.

Gráfica 6. Destino de la electricidad en el año 2010 para el estado de BCS.



Fuente: (Bermúdez, 2012).

Para las estimaciones puntuales energéticas históricas anuales, en el análisis se utilizan los datos publicados por las diferentes instancias gubernamentales. Así se realizan conversiones directas mediante factores de equivalencia como los utilizados por Haberl en la metodología propuesta. De esto se dará cuenta en el siguiente capítulo.

3.7) Consideración cuantitativa de la eficiencia de generación de la matriz eléctrica actual y flujos ocultos.

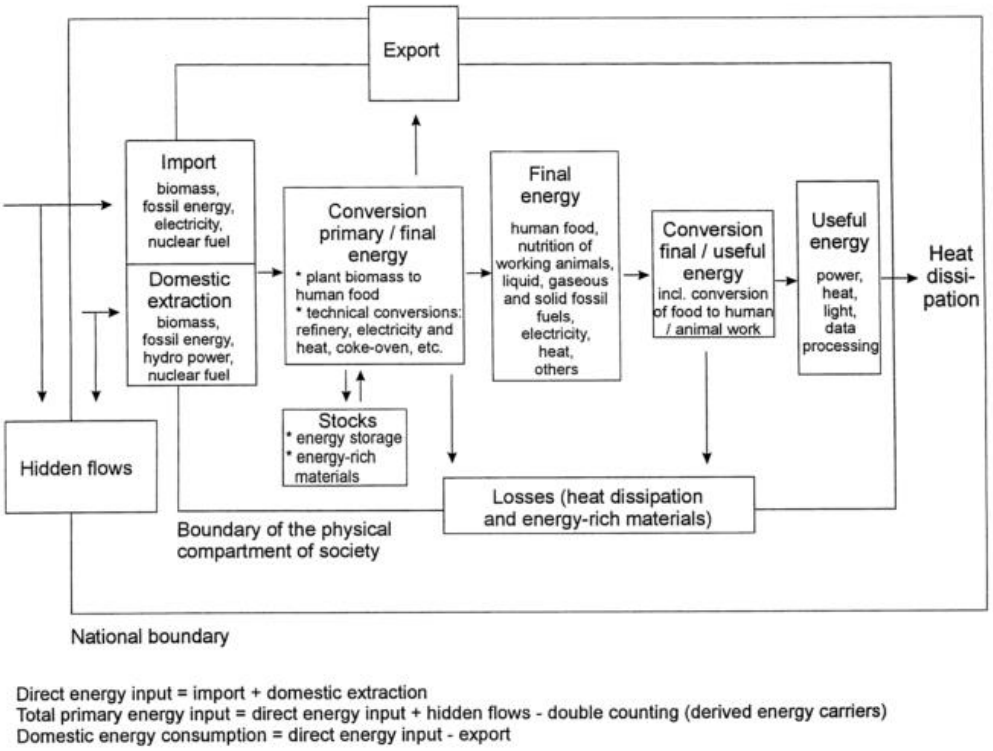
Es de considerar que para el año 2012 la eficiencia promedio en la generación termoeléctrica en México estaba por debajo del 40%, el cual puede llegar hasta mínimos equivalentes a un 32% de eficiencia (CFE, 2008). Es decir, el 60% o más de la energía química de los combustibles fósiles utilizados se “disipa” en el proceso de generación de energía eléctrica.

Las proyecciones oficiales del aumento de la eficiencia por medio de este método, por lo menos hasta el año 2026, señalan que no llegará al 49% de eficiencia de transformación de energía. Bajo esta consideración, a lo sumo se aprovechará solamente el 50% de la energía total, principalmente fósil, utilizada. En el análisis metabólico Haberl se refiere a esta energía perdida como los “flujos escondidos” y/o “ocultos” (ver Ilustración 14). En este caso para B.C.S. estos flujos no se integran al análisis por separado, cuando menos de los equivalentes energéticos necesarios para transportar hasta esta región los combustibles que abastecen a la matriz energética.

Para las centrales de combustión interna los indicadores de eficiencia varían entre 37.81% y 44.25%, esto bajo condiciones de temperatura ambiente de 25 grados centígrados, humedad relativa de 30% y presión barométrica de 1.0 bar; condiciones que rara vez se cumplen en BCS.

Teóricamente esta energía perdida es una parte de la degradación energética o parte de la energía que no se puede utilizar para generar trabajo; visto desde otro punto de vista, es el costo entrópico inevitable. Los valores típicos de eficiencia general, dependiendo de la tecnología de generación, pueden variar de 32% a 51% teóricamente (ver Tabla 10).

Ilustración 14. Resumen esquemática de la metodología propuesta por Haberl en 2001.



Fuente: (Haberl, 2001)

Con esta consideración, la matriz de generación de BCS opera, en términos de eficiencia en cuanto a consumo de combustible, con muy bajos parámetros. Esto se ve reflejado en los costos de la energía eléctrica. En la región de BCS los Costos Totales de Corto Plazo han ido en aumento durante los últimos 10 años (Bermúdez, 2012).

El CTCP corresponde al costo unitario de la energía eléctrica proveniente de una planta, determinado durante el periodo de que se trate, incluyendo el costo de los energéticos utilizados y todos los costos variables de operación y manteamiento en los que dicha planta incurra, como resultado de las actividades de generación y transmisión de la energía hasta el punto de interconexión de un nodo o permisionario. Costo que es publicado por la C.F.E. en su portal electrónico.

Tabla 10: Rangos de eficiencia de proyectos típicos para generación de energía eléctrica[58]

Tecnología	Valores de eficiencia bruta (%)
Termoeléctrica convencional	32.45 – 39.56
Turbogás	33.49 – 39.25
Ciclo combinado	50.58 – 51.53
Combustión interna	37.81 – 44.25
Carboeléctrica	37.87 – 43.09
Nuclear	34.92

Fuente: elaboración propia con datos de C.F.E.

Estos costos, evidentemente se ven reflejados también en los precios y esquema de tarifas para el consumidor. Por ejemplo, en la tarifa comercial Horaria en Media tensión (HM[59]) para usuarios con una demanda de 100kW o más (la última tarifa en media tensión antes de "saltar" a la venta de la energía eléctrica en alta tensión), en BCS su horario de cobro en tarifa punta (es decir el más alto) es de las 12:00 horas a las 22:00 horas entre semana la semana, mientras que para la región norte del país es de 20:00 a 22:00 horas[60], es decir, a una empresa con procesos industriales de mediano a gran calado le es prácticamente incosteable operar en la región debido a los altos costos comparativos del kilo-watt-hora del horario punta, situación que además se ve reflejado en los precios más altos del país[61] en esta tarifa (solo superado por el estado Baja California).

Es importante mencionar el que grueso de los usuarios identificados en la Gráfica 6 como: "usuarios industriales y de servicios", que representó el 55% del

[58] Fuente: elaboración propia con datos de (CFE, 2008).

[59] Al ser una tarifa horaria, los costos del kWh varían en diferentes horas del día. Existen tres precios: base, intermedia y punta; el precio del kWh en horario punta es el de mayor costo. En la parte norte del país es posible por ejemplo, detener el funcionamiento de una industria durante dos horas (20:00 a 22:00 horas) para no consumir energía eléctrica durante los horarios de cobro en kWh punta. Sin embargo en BCS el horario punta abarca de las 12:00 horas hasta las 22:00 horas, algo que hace casi imposible la operación de industrias que requieren trabajar las 24 horas en este tipo de horario. Las tarifas comerciales de CFE son las tarifas 2, 3, OM y HM.

[60] Información disponible en: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=HM

[61] Los precios por región y por tarifa son publicados por CFE en su portal electrónico. Disponible en su versión electrónica en: http://www.cfe.gob.mx/paginas/Home.aspx

consumo de la energía eléctrica total generada durante el año 2010 en el estado de BCS fue consumido por este sector, en esta tarifa horaria en media tensión.

3.1) Consideración sobre el transporte.

Antes de la era de los combustibles fósiles y del vehículo equipado con motores de combustión interna los medios de transporte se limitaban a velocidades promedio de 5 kilómetros por hora, como en la antigua Roma (Baccini & Brunner, 2012). Estos vehículos eran tirados por bestias de carga (caballo, mulas y/o bueyes) y las velocidades máximas que podían alcanzar era entre 10 y 13 kilómetros por hora, esto con una capacidad de carga de 100 a 120 kilogramos.

La fuente energética principal para este medio de transporte era el alimento para estos animales, evidentemente, provenía de la transformación energética obtenida por las plantas a través del proceso de fotosíntesis. Es decir, el esquema energético provenía directamente de la disponibilidad de biomasa en la región.

Esto también sin duda limitaba los flujos metabólicos de esta y otras regiones. El promedio de velocidad de un ser humano caminando es de un metro por segundo, equivalente aproximadamente a 3.6 km/h[62]. Evidentemente en el periodo de recolectores y cazadores esto limitaba el área de interacción y la capacidad de carga de flujos metabólicos; más aún en una región como BCS donde en las horas medias del día es muy difícil caminar más de una hora bajo el sol de verano, las condiciones bioclimáticas representaban un gran reto para el desplazamiento en esta modalidad (situación que se espera se agrave como consecuencia del cambio climático).

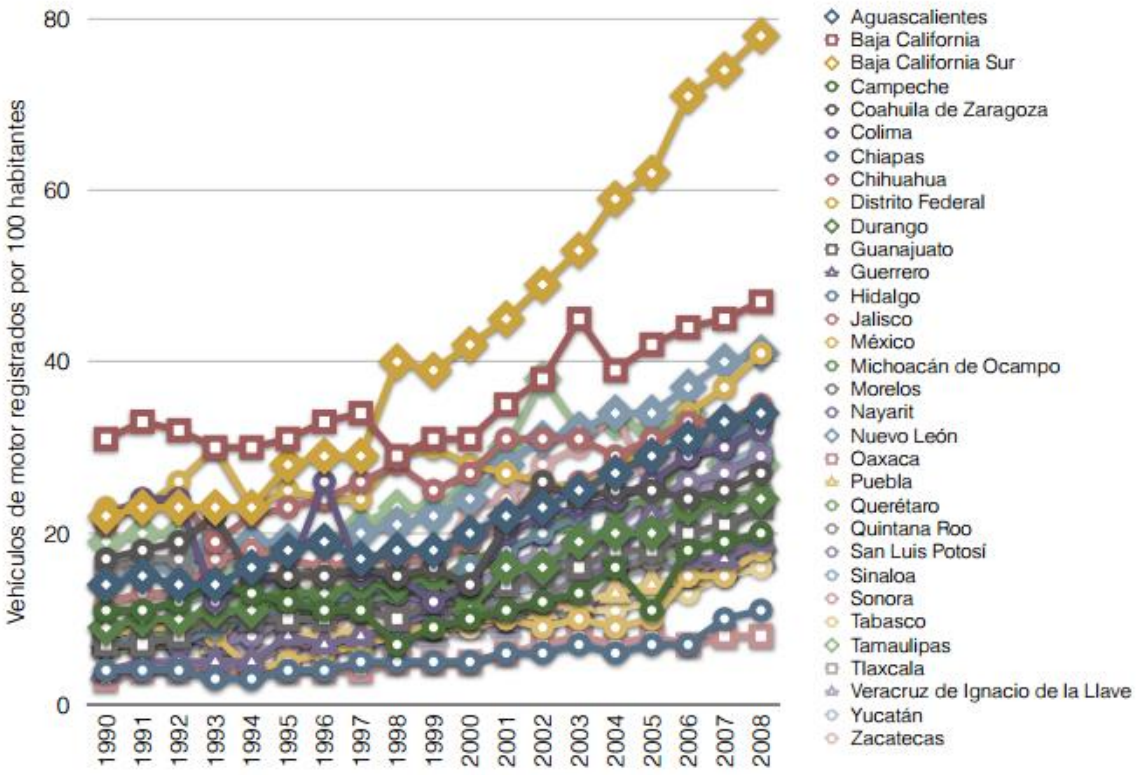
Posteriormente, con el uso del motor de combustión interna estos promedios de velocidad se incrementaron desde los 50 kilómetros por hora hasta los 120 kilómetros por hora. En comparación con el abastecimiento energético anterior, la energía que ahora mueve a estos vehículos proviene principalmente de combustibles fósiles. En el sistema analizado el transporte fue un factor

[62] Dato disponible en: http://thinkmetric.org.uk/speed.html ("Think Metric!," 2015)

fundamental para la explosión de la demanda energética metabólica. Según el Plan Estatal de Cambio Climático para B.C.S. (PEACC-B.C.S.) del año 2012, el 52.66% de las emisiones de GEI corresponden a este rubro.

Este estado se coloca como el más motorizado del país (ver Gráfica 7), con altos consumos de combustible para abastecer el gran número de vehículos. El grueso del parque vehicular tiene más de 10 años de antigüedad (Ivanova & Gámez, 2012).

Gráfica 7. Tasa de motorización por estado de la República Mexicana por cada 100 habitantes.



Fuente: elaboración Alfredo Bermúdez con datos de INEGI para taller sobre energía renovables de CERCA[63].

Por supuesto, las rutas marítimas jugaron un papel importante. Los primeros buques eran movidos por remo y velas, y posteriormente por máquinas de vapor, como fue el caso de Santa Rosalía en la época de la industria minera. Esto

[63] Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental. Sitio oficial disponible en su versión electrónica en: www.cerca.org.mx

permitió un sistema de comercio colonial que abasteció de materiales y energía diferentes regiones del planeta; como ejemplo claro de esto, es que el destino final del cobre extraído de BCS, fue la ciudad de Londres, hasta donde fue rentable energética y económicamente transportar este material.

Regresando a la época actual, el sistema de abastecimiento de BCS para el rubro de transporte tiene una dependencia energética del exterior del sistema, cada vez más fuerte. Actualmente existen en la estación de Punta Prieta una terminal petrolera con 6 tanques para combustible, cuenta con un muelle en T de 105 metros de longitud y 22 metros de largo. Estos tanques funcionan como reservas de combustible para el transporte por tierra y para abastecer a la matriz energética que se describió previamente. Así, el grueso del abastecimiento de combustibles de origen fósil (diésel, combustóleo y gasolinas) se realizar por un solo punto de acceso hacia el sistema metabólico de análisis; de ahí son distribuidos los combustibles a casi 100 estaciones de servicio y los tres aeropuertos del estado[64].

El grueso de las mercancías y materiales que se mueven hacia BCS también llegan por el mar. Estos arriban principalmente hacia el puerto de Pichiligue. Este punto de acceso también sirve como fuente puntual de información, ya que el Sistema Portuario Nacional registra el movimiento de carga bajo diferentes clasificaciones, las cuales es posible ajustar para el análisis metabólico de la región.

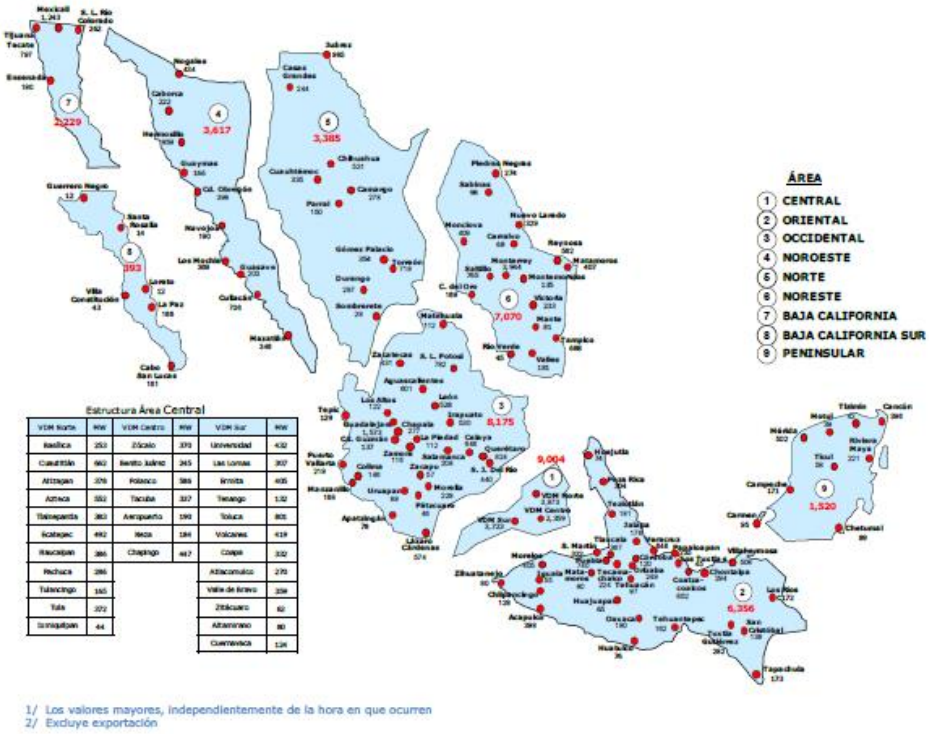
[64] Fuente: http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1948

3.2) Proyección hacia el corto y mediano plazo de la matriz energética eléctrica.

Es interesante analizar el tratamiento energético que se le da al estado de BCS por parte del Gobierno Federal. En el Programa de Obra e Inversión del Sector Eléctrico (POISE) 2012-2026 se señala que: “en el estado de BCS no existen recursos energéticos en la región que hagan posible la incorporación de diversas tecnologías de generación”, es decir, el recurso energético solar o eólico, no aparece en el horizonte de planeación, o cuando menos no de manera clara como un elemento estratégico determinante.

A nivel nacional, el SEN está dividido en nueve regiones. 1. Central, 2. Oriental, 3. Occidental, 4. Noroeste, 5. Norte, 6. Noreste, 7. Baja California, 8. Baja California Sur y 9. Peninsular (ver Ilustración 15). La región de BCS es la que presenta un mayor crecimiento porcentual anual de demanda energética. Sin embargo, la cantidad de los flujos energéticos representados por esta entidad son mínimos en comparación con los flujos de otras regiones.

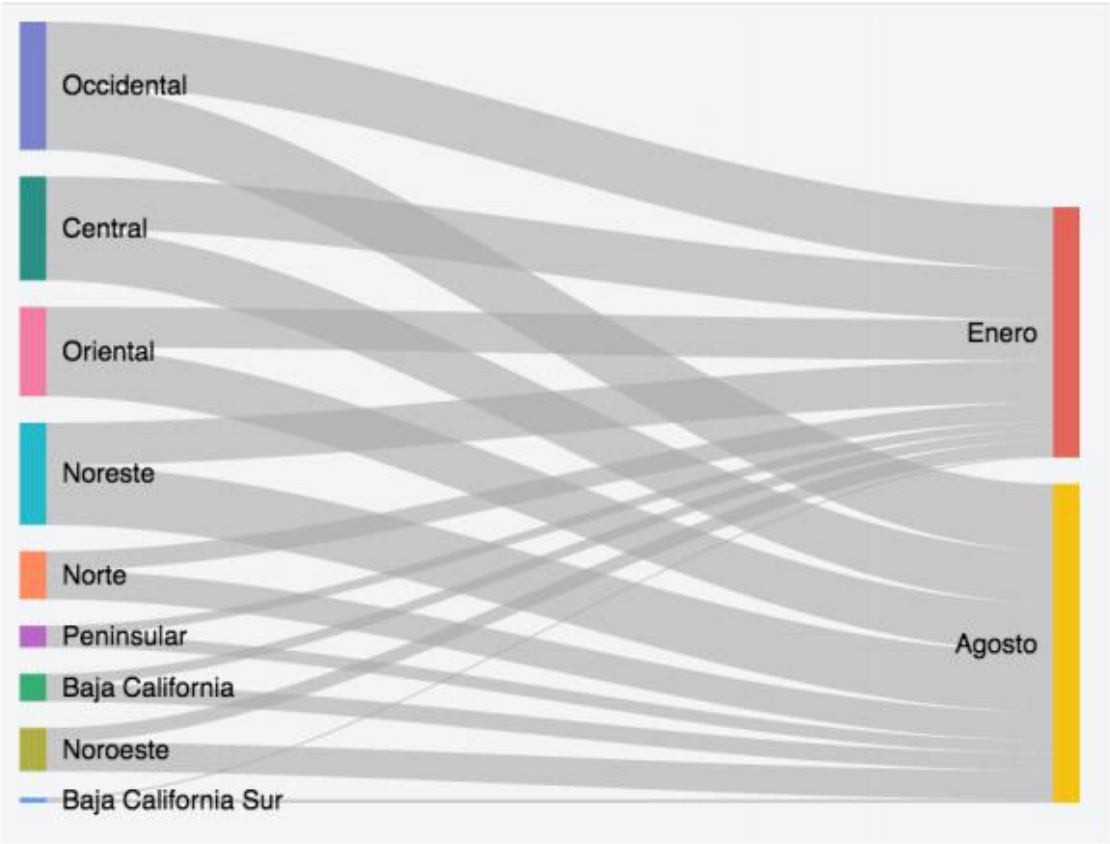
Ilustración 15. Regiones de división del SEN y demandas máximas por región año 2010.



Fuente: POISE 2012-2026, CFE.

Para ilustrar los flujos energéticos entre regiones y lo que en términos comparativos de generación de energía eléctrica representa la BCS, se presenta el diagrama de Sankey de la Figura 8 con las variaciones de invierno y verano promedio entre regiones. De esta manera, se podría entender de manera gráfica lo que en flujos energéticos representa el estado para la República Mexicana. Es prácticamente insignificante. Esto presenta una debilidad pero al mismo tiempo una fortaleza.

Figura 8. Diagrama de Sankey comparativo de generación promedio de energía eléctrica entre regiones para los meses de enero y agosto representativos de las estaciones de invierno y verano para el hemisferio norte respectivamente.



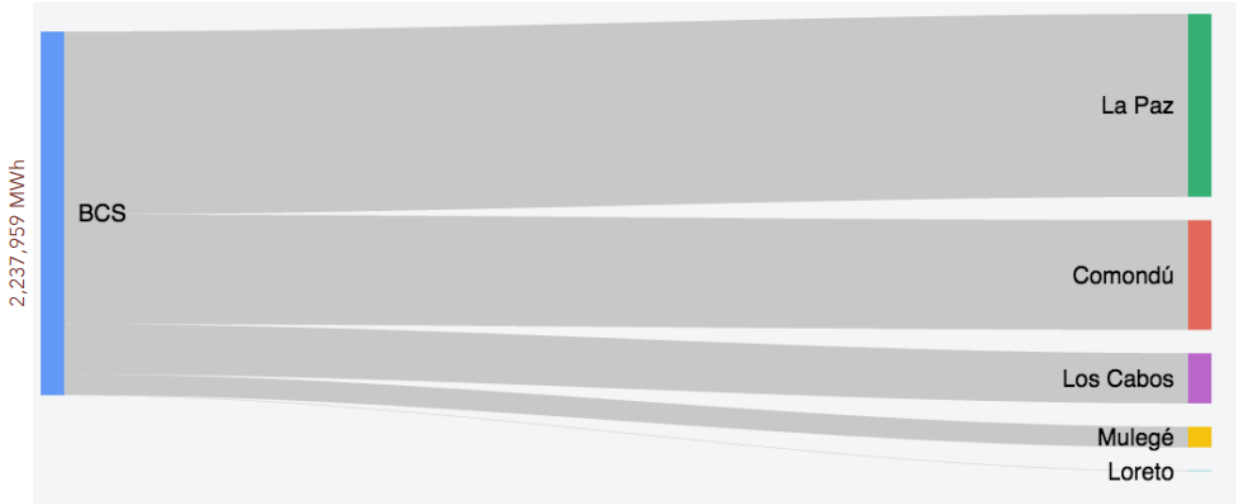
Fuente: elaboración propia con datos de CFE, SENER y CENACE.

Por otro lado, a nivel local entre municipios, también existen restricciones, no solo por las dimensiones de los flujos y/o económicas, sino también restricciones ambientales severas como las presentadas en la región de Los Cabos, en el extremo sur de la península, justo donde se ubican los grandes centros de consumo.

En el POISE 2012-202 se plantea la incorporación de más puntos de generación de energía eléctrica en la zona de la ciudad de La Paz cabecera municipal, ahí se señala que en esta zona no existen dichas restricciones. En términos prácticos los habitantes de la ciudad de La Paz y sus zonas colindantes, con el paso del tiempo pagarían cada vez más, los costos colaterales de estas

prácticas. Los cuales aún no están estudiados ni cuantificados. Aunque se cumplen con los requisitos de documentales de análisis de impacto ambiental no se tiene un trabajo de seguimiento acumulativo de la implementación de estas tecnologías de generación eléctrica.

Figura 9. Diagrama de Sankey con flujos representativos de generación de energía eléctrica por municipio del estado de BCS.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIE, SENER e INEGI.

En el diagrama de Sankey de la Figura 9 es posible dimensionar por medio del ancho de las barras del diagrama la proporción de generación de energía eléctrica que aporta el municipio de La Paz para el estado de BCS La imagen representa las proporciones de generación para un mes de verano típico, particularmente para el año 2016. El grueso de la generación se realiza en La Paz y fluye hacia la zona de Los Cabos, donde se encuentra una generación mínima comparativa.

Para ilustrar la concentración de la generación de energía eléctrica comparativa en el municipio de La Paz, para el año 2015 la estación de generación Baja California Sur I (independiente de la estación de Punta Prieta) contaba con 4 unidades de combustión interna localizadas a escasos kilómetros de la ciudad de La Paz (ver Fotografía 7). Para este año entrará en operación una unidad más que ya se encuentra en condiciones de iniciar operaciones. Los

efectos visuales de las emisiones son cada vez más apremiantes (ver Fotografía 8). In incremento del 7% anual de crecimiento en demanda energética representa aproximadamente una planta de generación de energía eléctrica de 40 MW extra al año.

Fotografía 7. Estación de generación eléctrica Baja California Sur I con cuatro unidades en operación para el año 2015.

Fuente: Fotografía Alfredo Bermúdez, 2015.

Para hacer frente a estos retos crecientes de demanda energética eléctrica para esta región se han planteado de manera oficial en los documentos de planeación del Gobierno Federal tres opciones que se están estudiando a detalle, algunas de ellas han tenido ejercicios ya de licitación federal para su implementación. Las tres opciones a las que se les ha dado seguimiento son:

1. Interconexión eléctrica del sistema BCS con el SEN.
2. Abastecimiento de la matriz energética de BCS con gas natural.
3. Instalación de reactores nucleares pequeños interconectados a la matriz energética actual.

Fotografía 8. Unidad de generación Baja California Sur I, con cuatro unidades en operación y una más preparada para ponerse en marcha en el año 2017.

Fuente: El Organismo, red social de Facebook.

3.2.1) Interconexión del sistema BCS con el SEN.

Una de las opciones tecnológicas e infraestructura planteadas por el gobierno federal para reducir el aislamiento energético, para aumentar la seguridad en el abastecimiento y disponibilidad de energía es la interconexión con

el sistema eléctrico nacional mediante un cable submarino[65]. Este proyecto se encuentra proyectado para entrar en operación para el año 2018. Este esquema involucra, según el proyecto, directamente a los sistemas aislados de Santa Rosalía y Guerrero Negro (al norte de BCS). La interconexión se realizaría desde la Bahía de Kino en el estado de Sonora.

Figura 10. Proyecto de interconexión del sistema de BCS con el SEN.

Fuente: POISE 2012-202, CFE.

Para la implementación del proyecto sería necesario la construcción de líneas de transmisión en 230 kilo-Volts en la península, para conducir la energía a los centros de consumo hasta el sur donde se encuentra el grueso de la demanda, en la zona de La Paz y principalmente Los Cabos (ver Figura 11).

[65] El Anexo E del POISE 2012-2026 se presenta el proyecto de interconexión del sistema eléctrico de BCS al sistema interconectado nacional.

Figura 11. Esquema de interconexión de la región de B.C.S con el SEN con puntos de conexión hasta el sur de la península.

Fuente: POISE 2012-202, CFE.

3.2.2) Abastecimiento de la matriz energética de BCS con gas natural.

Por otro lado se encuentra el tema de la gasificación planteada en el POISE 2012-2026. Ahí se señala que la falta de infraestructura ha impedido la instalación de plantas de generación de mayor eficiencia. Está operando ya un programa federal de desarrollo de infraestructura para “gasificar” los estados de Sonora y Sinaloa (ver Figura 12), todo esto basado en los altos niveles de reserva de gas natural de los Estados Unidos y los bajos precios de este combustible en los mercados de Norteamérica.

Figura 12. Gasoductos del estado de Sonora y Sinaloa para proyecto de abastecimiento de la matriz energética de BCS con gas natural.

Fuente: PIOSE 2012-2026, CFE.

Este proyecto impulsa la modificación tecnológica de la matriz energética actual, así como el uso de diésel para plantas de Turbogás con entrada en operación para diferentes años (ver Tabla 11). Además, se espera retirar de operación centrales menos eficientes y con altos niveles de emisiones de contaminantes. Por otro lado, de acuerdo a los programas de incremento de demanda de energía eléctrica para B.C.S. y la instalación de plantas de generación ya programadas para integrarse a la matriz de generación sería necesario el desarrollo de un gasoducto entre la ciudad de La Paz y el poblado de Todos Santos. Esto es, un punto de conexión entre la estación de desembarque del gas natural y uno de los puntos programados para su consumo con una planta de generación eléctrica abastecida con este combustible. En la Figura 13 se encuentra trazado un posible trayecto presentado en el POISE 2012-2026 por CFE.

Tabla 11: Proyección a futuro de la matriz energética en BCS.[66]

Año	Nombre	Unidad	Tipo	MW
2016	Los Cabos	1	Turbogás a base diésel	30.0
2016	Los Cabos	2	Turbogás a base diésel	27.4
2016	Los Cabos	3	Turbogás a base diésel	27.2
2018	Ciudad Constitución	1	Turbogás a base diésel.	33.2
2018	Punta Prieta II	1 y 2	Termoeléctrica convencional.	75.0
2025	La Paz	1	Turbogás a base diésel.	18.0
2025	La Paz	2	Turbogás a base diésel	25.0

Fuente: POISE 2012-2026, CFE.

Figura 13. Trazo posible del gasoducto para BCS.

Fuente: POISE 2012-2026, CFE.

[66] Fuente: Elaboración propia con datos de: (CFE, 2008)

3.2.3) Instalación de reactores nucleares pequeños interconectados a la matriz energética actual.

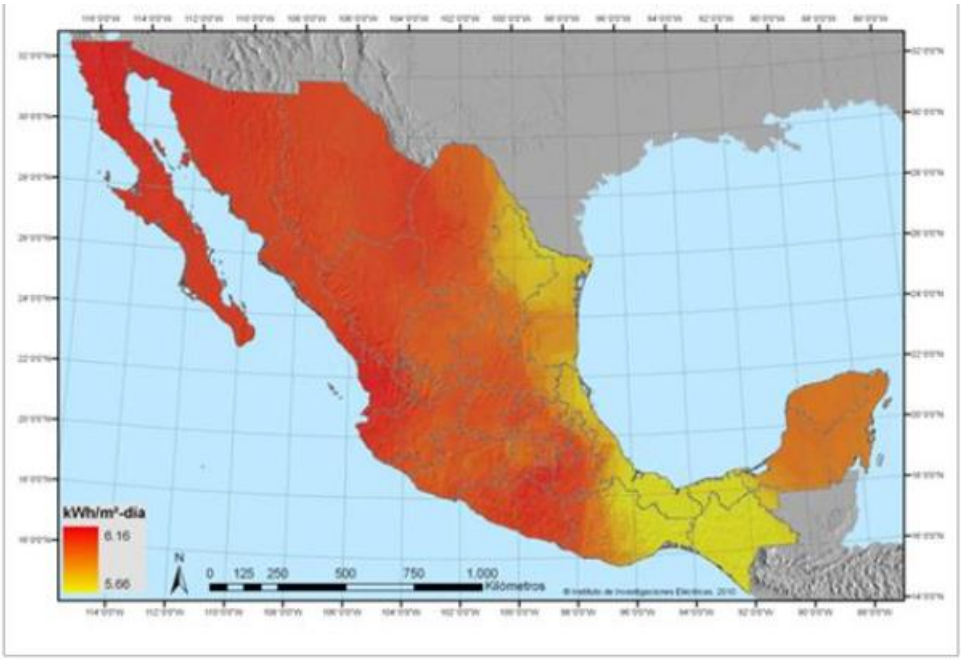
En esta opción se está considerando el proyecto de instalación de una planta de ciclo combinado por medio de un reactor nuclear tipo SMART. La investigación estuvo a cargo de un grupo de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Estos reactores nucleares son modulares de relativas pequeñas dimensiones, del orden de los 100 mega Watts de potencia. Para el análisis se valora el tema de las emisiones de GEI, la cogeneración de electricidad y agua potable (para hacer frente a las condiciones de falta de agua en la región), y finalmente un análisis probabilístico para determinar riesgos.

En la propuesta analizada en el POISE 2012-2026 se concluye que la implementación de este proyecto tendría una reducción de emisiones de CO_2 del orden de 354, 000 toneladas al año con un horizonte de operación de 60 años, es decir una reducción total de 21, 200, 000 toneladas de CO_2, además de los beneficios obtenidos por la generación de agua potable.

3.3) El panorama de las energías renovables.

Existe un amplio potencial energético identificado para las energías renovables en la región BC, sobre todo para la energía solar que ubica a la zona con los índices más altos de radiación por metro cuadrado (ver Figura 14). En el área podemos encontrar valores superiores a los 7 kWh/m² en verano (Bermúdez, 2012). La Prospectiva de Energías Renovables 2012-2016 señala que se pueden alcanzar en México valores superiores a 8.5 kWh/m². En la matriz actual se encuentra operando una central fotovoltaica de 1 MW.

Figura 14.Irradiación diaria promedio anual en el territorio nacional (kWh/m²)



Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026, CFE.

La región se encuentra identificada dentro de los esfuerzos que se han materializado en generación geotermoeléctrica a nivel nacional. Dentro de la matriz estatal se encuentra el proyecto Tres Vírgenes que cuenta con 2 unidades de generación que entraron en operación en el año 2000 con una capacidad instalada total de 10 MW. Además la zona es identificada con áreas donde se pudiesen realizar algunos otros proyectos en este sentido (ver Figura 15).

Figura 15. Zonas con potencial geotérmico en México.

Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026, CFE.

La zona de BCS también se encuentra identificada con instalaciones de energía eólica, con un generador de 0.6 MW instalado en la localidad de Guerrero Negro al norte del estado. Para México el Instituto de Investigaciones Eléctricas asigna el mayor potencial eólico en la zona del istmo de Tehuantepec. Sin embargo se han encontrado potenciales eólicos en otras partes de la zona de estudio con estimaciones que van desde 2.6 a 6.2 metros sobre segundo a 10 metros del suelo hasta los 5 a 8 metros sobre segundo a 30 metros sobre el suelo (Bermúdez, 2012).

Para el área de la bioenergía, es decir energía generada a partir de los desechos sólidos urbanos, desechos de agropecuarios y/o biomasa se han estimado potenciales en BCS que van desde los 10 MW a los 40MW (Bermúdez, 2012).

En el sistema metabólico convergen varios factores que pueden ser utilizados como una fortaleza para el reto de la implementación de las energías renovables. Los altos costos de generación de energía eléctrica por medio de combustibles fósiles hacen competitivo la instalación de paneles solares en

mediana y pequeña escala. Al ser una región aislada geográficamente los desechos difícilmente generados en el sistema difícilmente se pueden “exportar”, eventualmente estos se pueden utilizar para generar energía eléctrica. Además los picos de consumo diario coinciden con la hora del día con mayor radiación solar en la región; con las consideraciones técnicas necesarias la energía solar podría ser una fuente primordial de energía hasta cierto punto.

Finalmente, las dimensiones de espacio y de número de usuarios podrían ofrecer oportunidades únicas de implementación, proyectos y logro de objetivos de reducción de emisiones mediante fuentes de energía renovables ya que el número de actores e instituciones involucradas en la toma de decisiones son, en número, menor que en otras regiones. Esto eventualmente podría ser una gran ventaja para el logro de consensos y seguimiento e objetivos.

4) CAPÍTTULO IV: ANALISIS METABÓLICO DE BCS.

En este capítulo se analizan los flujos metabólicos con énfasis en los flujos energéticos mediante la metodología descrita anteriormente. Se identifica para el sistema metabólico de BCS las transiciones históricas entre los diferentes modos de subsistencia de los habitantes y la manera en que esto se ve reflejado en términos energéticos.

La frontera que delimita políticamente el estado de BCS se utiliza como límite metabólico para el análisis de entrada de los flujos de materiales y de energía. Es decir, se utiliza conceptualmente la frontera establecida con la división político-administrativa como estructura analógica metabólica. Además de delimitar el área de estudio, también facilita el procesamiento y obtención de la información para el análisis, sobre todo en la época actual donde existe información disponible más estructurada y de manera más continua sobre los flujos de materiales y energía hacia esta región.

La perspectiva histórica energética es fundamental para entender las relaciones e interacciones del sistema social con el ecosistema. El cambio en los flujos de energía se asocian con transiciones entre diferentes modos de subsistencia, como podría ser entre un sistema basado en la agricultura o un sistema industrial, esto aporta un esquema de análisis fundamental para el encausamiento de políticas que contribuyan a lograr un desarrollo sustentable (Haberl, 2002).

El mayor reto para la identificación de los flujos metabólicos se encuentra en la reconstrucción de estos a través de la historia. Para esto se acudió a una reconstrucción historiográfica realizada por el autor, principalmente a través de datos cuantitativos históricos clasificados cualitativamente de acuerdo la posición en el proceso metabólico socioeconómico. Se utilizaron herramientas computacionales de análisis y cálculo para tratar de organizar y presentar de una manera más clara la información.

Evidentemente, la reconstrucción no es perfecta, pues se hace desde el aquí y ahora, evocando a Betancourt, esta reconstrucción "…no está determinada por la naturaleza y sentido del pasado, sino por la configuración estructural de su mismo presente -el lugar de la observación- " (Valero, 2016, p. 161). Evocando también el sistema teórico de Niklas Luhman (descrito en el marco conceptual) se realiza este esfuerzo con el anhelo genuino de abonar al análisis de la práctica de la sustentabilidad mediante "…la comunicación como espacio común, terreno compartido donde las diferentes observaciones pueden estabilizarse" (Valero, 2016, p. 163).

4.1) Consideraciones iniciales cuantitativas y cualitativas metodológicas.

La problemática ambiental o el cambio climático no trata solamente de consumos energéticos, sino que, como se describió en el marco conceptual, esta interacción entre sociedad y naturaleza vibra en una relación compleja de flujos. Para iniciar con estas consideraciones podemos decir que el análisis no se basa solamente en el rastreo de combustibles fósiles actuales, aunque en determinado momento estos toman un papel determinante (recordemos los flujos críticos del trabajo de Wolman). También el tema de biomasa o la energía asociada a esta puede ser una restricción determinante. Sobre todo para una región como B.C.S. con sus múltiples restricciones.

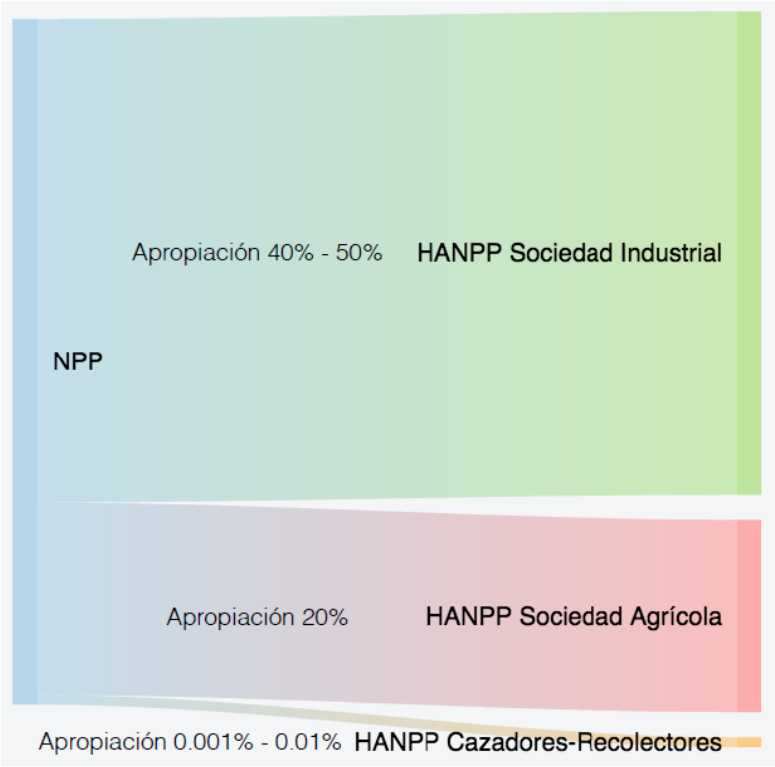
La cantidad de energía asociada a la productividad biológica de las plantas o las cosechas se identifica como Net Primary Production (NPP, por sus siglas en inglés), también entendida como utilización de biomasa para producción de energía (Haberl, 2001, p. 14) o "la producción de vegetación una vez descontada la gastada en la respiración de las plantas, y que, por ello mismo, constituye la base para el mantenimiento de todos los seres vivos heterótrofos" (Carpintero, 2007, p. 26) .

La apropiación de esta energía o productividad por parte del sistema socioeconómico para consumo humano analizado se identifica como Human Appropiation of Net Primary Production (HANPP, por sus siglas en inglés)(Fischer-Kowalski & Haberl, 1997; Haberl, 2001), a escala planetaria se estima que la HANPP se sitúa entre el 20% y 40% (Carpintero, 2007), también es un indicador de presión para la biodiversidad de la región[67].

La energía total que es recibida por las plantas es identificada como Gross Primary Production (GPP, por sus siglas en inglés), esto es la energía total radiante convertida por las plantas en substancias ricas energéticamente. NPP sería el resultado de la resta de GPP menos la energía usada por las plantas para llevar a cabo su proceso interno metabólico (Haberl, 2001, p. 20). Las apropiaciones de energía por tipo de organización social se estiman como se muestra en la Figura 16.

[67] Environmental Justice Organisations, Liabilities and Trade, disponible en su versión electrónica en: http://www.ejolt.org/

Figura 16. Diagrama de Sankey con porcentajes de apropiación proporcional de NPP según el tipo de organización social.



Fuente: elaboración propia con datos de (Carpintero, 2007).

Para el caso de los flujos tróficos internos metabólicos (del sistema), de la energía derivada de los parámetros anteriores, se le puede dar seguimiento a través de esta energía como alimento para consumo humano o para consumo animal y finalmente como trabajo, en términos energéticos (ver Tabla 12).

Tabla 12: Características analizadas bajo la metodología de Metabolismo Energético de Haberl.

Característica	*Descripción*
Todos los inputs energéticos de una sistema social	Todo material o sustancia rico en energía que cruza el límite entre el sistema analizado y el ambiente, así como toda la biomasa interactuante en el mismo sentido. La energía equivalente de los todos los materiales combustibles basados en su poder calorífico.
Los aspectos nutrimentales de los seres	Se realiza un proceso de conversión de energía

humanos y los animales domésticos dentro del sistema en cuestión.	y se contabiliza. Todo input de "alimento humano" o trabajo animal es definido como energía final. Todo input de alimento para animales domesticados es contabilizado como parte de la conversión de energía primaria a energía final
El trabajo desarrollado por humanos o animales	Está dentro del área de energía útil o disponible.

Fuente: elaboración propia con metodología de (Haberl, 2001)

Para el análisis de los flujos importados al sistema metabólico es importante considerar que estos fueron determinantes históricamente solo hasta la importación de las 1,500 toneladas de carbón descritas y/o los flujos de combustible de abastecimiento para los distritos mineros, los cuales fueron transportados hasta la región.

El espacio de análisis temporal que se lleva a cabo para el sistema metabólico inicia en el año 1600 con la estimación del número de habitantes de la región para ese entonces. El análisis finaliza con los datos para el año 2014.

Este proceso de análisis, como la misma metodología es un proceso vivo, es necesario continuar construyendo la información para afinarla. Para analizar de manera conjunta todos los datos se utilizó de manera inicial una tabla de Excel con 176 filas por 53 columnas; 9, 328 celdas, de esta tabla se derivaron múltiples tablas y gráficas para el análisis por separado. Ante la imposibilidad de integrar a un documento como este las tablas impresas que guarden las relaciones puntuales de las conversiones mediante los parámetros y estimaciones se reconstruye de nueva cuenta en lo sucesivo a través de los resultados principales con el desarrollo de los cálculos y estimaciones hasta el detalle donde lo permite la redacción.

La base de medición cuantitativa utilizada es Giga-Joules (GJ)[68] per cápita por año (GJ/cap.*año).

[68] 1GJ= 10^9 J (SI) = 2.39 x 10^5 kcal = 9.48 x 10^5 BTU = 23.0 toe.

4.2) Análisis metabólico desde los primeros pobladores de la península con un modo de subsistencia de cazadores – recolectores.

Existe más o menos un conceso sobre el número de indígenas de la California que habitaban la región. Algunos autores señalan que vivían en la zona cerca de 40,000 (Piñeda, 2014) o 50,000 (Martínez, 2005) habitantes. La distribución específica en la península no es del todo clara. Para Martínez (2005) el número de habitantes para la parte sur pudiese haber sido de 10,000 habitantes. Para fines de cálculo se toma la primera cifra como punto de partida, para analizar las variaciones en cuanto a demanda energética. La primera variación del número de habitantes en la región de la cual se da cuenta es el registro del número indígenas evangelizados, con un total de 7, 000 de ellos, esto para el año 1768 (ver Gráfica 8).

Haberl describe al sistema de organización social de recolectores-cazadores como un “sistema energético solar descontrolado” (Haberl, 2002), ya que básicamente se mantiene de la recolección de biomasa “natural” sin la implementación de un sistema o mecanismo agrícola de cosecha y/o producción. Es decir, se basa prácticamente en el consumo energético proveniente directamente del sol, sin ninguna intervención extra, más que la acción natural.

Sus actividades dependen energéticamente del proceso de fotosíntesis realizado por las plantas. El total del equivalente energético señalado para el esquema de organización social de cazadores-recolectores corresponde, para este caso, a la energía final utilizada. Ya que no se realizaban otras actividades que requirieran el abastecimiento o uso de energía, más que la de subsistencia.

El parámetro energético de consumo diario por habitante, de esta metodología, para este tipo de organización social, es de 10 MJ diarios o 3.5 GJ/cap.*año; parámetro utilizado para estimar el consumo como provisión primaria energética de subsistencia.

Por supuesto, existen pérdidas y/o utilización de elementos recolectados en el proceso de caza-recolección que deben ser contabilizados; se estima que para proveer esta cantidad de energía de manera individual es necesario un flujo energético del doble de lo mencionado 7 GJ/cap.*año (incluye cocción de alimentos) (ver Tabla 13).

Para el abastecimiento y mantenimiento energético esencial humano para los habitantes de la región hasta antes del año 1600 era de un total de 140, 000 GJ de energía primaria al año. Si se toma en cuenta la energía necesaria para la cocción de alimentos y algunos otros requerimientos menores los flujos energéticos ascenderían a un total de 280,000 *GJ/cap.*año*.

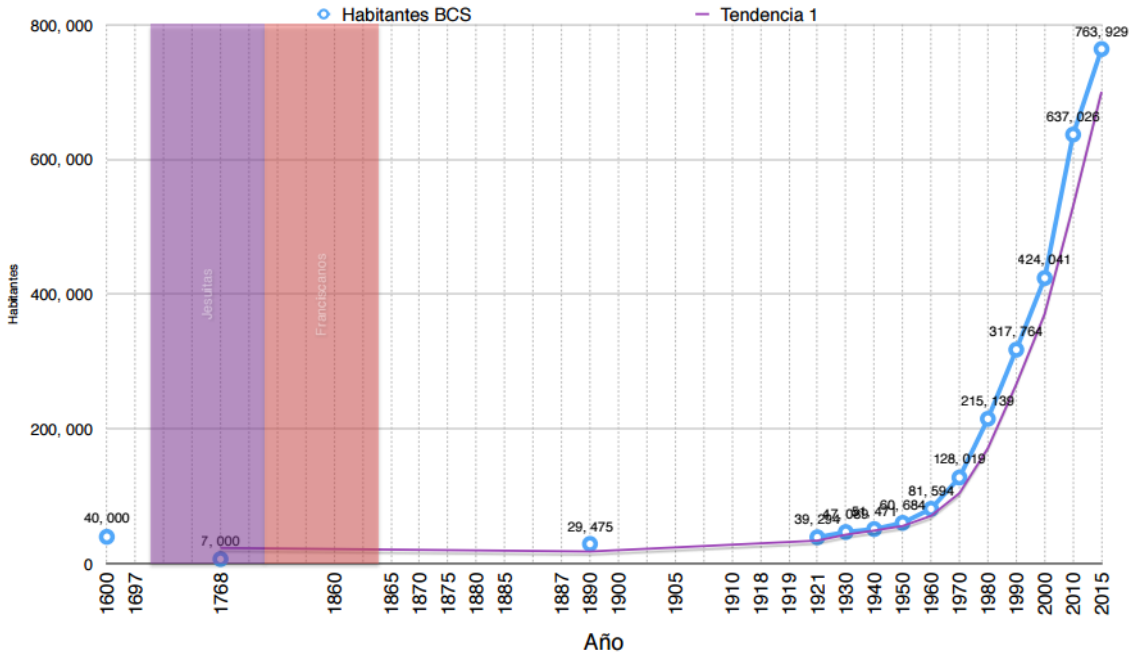
Si tomamos en consideración que este sistema de organización social sólo utiliza el 0.01% de la energía NPP, el orden de la cantidad de energía disponible de manera natural en la región analizada sería de 2.8 x 10^9 GJ anuales.

Tabla 13. Parámetros de subsistencia que se asumen para los cálculos en el esquema de organización social cazadores-recolectores

	GJ/Cap*año
Alimentación humana	3.5
Coccion de alimentos y básicos	3.5
Total	7

Fuente: elaboración propia con datos de (Haberl, 2002).

Gráfica 8. Habitantes de B.C.S. desde el año 1600 hasta el año 2015. En color morado se presenta el periodo caracterizado por los intentos de colonización secular de la orden Jesuita y en color rojo el periodo de la orden franciscana.



Fuente: elaboración propia con integración de datos históricos y datos oficiales de INEGI.

Posteriormente, con los intentos de colonización secular se da cuenta de que en el territorio se contaban 7, 000 nativos para el año 1768, por lo que los requerimientos energéticos equivalentes serían para este caso 49, 000 GJ/cap.*año.

El equivalente energético anual de los requerimientos en estos dos años en los que se tiene documentado la cantidad de habitantes de la zona sería como se señala en la Tabla 14. Es el nivel de análisis más básico, prácticamente la energía se utiliza para la subsistencia de los individuos en esta región. Toda la energía proviene de la biomasa disponible en la zona.

Tabla 14. Equivalentes energéticos para organización de cazadores-recolectores en los años señalados.

Año	GJ/Cap*año	Habitantes	Equivalente
1600	7	40,000	280,000
1768	7	7,000	49,000

Fuente: elaboración propia.

4.3) Requerimientos energéticos a partir de del año 1857.

Después del año 1823 con la expedición de las leyes de colonización se integra la siguiente modificación en los flujos energéticos y se inicia con el desarrollo de los ranchos, la ganadería y agricultura, aunque continua bajo un esquema de subsistencia. En estos flujos se integra, además de los consumos humanos, la transformación energética de alimento para abastecimiento animal, en la metodología para uno de los casos analizados en este esquema se le asigna a este parámetro un valor de 17 GJ/cap.*año, aquí se asume el mismo valor para el ejercicio práctico, aunado a la cantidad de energía para alimentación, cocción de alimentos y básicos.

Tabla 15. Parámetros de subsistencia que se asumen para el esquema de organización social en rancherías.

	GJ/Cap*año
Alimentación humana	3.5
Cocción de alimentos y básicos	3.5
Alimento para animales de trabajo	17
Total	24

Fuente: elaboración propia.

El siguiente dato de contabilización de habitantes en la región, data del año 1857 donde se señala que residían en la zona 9, 713 personas. A falta de datos sobre las características y número de animales, y considerando el esquema de cambio modo de vida, se asume que se integra al nuevo parámetro de 17 GJ los requerimientos energéticos también para animales domesticados, en el mismo sentido, de subsistencia.

El total de requerimiento energético estimado por habitante posterior al año 1857 sería de 24 GJ/cap.*año (ver Tabla 16); es decir, los requerimientos energéticos ascenderían para ese mismo año a *223, 112 GJ/cap.*año*. La

extracción de oro registrada en ese año es de 1, 788 toneladas. Aunque el modo de subsistencia estaba cambiando los requerimientos energéticos totales sistémicos se redujeron, esto se debe a que el número considerado de habitantes era relativamente mayor.

Tabla 16. Equivalentes energéticos para organización de rancherías en los años señalados.

	GJ/Cap.*año
Alimentación humana	3.5
Cocción de alimentos y básicos	3.5
Alimento para animales de trabajo	17
Total	24

Fuente: elaboración propia.

Hasta este punto los requerimientos energéticos principales eran abastecidos con fuentes “internas” del sistema de análisis, en condiciones, desérticas de escaseces ya descritas. Como parámetro de comparación Fischer-Kowalski y Haberl (1997) estimaron los requerimientos energéticos de biomasa en el año 1875 para la comunidad suiza alpina de Törbel, el cual resulto en 65 GJ/cap.*año, (Haberl, 2001).

El primer registro de material rico en energía importado al sistema se da en 1868 con el hito histórico energético del ingreso de las 1,500 toneladas de carbón de piedra. Energéticamente esto representaba un flujo de importación de energía equivalente a *43, 800 GJ* de ingreso para ese año. Aunque el hecho histórico fue considerable, energéticamente no tuvo implicaciones en el sistema metabólico. Además de que técnicamente, esta cantidad de energía se encontraba “encapsulada” sin fluir dentro del sistema. Se mantenía como una reserva estratégica.

Para 1869 el número de habitantes ascendía a 16, 145; con la mismas consideraciones energéticas el total de energía final sería de *387, 480 GJ/cap.*año* (ver Tabla 17*);* la producción de oro para ese año fue de 3, 771

toneladas. Para el año de 1878 se contaban en la región un total de 22, 869 habitantes. Con el establecimiento considerado ya fijo de los ranchos, y el aumento en la disponibilidad de energía por los flujos mineros se toma en consideración los 8.6 *GJ/cap.*año* ya estimados anteriormente para la utilización de biomasa por semana[69]. Es decir el total de energía final requerida por habitante cambia de 24 a 28.5 *GJ/cap.*año.*

Tabla 17. Equivalentes energéticos para organización de rancherías en los años señalados; el año 1878 se toma en consideración como año de transición.

Año	GJ/Cap.*año	Habitantes	Equivalente
1857	24	9,713	233,112
1869	24	16,145	387,480
1878	24	22,869	548,856

Fuente: elaboración propia

La producción de oro para el año siguiente sería de 16, 524 toneladas. Las estimaciones de extracción de cobre entre los años 1870 y 1884 ascendía a 42, 000 toneladas. En 1890, se identifica el siguiente salto energético cualitativo con la entrada en operación del complejo minero de Santa Rosalía y la fundación en 1889 de la compañía El Boleo. Para ese año habitaban la región 29, 475 personas; con un total estimado de energía para abastecimiento humano requerida de 840, 038 *GJ/cap.*año.* Aunque para este punto las condiciones energéticas ya estaban cambiando, se toma este paso como punto de inflexión para el siguiente año donde se tiene registrado el número de habitantes.

4.4) De la fundación de la compañía El Boleo hasta el año de 1950.

El siguiente dato encontrado, antes del conteo oficial del que INEGI tiene registro para esta región es para el año 1900. Para ese año el registro el número de habitantes era de 39, 984. Con los mismos parámetros utilizados anteriormente esto sería equivalente a un total de energía final de *1, 193,922 GJ/cap.*año.* Para

[69] Previamente se había señalado el consumo estimado de biomasa en la región, entre 336 y 480 kilogramos al año, correspondiente a 6,048 y 8,640 MJ de energía. Se toma el valor mayor estimado en 8.6 GJ/cap./*año.

este año ya existe estimación de la cantidad de hectáreas sembradas en la región, las cuales se estiman en 4,500. Evidentemente para ese año los materiales determinantes de exportación eran los metales, no los alimentos; los cuales se usaban para abastecer a la población local.

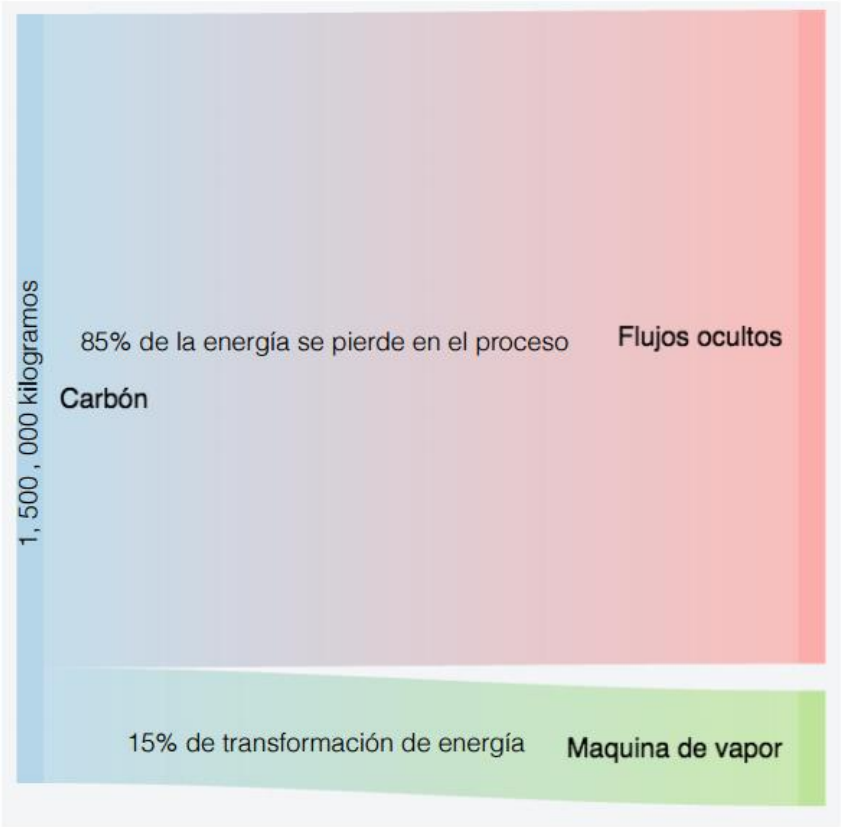
La producción de biomasa bruta de alimento por hectárea se toma en 2,400 kilogramos por hectárea, estimación realizada por Pimentel (2008) tomando en consideración la conversión de energía solar para las cosechas. Con este parámetro la cantidad de alimento producido internamente en el sistema metabólico ascendía a 10, 800 toneladas. La cantidad de energía utilizada para los cálculos aportada al sistema por kilogramo de cosecha es de 18 MJ. Para ese año la cantidad de energía asociada a las cosechas totales del año ascendía a 194, 400 GJ. La cantidad de energía per cápita calculada para esta región asociada a estos flujos energéticos, coincide de manera global con la utilizada por Haberl (2002) como cantidad de energía asociada a la alimentación humana para la región agrícola de Sang Saeng en Tailandia, estimada por Grünbühel (1998). El parámetro utilizado es de 5 GJ/cap.*año, y el correspondiente para el año 1900 en esta región es de 4.8 GJ/cap.*año. En términos energéticos, esta cantidad de alimento era suficiente para cubrir los requerimientos mínimos metabólicos humanos, que sirven como punto de partida para el análisis.

Los datos que reportan la extracción de cobre datan de algunos años atrás de 1900. Para el año de 1893 se reporta la extracción de 7, 642 toneladas; llegando hasta una extracción total de 11,297 toneladas de cobre para el año 1900. En esta época se presenta de nuevo otro hito energético histórico, pues se registra en el año de 1894 la instalación de una central de generación de energía eléctrica en Santa Rosalía. Para esa fecha la población estimada mediante extrapolación es de 33, 697 habitantes para el sistema metabólico.

De acuerdo a los datos señalados se estima que la central eléctrica generaba una cantidad de energía igual a 805.8 MJ por hora, es decir 7,057.76 GJ al año tomando en cuenta que operaban las 24 horas. Si se toma en cuenta que las máquinas de vapor de la época tenían una eficiencia de transformación de energía

del 15%, se necesitaría el equivalente de 47, 051 GJ de energía al año para mantener en funcionamiento esta maquinaria (ver Figura 17). Esto equivale aproximadamente a la energía contenida en un poco más de las 1,500 toneladas de carbón depositadas en la Bahía de Pichilingue.

Figura 17. Diagrama de Sankey de los flujos ocultos de los requerimientos energéticos estimados para alimentar una planta de generación de energía eléctrica de 300 caballos de potencia en el poblado de Santa Rosalía B.C.S.



Fuente: elaboración propia con datos estimados.

Esta dinámica daría un nuevo salto energético con la instalación en 1897 de dos unidades de vapor que entregaban un total equivalente energético a 23,525 GJ al año, esto requeriría una importación de combustible equivalente a 156, 833 GJ de energía o 3.5 veces más de energía al año que la depositada en la Bahía de Pichilingue. La producción de cobre para ese año fue de 10, 330 toneladas y la población total estimada mediante interpolación ascendía a 36, 831 habitantes.

A pesar del ingreso ya al sistema de energía importada para esta zona la cantidad de energía estimada per cápita, no sufrió una modificación considerable pues pasó de 28.5 GJ/cap.*año a 31.26 GJ/cap.*año. Finalmente ni el desarrollo de la agricultura bajo un esquema diferente y ni la importación de combustibles para ese entonces modificaron considerablemente el consumo de energía per cápita.

El siguiente pico de producción de cobre se presentó, según los registros en el año 1910. Para ese entonces la población total del sistema metabólico era de 45, 512 habitantes. Los registros indican que en la zona de San Antonio residían un total de 6, 311 habitantes y 14,121 en lo que hoy es el municipio de Mulegé. La producción total de cobre para ese año fue de 13, 000 toneladas y la producción total de oro fue de 3, 278 toneladas.

Mediante interpolación se estima una superficie sembrada de 5,995 hectáreas, con una producción energética equivalente en la cosecha estimada de 258, 984 GJ en el año. Para el año de 1909 se tiene registro del funcionamiento de más maquinaria de vapor entre ellas malacates y locomotoras. Por lo menos se tenía instalada una capacidad de 600 caballos de potencia más en maquinaria (. Esto equivale al doble de la capacidad instalada en el año de 1894, es decir, se requería para entonces la importación extra de 94, 092 GJ al año. El total de importación de energía para ese año llegó a 250, 942 GJ. El total de energía per cápita llegó a 46 GJ/cap.*año. A partir de entonces la producción de cobre empezaría a disminuir.

El primer registro de población presentado por INEGI para el estado de B.C.S. es para el año 1921 con un total de 39, 294 habitantes. Bajo las mismas consideraciones energéticas anteriores el consumo de energía final sería de a 46 GJ/cap.*año. La población para ese entonces había descendido debido, en mayor medida, al paro de la operación minera en Santa Rosalía. La población en la municipalidad de San Antonio también estaba considerablemente mermada. En 1920 la producción de registrada de cobre fue de 4, 550 toneladas menos de la

mitad de lo obtenido en 1910. La producción de oro registrada en 1921 fue de 3, 891 toneladas.

Tabla 18. Conversiones de potencia y equivalencias energéticas para maquinaria instalada.

Unidades	HP 300	HP 1000	HP 1600
Watts	223,800.00	746,000.00	1,193,600.00
kW	223.80	746.00	1,193.60
MJ*Hora	805.68	2,685.60	4,296.96
MJ*Día	19,336.32	64,454.40	103,127.04
MJ*Año	7,057,756.80	23,525,856.00	37,641,369.60
GJ*año	7,057.76	23,525.86	37,641.37
GJ*Año Importación fósil * año	47,051.71	156,839.04	250,942.46
MJ*año importación fósil * año	47,051,712.00	156,839,040.00	250,942,464.00
kg carbón * año	1,622,472.83	5,408,242.76	8,653,188.41
Toneladas de carbón * año	1,622.47	5,408.24	8,653.19

Fuente: elaboración propia con datos estimados.

Para el año 1933, el total de habitantes era de 46, 985. La cantidad de hectáreas sembradas registrada había registrado un pequeño incremento 6,000 con una producción equivalente energéticamente en 259, 200 GJ al año. Sin la importación de las cantidades industriales de energía para el sistema, el consumo de energía final registraría un pequeño descenso, quedando teóricamente en *28.05 GJ/cap.*año*. El siguiente registro de la cantidad de hectáreas sembradas documentadas es del año 1938, donde se reportan un total de 10,000 hectáreas cosechadas. Esto equivale energéticamente a 432,000 GJ al año. La población total estimada mediante la extrapolación de los datos de INEGI indica que habitaban en BCS un total de 50, 189 personas. Para estos años no se tienen datos de la importación de materiales energéticos hacia el sistema. Posteriormente se realizará un ajuste a este último factor para analizar de manera global el comportamiento de estos parámetros, para los años señalados queda establecido con los valores mencionados en GJ/Cap.*año (ver Tabla 19).

Tabla 19. GJ/Cap.*año estimados para los años 1894, 1900 y 1910 para el sistema metabólico de BCS.

Año	1894	1900	1910
	GJ/Cap*año	GJ/Cap*año	GJ/Cap*año
Alimentación humana	4.86	4.86	4.86
Cocción de alimentos y básicos	8.00	8.00	8.00
Alimento para animales de trabajo	17.00	17.00	17.00
Importación fósil	1.40	3.92	5.51
Extracción Doméstica Siembra		4.86	5.69
Total	**31.26**	**38.64**	**45.92**

Fuente: elaboración propia con datos estimados.

4.5) Análisis metabólico de la época agrícola.

La cantidad de energía de biomasa usada en el esquema de la sociedad agrícola es cerca del 20% del potencial del NPP (ver Figura 16), este parámetro limita el desarrollo de este tipo de organización social (Haberl, 2002).

Entre 1950 y 1960 se presentan la fundación de las colonias identificadas como agrícolas. Según INEGI la población para esos años era de 60, 900 y 81,600 habitantes respectivamente. En estos años inicia el apoyo del Gobierno Federal para la excavación de pozos de agua profundos en la región. Las hectáreas cosechadas para 1950 se estima en un total de 14, 588; mientras que para el año 1960 se tiene el dato oficial, el cual indica que en la región se cosecharon en ese año un total de 17, 340 hectáreas. Equivalente energéticamente a 630, 180 GJ y 749, 088 GJ anuales respectivamente. En esta época inicia también la producción de sal en BCS. El primer dato sobre producción de sal se encuentra para el año 1957 con una producción total de 79, 790 toneladas; para este caso aunque el proceso es intensivo energéticamente, no se ve reflejado en una importación de combustibles fósiles debido a que el proceso se lleva a cabo principalmente mediante el uso de energía radiante solar para el secado de los vallados salineros.

Para el año de 1960 la producción de sal ascendía al orden de las 697, 649 toneladas.

Para el año de 1964 la cantidad de hectáreas cosechadas era de 37, 284 equivalentes energéticamente a 1,609, 114 GJ anuales. La población obtenida mediante extrapolación de los datos oficiales de INEGI, era de 93, 200 habitantes. Solo tomando en cuenta los flujos energéticos presentados, la cantidad de energía en alimentos disponible per cápita era de 17.2 GJ anuales. Para este año había llegado a un excede importante energético debido a las cosechas. No existen datos puntuales claros y continuos de exportación hacia el exterior del sistema, pero una aproximación de la disponibilidad de energía para exportación (en cosecha) pudiesen haber alcanzado cerca de 45, 000 toneladas. Esto es la cantidad de energía disponible después de abastecer a la población local de alimentos.

En el año 1970 la cantidad de hectáreas cosechadas fue de 41,302 equivalentes energéticamente a 1,784, 246 GJ. La población total según el reporte de INEGI era de 128, 000 habitantes. La cantad de energía disponible por las hectáreas sembradas era de *13.94 GJ/cap.*año.*

Para 1980, la cantidad de superficie cosechada ascendía a 60,896 hectáreas. Un equivalente energético de 2, 630, 707 GJ en el año. La población en ese año fue de 215, 139 habitantes. El final de la década de los ochenta marcó la transición hacia un nuevo periodo, para 1989 la superficie cosechada fue de 60, 544 hectáreas, con un equivalente energético de 2,615, 501 GJ en el año. La población estimada para ese año fue de 307, 502 habitantes. En este punto se presenta un cambio drástico, pues la disponibilidad energética ligada a las cosechas pasa de 12.23 GJ/cap.*año a 8.51 GJ/cap.*año respectivamente. En contenido energético ligado a las cosechas presenta una disminución de 15, 206.4 GJ, mientras que la diferencia de población en el periodo de tiempo asciende a 92,363 habitantes. Esto marca un punto de inflexión metabólico determinante.

4.6) Análisis de los flujos desde 1990 hasta la época actual.

En el año de 1990 la política de apoyo al campo mexicano cambia. Para ese año el total de la superficie sembrada en B.C.S. era de 51, 886 hectáreas; el equivalente energético es de 2,241, 470 GJ en el año. La población total para entonces, según INEGI, era de 317, 764 habitantes. La cantidad de energía asociada por persona solo a las cosechas era de 7.05 GJ/cap.*año. La cantidad de energía per cápita asociada a las cosechas había transitado hacia un cambio de fase. La energía equivalente de cosechas que había estado disponible para exportación se había terminado, en ese año, tomando en cuenta sólo la energía de las cosechas para abastecimiento de alimentos para consumo humano, presentaba un déficit energético equivalente en alimentos a un poco más de 27, 000 toneladas.

La información disponible en cuanto a la importación de combustibles fósiles se encuentra de manera continua a partir del año de 1990. Para este rubro energético este año se toma como base.

La información oficial disponible para los combustibles importados hacia esta región se presenta de manera oficial en la unidad de medida equivalente a barriles. Según el dato utilizado por la Secretaría de Energía 1 barril es igual a 158.98 litros[70]. Para realizar las conversiones en equivalente energético en el sistema se utiliza el poder calorífico en MJ por barril según el tipo de combustible. Para gasolinas 4, 781 MJ/bl; Querosenos - turbosina 5,450 MJ/bl; Diésel 5, 952 MJ/bl y para combustóleo 6, 429 MJ/bl.

Para el año de 1990 la importación de gasolinas era de 873, 828 barriles; querosenos - turbosina 476,460 barriles; diésel 740, 750 barriles; combustóleo 1, 230, 760 barriles. Con un equivalente energético de 4, 177, 771 GJ; 2, 596, 708 GJ; 4, 408, 941 GJ y 7, 912, 556 GJ respectivamente. Con un total de energía para importación de combustibles de 19, 095, 978 GJ.

[70] Información disponible en su versión electrónica en: http://sie.energia.gob.mx/docs/cat_unidades_es.pdf

Comparativamente las importaciones de combustible que se hicieron durante la época de la industria minera pasaron de unos miles de GJ a casi 20 millones de GJ. Esto ayuda a dimensionar lo que energéticamente representó el cambio de paradigma metabólico. Nunca antes en la historia de BCS se había tenido tanta energía disponible en el sistema metabólico. De tener una disponibilidad de energía ligada a las cosechas (modo de organización agrícola) de 12.23 GJ/cap.*año a 8.51 GJ/cap.*año para 1980 y 1989 respectivamente; con el cambio de política pública y la disponibilidad de combustible fósil se pasó a cerca de 86 GJ/cap.*año.

Para el año 2000 la importación de gasolinas era de 1, 969, 362 barriles; querosenos - turbosina 592, 837 barriles; diésel 1, 528, 060 barriles; combustóleo 1, 582, 936 barriles. Con un equivalente energético de 9, 415, 518 GJ; 3,230, 959 GJ; 9, 095, 012 GJ y 10, 176, 695 GJ respectivamente. Con un total de energía de importación de combustibles de 31, 918, 186 GJ. La población total para ese año corresponde a 424, 000 habitantes. Solamente tomando en cuenta la importación de combustibles la disponibilidad de energía por persona es igual a 100.9 GJ/cap.*año.

Para el último censo realizado por INEGI en 2010 la población total para B.C.S. era de 637, 000 habitantes. La importación de gasolinas era de 3, 291, 866 barriles; querosenos - turbosina 718, 171 barriles; diésel 2, 064, 603 barriles; combustóleo 1, 155, 028 barriles[71]. Con un equivalente energético de 15, 738, 410 GJ; 3, 914, 034 GJ; 12, 288, 519 GJ y 7, 425, 673 GJ respectivamente. Con un total de energía de importación de combustibles de 39, 366, 637 GJ. El total disponible de energía por persona ligado a combustibles fósiles para ese año es de 61 GJ/cap.*año.

Por otro lado, la cantidad de energía necesaria para abastecer, en términos energéticos alimenticios a la población, considerando un total de 8.6 GJ/cap.*año, que involucra la cantidad calórica estimada en la metodología usada, más la energía necesaria para la preparación de alimentos básicos; sería igual a 2, 733,

[71] Se utiliza el dato del año 2011 por no encontrarse disponible el dato para el año 2010.

080 GJ para el año 1990; 3,646, 400 GJ para el año 2000 y 5, 478, 200 GJ para el año 2010. Esto representaría un total equivalente de 151, 838 toneladas para el año 1990; 202, 578 toneladas para el año 2000 y 304, 344 toneladas de alimento para el año 2010. En la síntesis energética y de materiales se describirá las implicaciones de esto para el sistema metabólico.

En el tema de la energía eléctrica generada a gran escala y como un elemento estratégico de análisis en cuanto a emisiones de GEI, que se analizan más adelante. Los datos encontrados de manera continua y consistente están identificados a partir del año 2002, con la cantidad en mega Watt-hora (MWh) de generación bruta de energía eléctrica para el estado. El equivalente energético utilizado para realizar las estimaciones en GJ al año es de 3.6 MJ por kilowatt-hora (kWh) de energía eléctrica generado.

Para el año 2002 el equivalente energético generado fue de 4, 559, 347 GJ; en el mismo sentido para el año 2010 fue de 7, 684, 815 GJ; para el año 2014 la cantidad de energía eléctrica equivalente generada fue de 8, 214, 187 GJ. La capacidad efectiva instalada para esos años fue de 392.2 MW; 488.805 MW; 589.20 MW respectivamente. La cantidad de energía per cápita asociada al número de habitantes de la entidad presentado en el censo poblacional de INEGI del año 2010, solo en lo que corresponde al equivalente energético de generación bruta de energía eléctrica sería de 12.06 GJ/cap.*año.

Los flujos de los materiales más determinantes para el análisis, sobre todo energético, son tomados en consideración a partir del año 1995 cuando los datos son consistentes y tienen continuidad para cada año. Los datos cuantitativos y cualitativos se obtuvieron a través de la información presentada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través de la Dirección General de Puertos. En el sistema metabólico analizado se encuentran 11 puertos y/o puntos de entrada para la geografía insular descrita (ver Tabla 20). Los datos de carga y descarga se encuentran plenamente identificados para cada año de manera constante y consistente hasta el año 2014.

Tabla 20. Puertos de B.C.S. y vocación de cada uno de ellos.

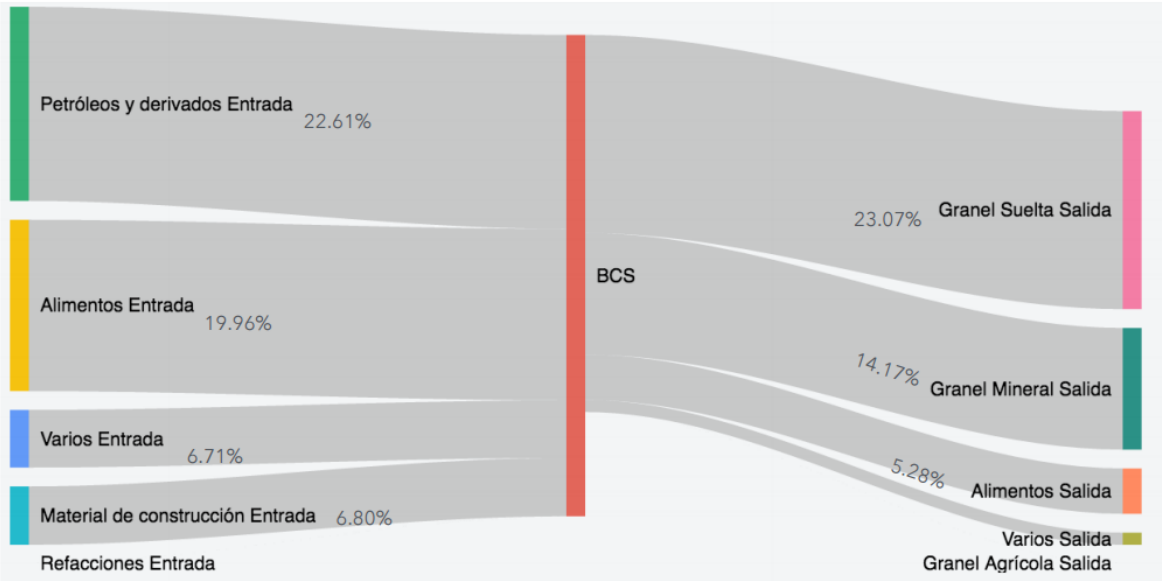
Nombre del Puerto	Vocación
Guerrero Negro	Carga
San Carlos	Carga, cruceros
Cabo San Lucas	Cruceros, marinas
Pichilingue	Cruceros, carga, pasaje
La Paz	Marinas, pasaje, cruceros ecoturísticos
San Juan de la Costa	Carga
Puerto Escondido	Marinas, pasaje, cruceros
Loreto	Marinas, pasaje, cruceros
San Marcos	Carga
Santa Rosalía	Carga, pasaje
Santa María	Carga

Fuente: elaboración propia con datos de SCT y Administración Portuaria Integral de B.C.S.

La información de los flujos de carga se presentan clasificados en petróleos y derivados, alimentos, varios, material de construcción, refacciones, granel suelta, granel mineral, granel agrícola. Curiosamente los porcentajes de flujo por tipo de carga se mantienen más o menos constantes a través de los años analizados. Con algunas consideraciones especiales para algunos años específicos. Para fines prácticos de análisis metabólico se fijan los siguientes porcentajes de la carga total. Los casos específicos como el cemento y materiales energéticos se analizan en términos energéticos por separado; así como los alimentos. Los porcentajes de carga para los materiales de entrada en la clasificación de petróleos y derivados se mantiene en el orden de los 22.6% de la carga total; los alimentos de entrada en un 20%; varios de entrada en 6.7% y una cantidad mínima en términos de flujo para refacciones de entrada.

En cuanto a los flujos de salida lo más determinante es la clasificación granel suelta con un 23%; granel mineral con 14%; alimentos de salida con un poco más del 5% y finalmente granel agrícola con un flujo mínimo (ver Figura 18).

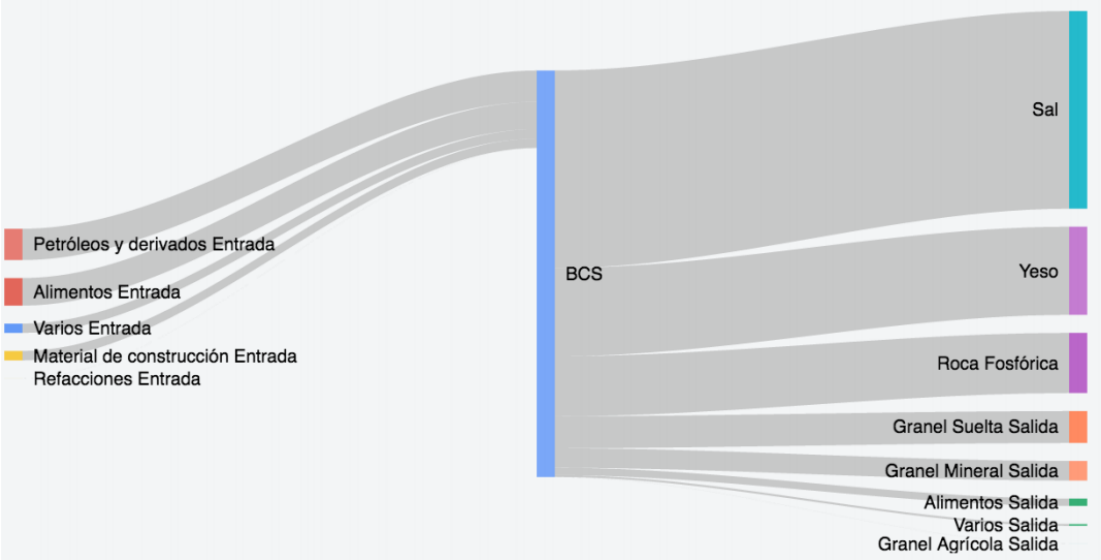
Figura 18. Diagrama de Sankey con los porcentajes de flujo general de carga de entrada y salida para el sistema metabólico de B.C.S. En el lado izquierdo se encuentran los flujos de entrada y en el derecho los flujos de salida.



Fuente: elaboración propia con estimaciones de flujos de materiales por año.

Por otro lado, una consideración importante son las escalas de las cantidades relativas de entrada y salida de materiales. Pues comparativamente los flujos que predominan la salida son los de exportación de sal, que tienen salida por el puerto de Guerrero Negro; le siguen los flujos de exportación de yeso a través del puerto de San Marcos; las exportaciones de roca fosfórica a través del puerto de San Juan de la Costa y finalmente algunos productos a granel no identificados plenamente. Los flujos de entrada predominantes son petróleo y derivados, seguidos por los flujos de alimentos; de los cuales se han realizado algunas estimaciones de las implicaciones energéticas. Esto se analiza en conjunto adelante.

Figura 19. Diagrama de Sankey con proporciones de flujos de entrada y salida al sistema metabólico de B.C.S.



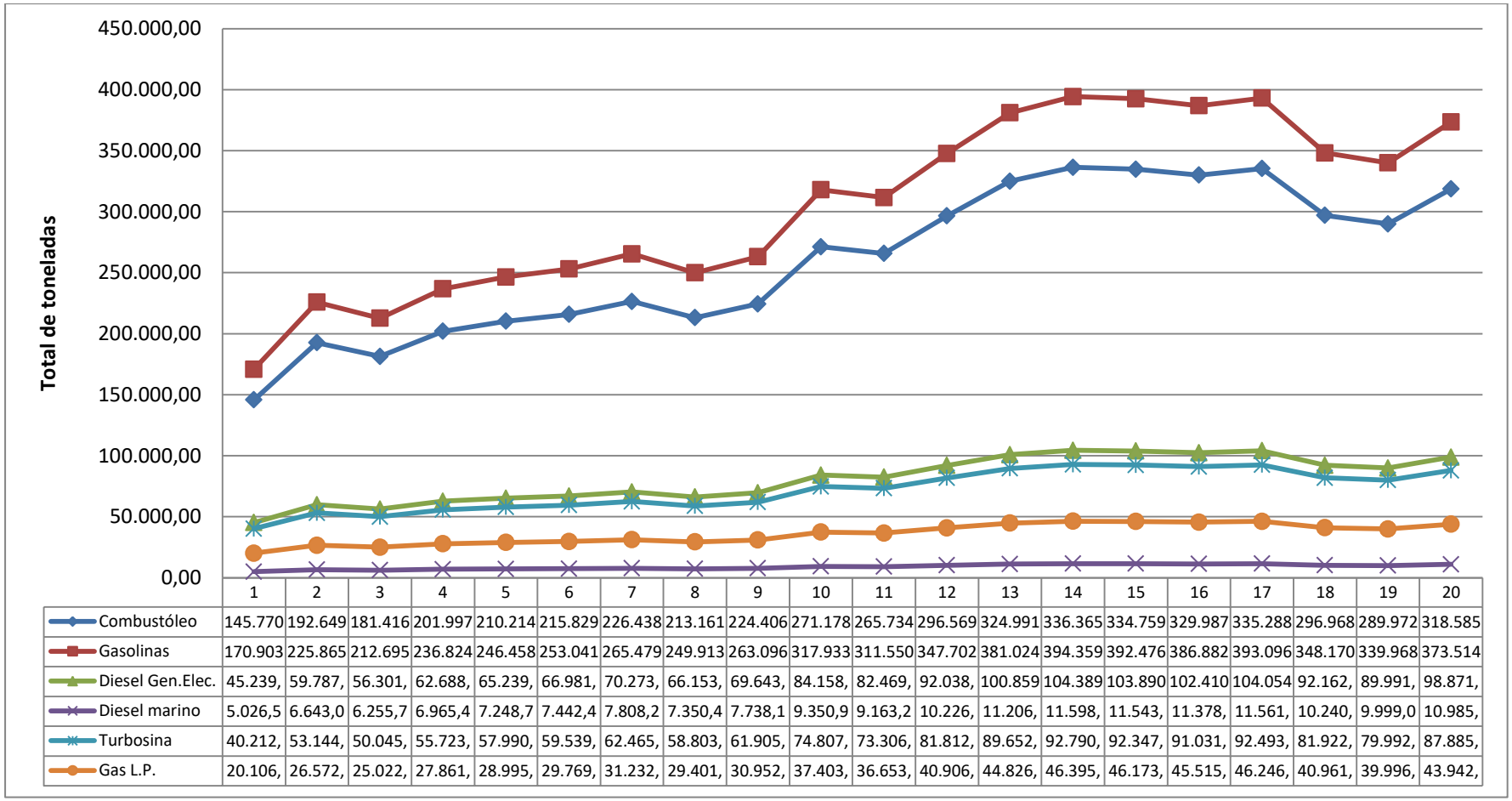
Fuente: elaboración propia con estimaciones de proporciones de flujos de materiales por año.

Los flujos totales de petróleos y derivados de entrada se presentan en la Gráfica 9. El año 1 corresponde al año 1995, mientras que el año 20 corresponde al año 2014. Como referencia de análisis el año 14 corresponde al año 2008.

Entre los años 2005 y el año 2010 se presenta una subida súbita de los flujos. En el año 2008, en plena crisis económica, se presenta uno de los dos picos más altos de flujo de estos materiales energéticos, sobre todo para combustóleo y gasolinas. En el sistema, como se vio, el combustóleo se utiliza para la generación de energía eléctrica en el estado. La dinámica de los dos flujos va de la mano de manera constante.

Entre el año 2011 y 2012 se presenta un punto de inflexión a la baja del consumo de combustóleo y de gasolinas. Entre los años 2009 y 2010 se presenta una pequeña disminución de los consumos de combustóleo y gasolinas que pudiese estar asociado a la crisis turística provocada por la epidemia de gripe H1N1 que se presentó en esos años.

Gráfica 9. Total de flujos de entrada de petróleo y derivados desde al año 1995 hasta el año 2014.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Combustóleo	145.770	192.649	181.416	201.997	210.214	215.829	226.438	213.161	224.406	271.178	265.734	296.569	324.991	336.365	334.759	329.987	335.288	296.968	289.972	318.585
Gasolinas	170.903	225.865	212.695	236.824	246.458	253.041	265.479	249.913	263.096	317.933	311.550	347.702	381.024	394.359	392.476	386.882	393.096	348.170	339.968	373.514
Diesel Gen.Elec.	45.239,	59.787,	56.301,	62.688,	65.239,	66.981,	70.273,	66.153,	69.643,	84.158,	82.469,	92.038,	100.859	104.389	103.890	102.410	104.054	92.162,	89.991,	98.871,
Diesel marino	5.026,5	6.643,0	6.255,7	6.965,4	7.248,7	7.442,4	7.808,2	7.350,4	7.738,1	9.350,9	9.163,2	10.226,	11.206,	11.598,	11.543,	11.378,	11.561,	10.240,	9.999,0	10.985,
Turbosina	40.212,	53.144,	50.045,	55.723,	57.990,	59.539,	62.465,	58.803,	61.905,	74.807,	73.306,	81.812,	89.652,	92.790,	92.347,	91.031,	92.493,	81.922,	79.992,	87.885,
Gas L.P.	20.106,	26.572,	25.022,	27.861,	28.995,	29.769,	31.232,	29.401,	30.952,	37.403,	36.653,	40.906,	44.826,	46.395,	46.173,	45.515,	46.246,	40.961,	39.996,	43.942,

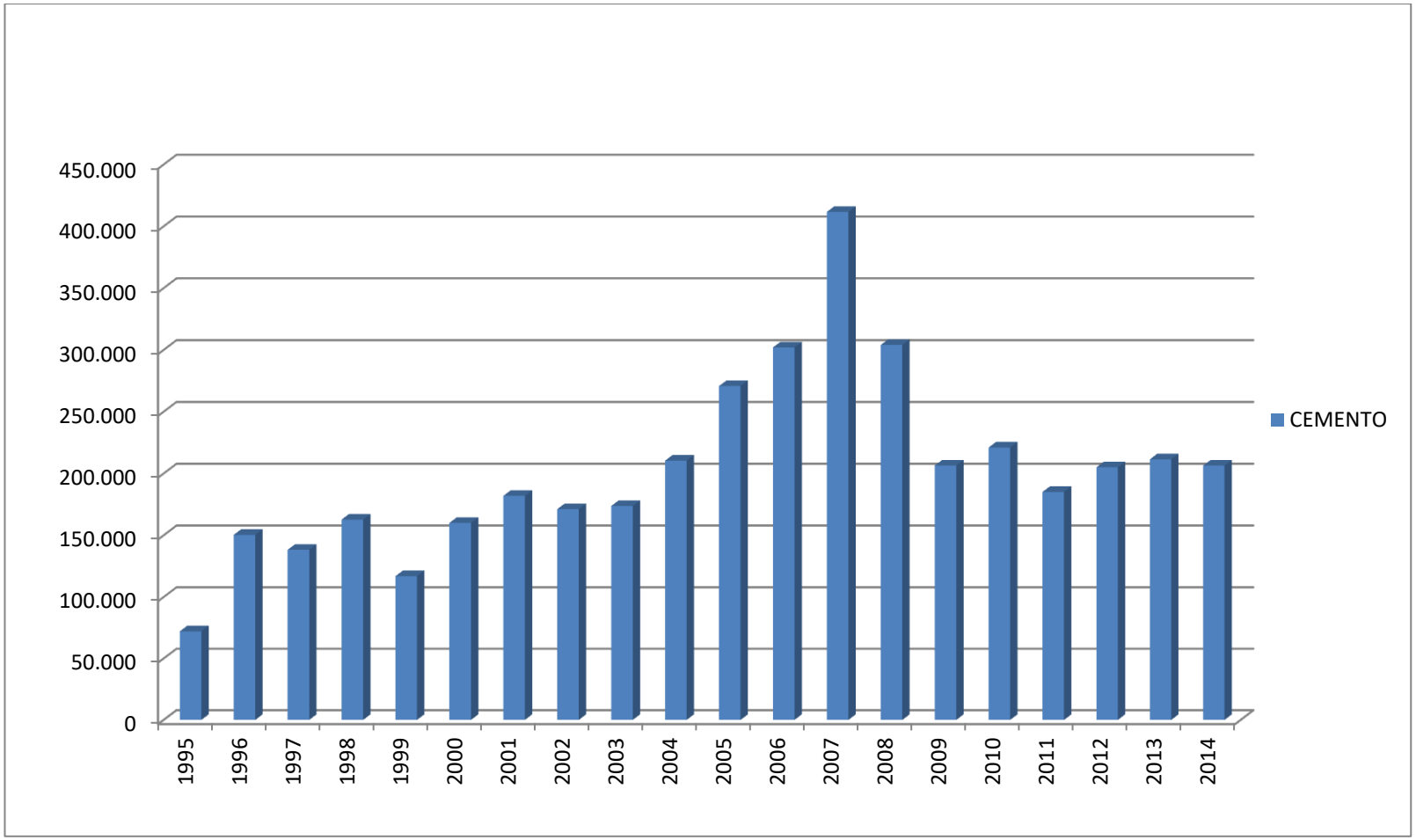
Fuente: elaboración propia con datos de SCT.

En la Gráfica 9 también es posible observar como la demanda de gas licuado de petróleo en el sistema metabólico se mantiene prácticamente constante, con pequeños incrementos. Esto es debido a que en BCS el grueso del consumo de gas es utilizado en la región para la preparación de alimentos. Metabólicamente los requerimientos energéticos para preparación de alimentos del modo de subsistencia de cazadores – recolectores y de la organización agrícola, que se satisfacían con la quema de biomasa, se satisfacen ahora con este combustible en la época moderna. En términos de dependencia energética y de aislamiento, para la preparación de alimentos, prácticamente la totalidad de la población depende de la disponibilidad de esta fuente de energía para satisfacer sus necesidades de alimentación.

El cemento es un flujo determinante también para el sistema metabólico. No solo por la alta cantidad de energía que demanda su fabricación, sino también porque es un indicador de la tasa de crecimiento de edificaciones, casas habitación, edificios y la ciudad en general. Además de que funciona como stock de materiales para el sistema metabólico. En el estado de BCS no existe industria cementera. Todo el cemento utilizado en el sistema tiene que ser importado mediante transporte marítimo. Es por ello que de igual manera los flujos materiales correspondientes a este elemento se pueden identificar plenamente.

En el año de 1995 la cantidad importada de cemento ascendió a un total de 72, 098 toneladas. Para el año 2000 la cantidad importada había crecido un poco más de 2 veces, pasando a un total de 160, 036 toneladas. Para el año 2010, comparativamente la demanda creció 1.38 veces con respecto al año 2000, con un total de 221, 022 toneladas. En el año 2014 la cantidad de cemento importada fue de 206, 390 toneladas. El máximo histórico en este periodo se alcanzó, curiosamente, en el año 2007 con 411, 639 toneladas. Esto pudiese estar ligado a proyectos de bienes raíces en la región ligados a procesos de especulación financiera que formaron parte del problema en la crisis del 2008 (ver Gráfica 10). El mayor polo de atracción para los proyectos de desarrollo turístico se encuentra en el extremo sur de la península en el municipio de Los Cabos.

Gráfica 10. Cemento de entrada al sistema metabólico de B.C.S. de los años 199 a 2014.



Fuente: elaboración propia con datos de SCT.

Por otro lado entre los años 2000 y 2010 se presentó un crecimiento sin precedentes en la ciudad La Paz, cabecera municipal y que alberga el Gobierno del Estado (ver Gráfica 11). Este fenómeno también parece ser un detonante para los picos identificados de consumo de cemento en la zona, además que coincide con los picos de consumo de combustible; un indicador que pudiese estar ligado a los altos índices de motorización para el estado de B.C.S. ligado también al consumo de gasolinas. La ciudad creció de manera lineal hacia el sur por una sola vía de comunicación en la ciudad a lo largo de 15 a 19 kilómetros lineales.

Entre el año 2000 y el año 2010 se edificó una ciudad dormitorio en la parte sur, que de acuerdo a los flujos de movilidad identificados por el Plan Municipal Integral de Movilidad Urbana Sostenible de la Ciudad de La Paz (Idom, 2014), la mayoría de los viajes se realizan de la casa al trabajo a la parte central de la ciudad; además de que también se realizan traslados considerables al único centro público de convivencia de la ciudad, el malecón de La Paz.

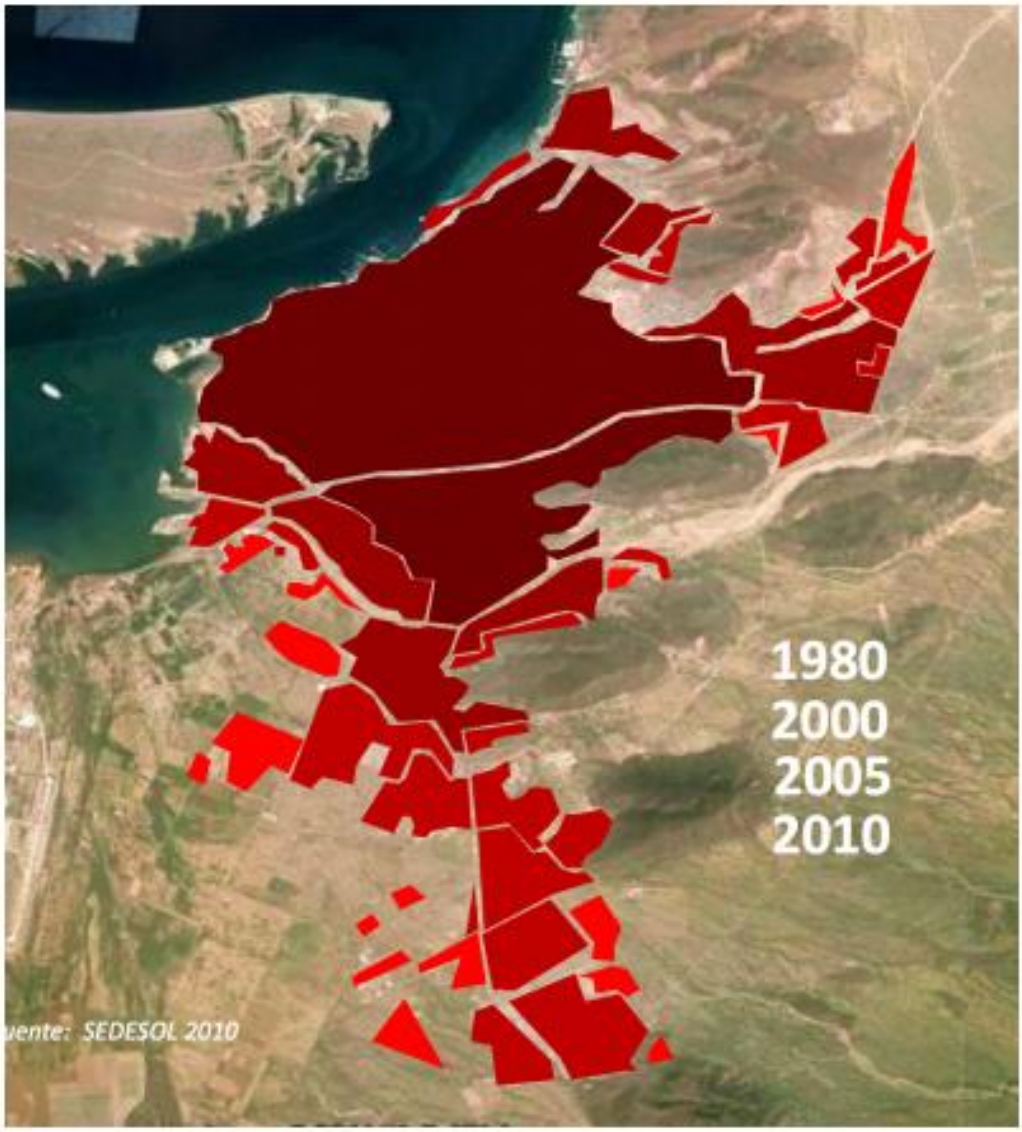
Los terrenos ubicados en esta parte de la ciudad, son terrenos relativamente baratos que pueden ser comprados a gran escala para desarrollar proyectos de vivienda, en parte, subsidiado por el gobierno. Además, este problema se agrava con la gentrificación del centro de la ciudad de La Paz y el incremento de los precios de la tierra en la zona turística costera. Situación que también puede o está vinculada a la especulación de bienes raíces y una falta de regulación municipal.

Para analizar un poco más a detalle este último fenómeno es posible analizar de manera conjunta los datos para los flujos de petróleo y derivados, cemento y la variación del PIB en los años donde se presentaron los puntos de inflexión en los flujos. Para el año 2007 coinciden los picos de flujo de cemento hacia el sistema, el punto máximo relativo del PIB estatal y el punto de inflexión hacia el consumo más alto de los flujos de petróleo y derivados que se presentó en el año 2008.

Para el tema del consumo de combustible por el sector transporte también se puede analizar de manera particular el número de automóviles registrados para la región entre ese espacio de tiempo.

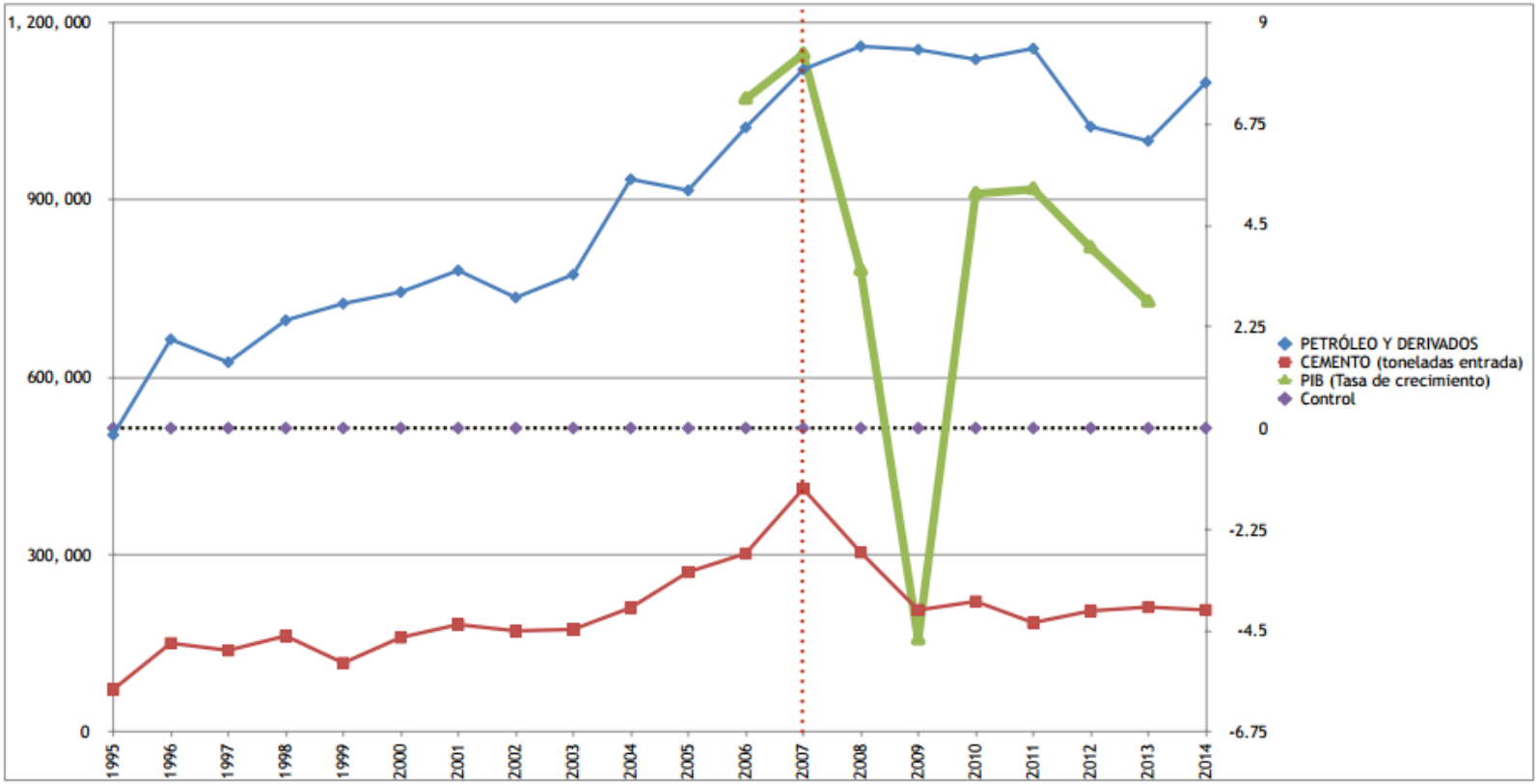
La cantidad de vehículos para el año 1995 era de 67, 788. Para el año 2000 el número total de vehículos ascendía a 126, 519. Para el año 2005 el total era de 243, 597. Finalmente para el año 2010 el total de vehículos en el estado era de 331, 599 unidades. Es decir entre el año1995 y el año 2005 el número de vehículos creció 3.6 veces. Entre el año 2000 y el año 2010 la cantidad de vehículos total registrados creció 2.6 veces.

Gráfica 11. Crecimiento de la ciudad de La Paz entre los años 1980 – 2010, el color más oscuro representa la delimitación más antigua de la ciudad, hasta llegar al color más claro con el crecimiento registrado en el último año del que se da cuenta.



Fuente: SEDESOL 2010.

Gráfica 12.Flujos de petróleo y derivados, y cemento entre el año 1995 y 2014; comparado con variación del PIB del estado de B.C.S entre los años 2007 y 2013.



Fuente: elaboración propia con datos de SCT e INEGI.

4.6.1) Aclaración sobre los flujos de agua en el sistema metabólico.

Para el análisis práctico de este trabajo no se contabilizan, ni analizan los flujos de agua vinculados a los flujos metabólicos, ni los casos particulares en los procesos.

Aunque el agua es un elemento fundamental y determinante para la vida misma, parte fundamental del ecosistema y socioeconómicamente toral, el espacio de trabajo para el cumplimiento del programa no permite ampliar el análisis hasta los casos particulares de estos flujos. Indudablemente, el agua es por mucho, el material que por unidad de flujo determina el comportamiento del sistema y la salud del mismo. Por supuesto la salud y por lo tanto la vida de los habitantes del sistema depende de los flujos de agua y la calidad de ellos.

Para ejemplificar la dimensión de los flujos metabólicos comparativos de agua para el sistema metabólico de B.C.S. se presenta en la **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.** Los datos comparativos en toneladas de petróleo y derivados, cemento y agua total para el año 2007.

4.7) Análisis particular para el caso de la energía eléctrica.

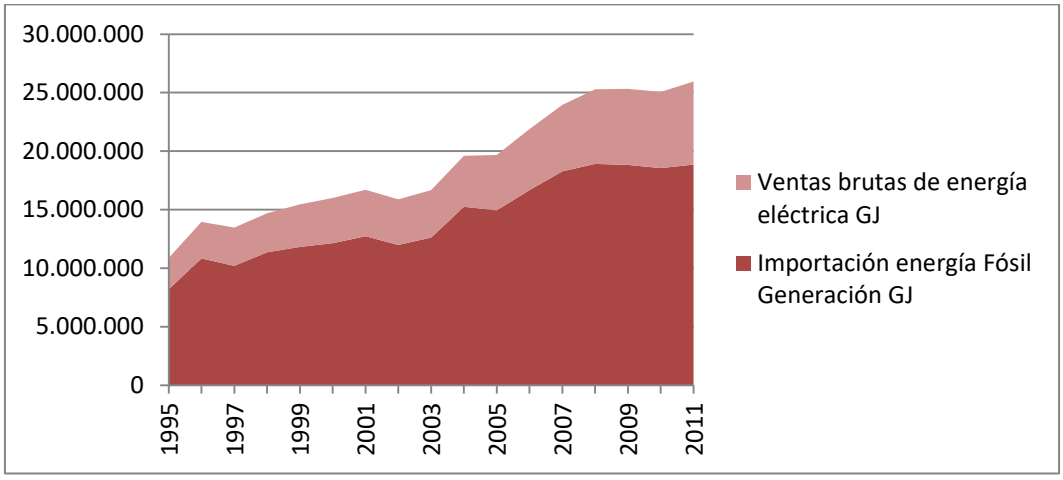
Toda la energía fósil que abastece el sistema industrial de generación eléctrica, del cual dependen en la época moderna, prácticamente todos los procesos socioeconómicos en el estado de B.C.S. viene de fuera de la frontera metabólica de análisis.

El total de energía equivalente para generación eléctrica en el año de 1995 fue de 8,196, 130 GJ. Para el año 2000 la cantidad llegó a los 12, 135, 281 GJ; para el año 2005 fue de 14, 941, 227 GJ, finalmente para el año 2010 el mismo fue de 18, 553, 940. Mientras que las ventas brutas de energía eléctrica para B.C.S. según el INEGI fueron de 2, 682, 637; 3, 864, 863; 4, 735, 530 y 6, 508, 465

respectivamente (ver Gráfica 13). Es decir, los flujos “escondidos” después de la importación de los combustibles son 3 veces mayor que la energía final utilizada como energía eléctrica.

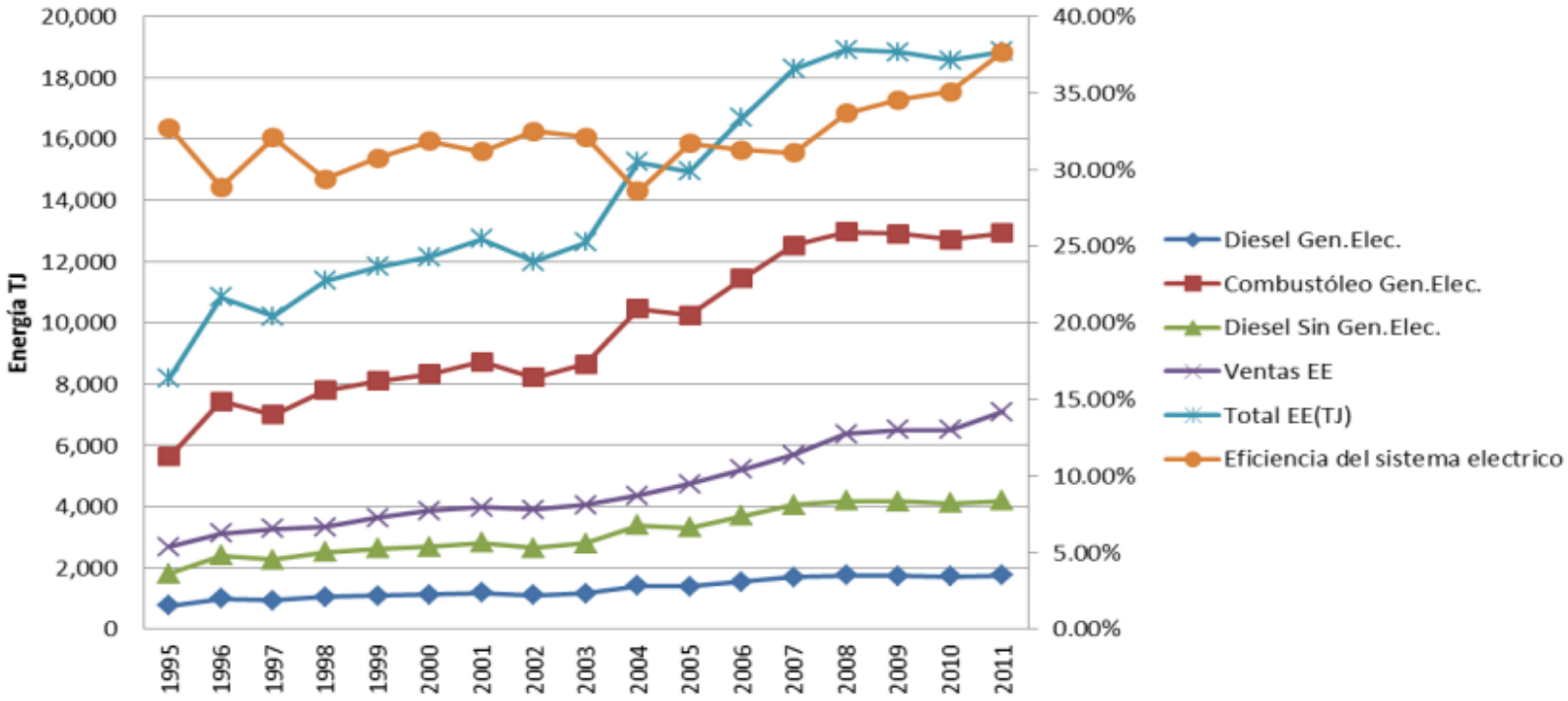
Desde otro punto de vista, la eficiencia total de transformación de energía química fósil a energía eléctrica de la matriz de generación de B.C.S. pasó de 32.73% para el año 1995 a 35.05% en el año 2010; recuperando un poco de eficiencia para el año 2011 con 37.65% de eficiencia en la transformación de energía. El promedio de eficiencia de trasformación en un total de 17 años de operación es de 32. 06% (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la eferencia.**).

Gráfica 13. Importación de combustible fósil para generación de energía eléctrica y ventas brutas totales de energía eléctrica del año 1995 al año 2011.



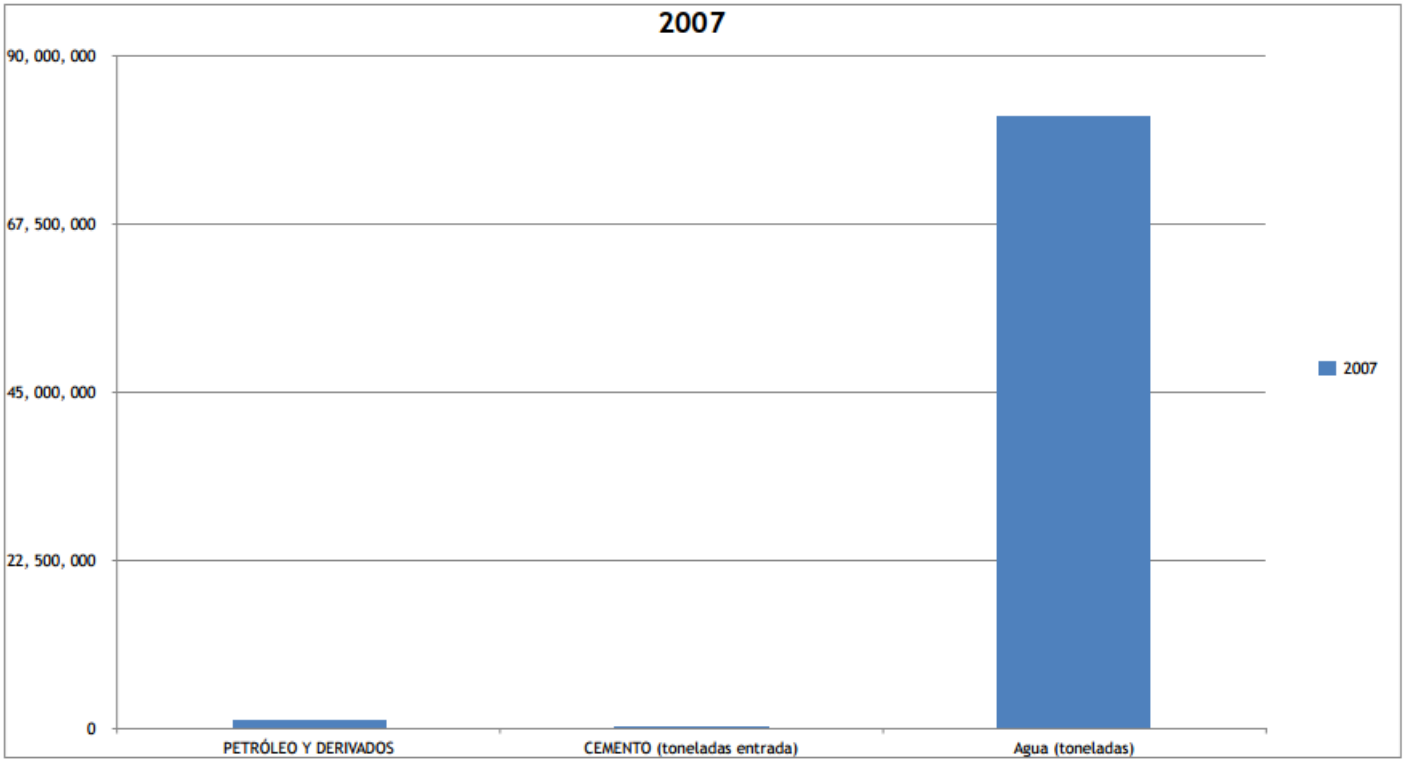
Fuente: elaboración propia con estimaciones de datos de SENER, SIE, CFE e INEGI.

Gráfica 14. Importación de combustibles fósiles para B.C.S. y línea de eficiencia en color naranja.



Fuente: elaboración propia con estimaciones de datos de SENER, SIE, CFE e INEGI.

Gráfica 15. Unidades comparativas de flujos para el año 2007 para el sistema metabólico de B.C.S. en toneladas. Comparación entre petróleos y derivados, cemento y agua total.

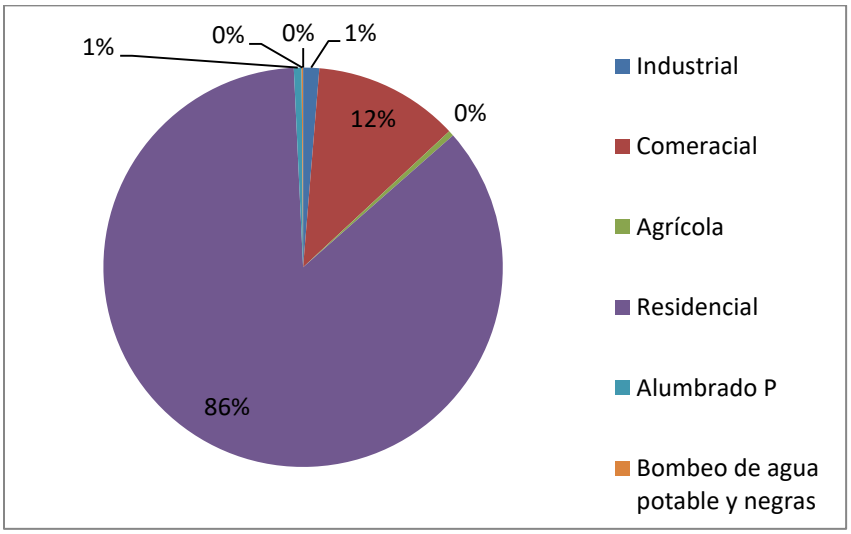


Fuente: elaboración propia con datos de SCT e INEGI

El efecto estacional de verano para el sistema de generación eléctrica es notorio. Con anterioridad se presentó la variación estacional entre invierno y verano de la demanda energética eléctrica es aproximadamente del doble. Esta variación puede ser atribuida prácticamente a la utilización de sistemas de acondicionamiento de aire conectados a la red, y una parte más al incremento de las pérdidas por el incremento de temperatura ambiente en verano. También es notorio un fenómeno de resonancia cada vez más pronunciada de consumo entre las estaciones del año. Esto imprime otro reto de estabilidad al sistema (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

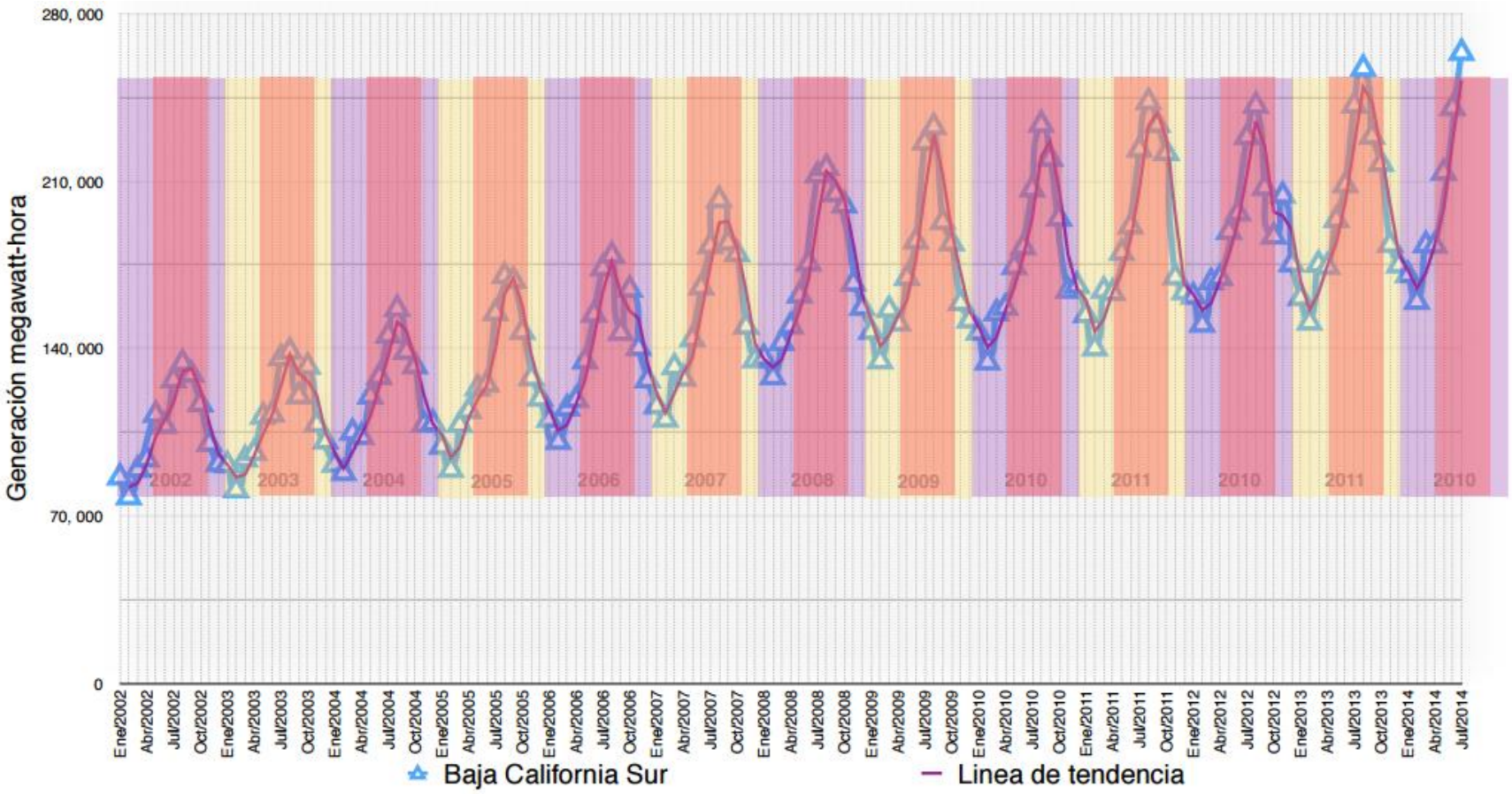
El número de usuarios domésticos de energía eléctrica se ha incrementado en los últimos años en los últimos años. Para el año 2012 el 86% del total de los usuarios de energía eléctrica en el estado se concentraban en la clasificación de usuarios residenciales. Sólo el 12% se encontraban en el esquema comercial y 1% en esquema industrial (ver Gráfica 16).

Gráfica 16. Clasificación en porcentaje por tipo de usuarios de energía eléctrica para el año 2012.



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI y CFE.

Gráfica 17. Generación bruta de energía eléctrica por mes desde año 2002 al año 2014. La estación correspondiente a verano está indicada con color rojo.

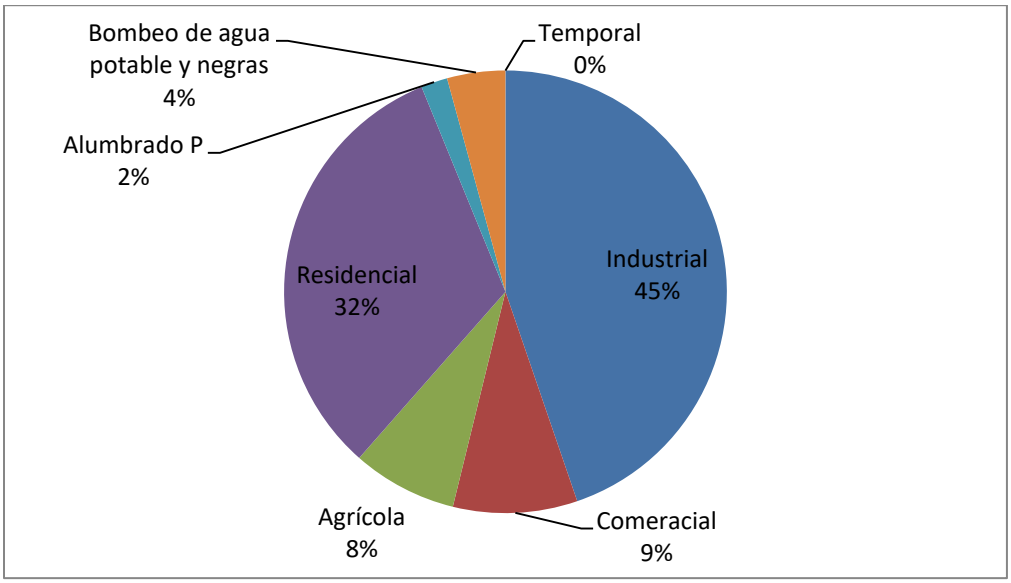


Fuente: elaboración propia con datos de INEGI y CFE.

Por otro lado, las ventas totales de energía eléctrica para ese año se concentraron en casi el 50% en la tarifa industrial. El sector residencial consumió un 32% del total de las ventas de energía eléctrica y el sector comercial un 9%.

Como es evidente, el grueso del consumo de la energía eléctrica que se genera en el estado es consumido en la parte sur, en los municipios de La Paz y Los Cabos. El número de usuarios residenciales para ese año para el municipio de la Paz era de 87,375 y para el de Los Cabos un total de 80, 692. Mientras que el número de usuarios de sector industrial era de 1, 167 y 1, 482 respectivamente.

Gráfica 18. Porcentajes de ventas de energía eléctrica para el estado de BCS por sector de consumo.



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI y CFE.

Como se vio anteriormente el grueso de los usuarios industriales para BCS se encuentran dentro de la tarifa Horaria en Media (HM), el número de estos usuarios es mayor en el municipio de Los Cabos; además de que en este rubro, para el mismo año, el consumo total de las ventas de energía eléctrica en el ramo industrial para Los Cabos fue del 60% mientras que La Paz se quedó con un 40% de la energía.

El número de usuarios residencial es menor comparativamente en el municipio de Los Cabos. Lo que no indica que las residencias ubicadas en este

municipio están consumiendo más energía eléctrica comparativamente hablando. El polo turístico y el desarrollo de los últimos años bajo esta lógica están gatillando en gran medida los consumos de energía para el estado.

Según el Gobierno del Estado el flujo de turistas totales a los municipios de La Paz y Los Cabos para el mismo año analizado, fue de 241, 717 y 1, 218, 405 respectivamente. El total de turistas en el estado para ese año fue de 1, 543, 980. El número de cuartos era de 2, 528 y 14, 571 respectivamente. Los consumos en MW/h del sector industrial por municipio fueron de 330, 904 y 503, 324 respectivamente.

El consumo proporcional de MW/h por cuarto de hotel para ese año resulta en 130.90 para La Paz y 34.54 para Los Cabos. Sin embargo el porcentaje de ocupación en el mismo sentido fue de 49. 73% del total de cuartos para La Paz y 62.28% del total de cuartos disponibles para Los Cabos.

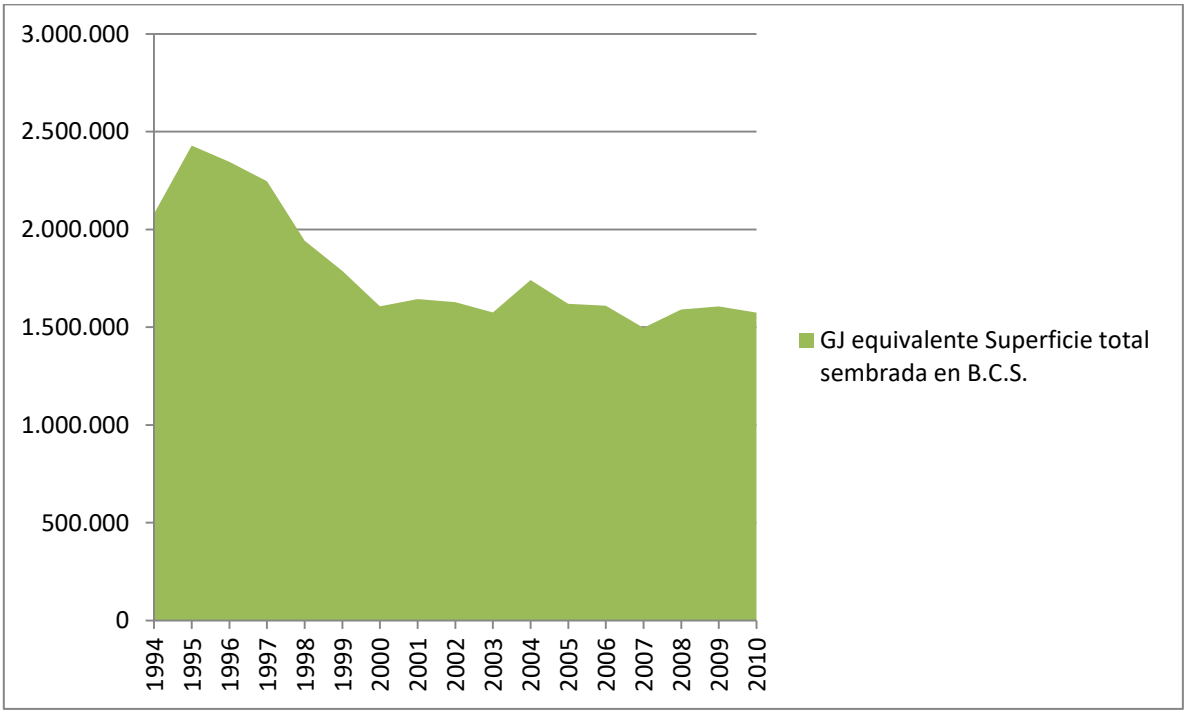
El consumo final en MW/h, considerando el porcentaje de ocupación y el número de cuartos resulta en 164, 591 para La Paz y 313, 470 para Los Cabos. Comparativamente en este rubro el municipio de Los Cabos consumió más del doble de la energía de La Paz.

4.8) Energía asociada a la superficie total sembrada en BCS.

La superficie total sembrada para el estado de BCS paso de 48, 155 hectáreas en el año de 1994 a un total de 40, 711 hectáreas para el año 2011. En el año 1995 el total de superficie sembrada fuer de 56, 215 hectáreas; 37, 183 para el año 2000; 37, 484 para el año 2005 y 3, 442 para el año 2010. El equivalente energético en GJ para estos últimos años corresponde a: 2, 428, 488; 1, 606, 306; 1, 619, 309 y 1, 574, 294 respectivamente. La energía asociada a las cosechas internas del sistema metabólico disminuyó desde el año 1995 al año 2000 donde registró el punto más bajo (ver Gráfica 19). La población siguió aumentando pero la producción local de alimento disminuyó y/o no se ha incrementado. Para finales

de 1980 el total de hectáreas sembradas eran de un poco más de 60, 000, para el año 2010

Gráfica 19. Equivalente energético para la superficie total sembrada del año 1994 al 2010.



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI.

Ahora si analizamos un análisis integral desde el año 1600 hasta el año 2010, integrando los equivalentes energéticos de la superficie total cosechada, realizando interpolaciones en los años en que no se tiene el dato oficial sobre el número de hectáreas sembradas. Evidentemente las hectáreas sembradas no aparecen de un día para otro, así que la superficie sembrada llega un proceso gradual, por lo que se asume que el proceso de interpolación, para este caso es oportuno.

Además se integra el equivalente energético para abastecimiento humano esencial, y al mismo tiempo, se calcula el déficit energético asociado a los alimentos se puede identificar las tendencias y el efecto que tuvo el cambio de política pública entre el año de 1989 y 1990.

La única época en que BCS ha sido autosuficiente en términos de abastecimiento de alimentos es entre el periodo de 1960 y 1988; pues se tenía un superávit de energía equivalente que, eventualmente, se podía exportar del sistema. Es decir, se tenían cubiertos los requerimientos energéticos domésticos para cubrir los requerimientos energéticos alimenticios de

la población. El espacio integrado entre la línea azul y roja sería la cantidad de energía que se podía exportar como cosecha. Justo a partir del año 1990 se observa una un cambio de estado donde el total de hectáreas sembradas no es ya suficiente para abastecer, en términos energéticos, a la población local. Por lo tanto es necesario empezar a traer importar alimentos de fuera del sistema. Justo a partir de ese año inicia un déficit de energía equivalente asociada a alimentos que se ha pronunciado año con año. En términos prácticos, BCS cada vez es más dependiente del exterior para abastecer de alimentos a la población del estado.

En la época industrial minera se observa también un déficit variante que cambia solo entre 1930 y 1940 cuando la política de apoyo al campo cambia. Es decir, durante este periodo de extracción minera el sistema tenía que ser abastecido también desde el exterior, aunque no en las dimensiones y proporciones que se hace ahora.

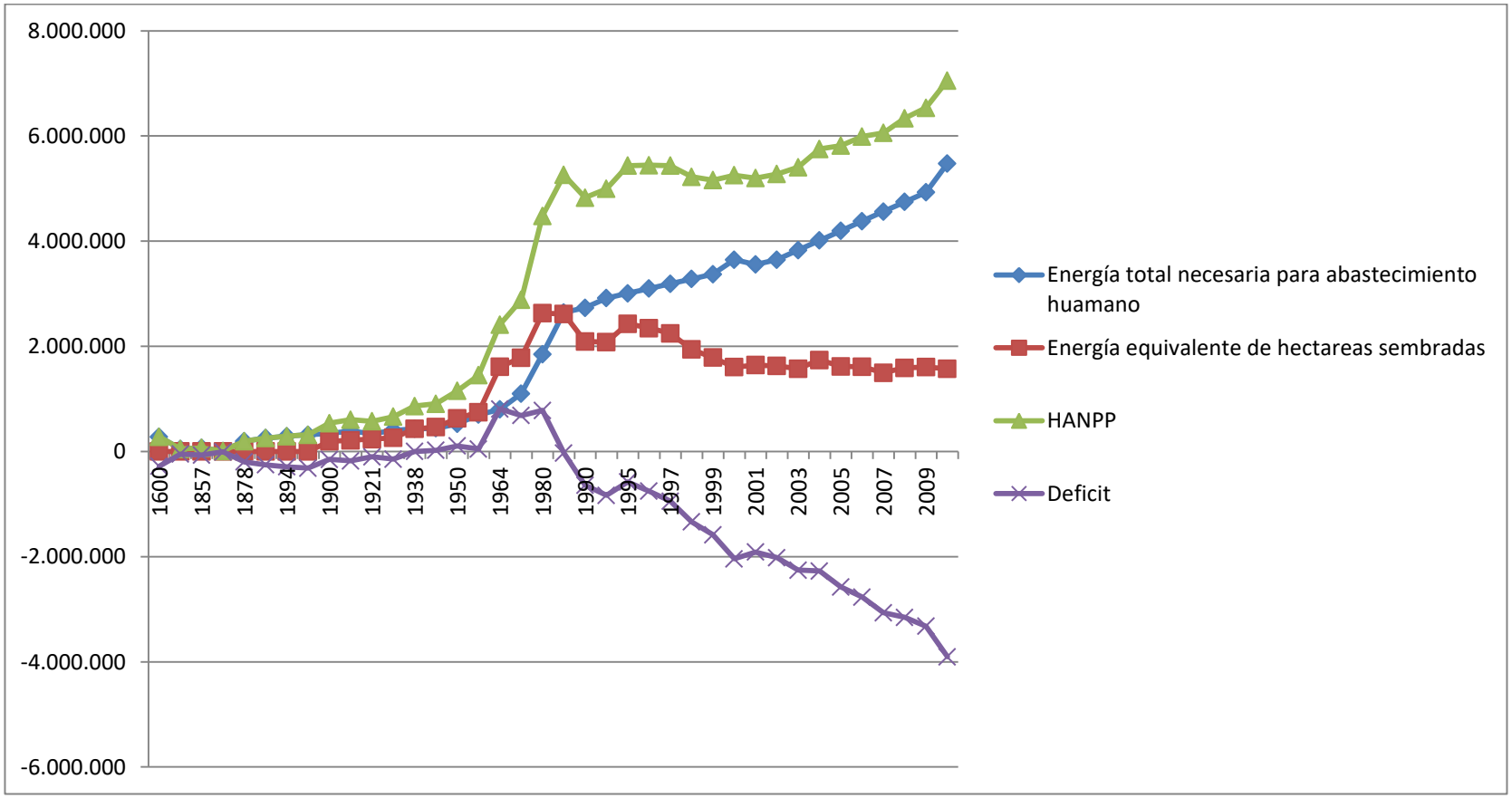
Por otro lado, el sistema de abastecimiento actual de alimentos es impulsado, prácticamente, por medio de los combustibles fósiles; además de que el sistema es cada vez más vulnerable a la falta de abastecimiento, la factura ambiental de este flujo de alimentos se paga de manera global. Pues para mover esa cantidad de energía asociada a los alimentos hacia esta región, se quema una considerable cantidad de combustible que no está analizada en este trabajo.

Al igual que con los flujos y consumos de energía eléctrica equivalente se ven afectado por el turismo. El tema de la energía asociada a los alimentos también se ve severamente influenciado.

Es posible presentar en otra gráfica las estimaciones de energía equivalente asociada al flujo de turistas. Se calcula, en los mismos términos energéticos para abastecimiento humano, la cantidad de energía necesaria para abastecer de alimentos a los turistas que visitaron entre los años 1995 y 2010 esta región. Ahí se ve reflejado que la cantidad de energía requerida para abastecer al flujo de turistas sobrepasa la cantidad de energía asociada a la cantidad de energía necesaria para la población local.

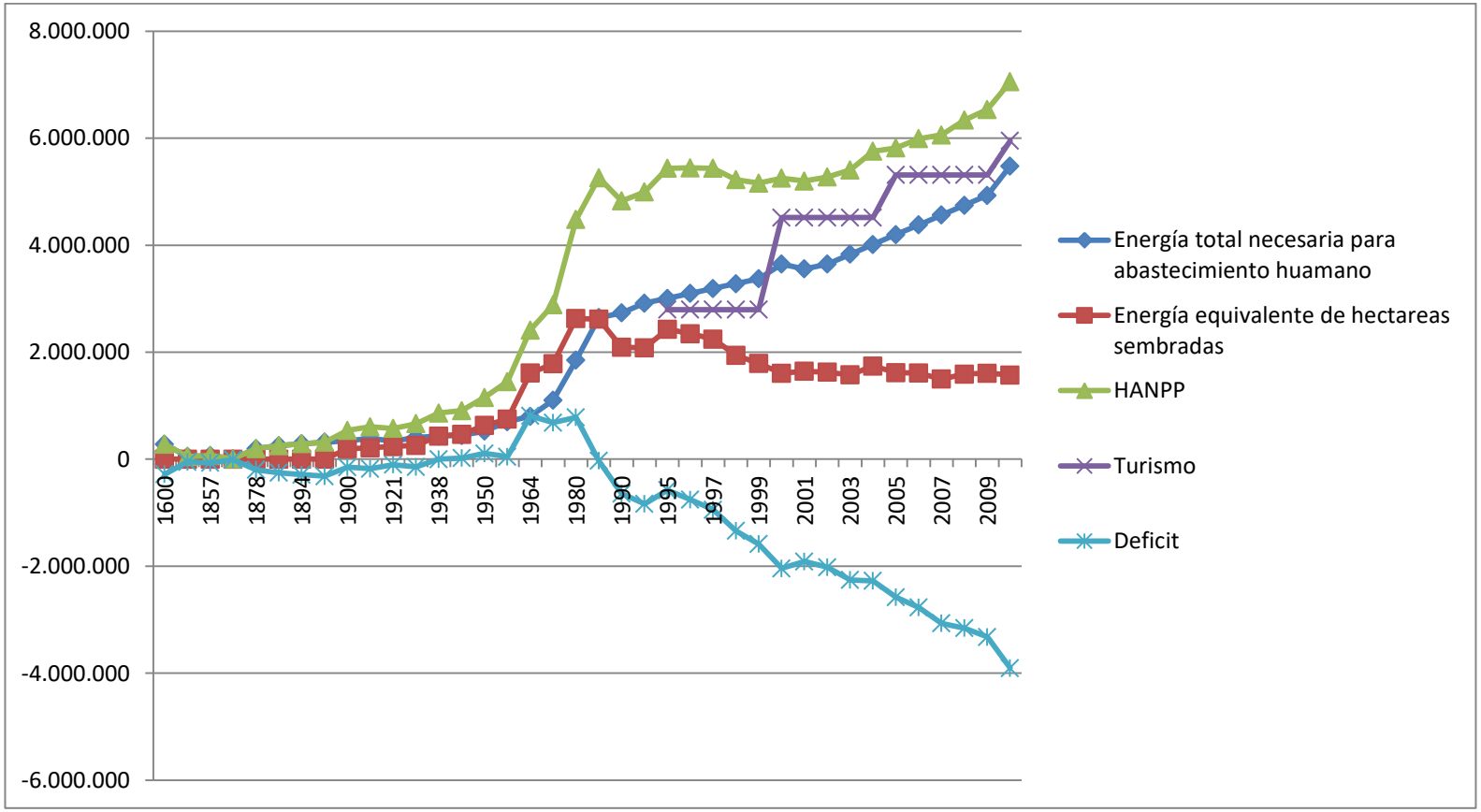
El sistema metabólico avanza cada vez hacia puntos de vulnerabilidad mayor vinculado al tema de la energía eléctrica, o el abastecimiento de combustibles para el transporte, sino hacia algo aún más complejo. El abastecimiento de alimento de la población.

Gráfica 20. Energía equivalente asociada al requerimiento energético para alimentación en el sistema metabólico de BC.S.



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI y CFE.

Gráfica 21. Energía equivalente asociada al requerimiento energético para alimentación de la población local y el turismo en el sistema metabólico.



1

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI y CFE.

4.9) Síntesis de la época actual.

Como síntesis metabólica de la época actual se presenta el análisis en conjunto para cuatro años específicos 1995, 2000, 2005 y 2010. Esto principalmente por la conveniencia de agrupar los flujos vinculados a los censos poblacionales de INEGI y tener lo más completa y homogénea posible la disponibilidad de datos oficiales. Además de que este formato nos permite observar las implicaciones de los flujos, sobre todo, en términos energéticos comparativos.

Los datos finales de la tabla se obtuvieron mediante estimaciones y conversiones energéticas ya descritas en lo anterior, a partir de los datos oficiales de SENER, SIE, CFE e INEGI para los años indicados (ver Tabla 21Tabla 21), aplicando la metodología ya descrita.

El análisis, para este caso, tiene algunas variantes a lo presentado por Haberl (2002) debido a que las características del sistema analizado son muy particulares, pero al mismo tiempo, esto ofrece la fortaleza de poder dar seguimiento a los flujos de manera más puntual. Algunas de estas características ya se describieron anteriormente, una de ellas es que BCS no cuenta con producción doméstica de combustibles fósiles, todos los combustibles fósiles tienen que ser importados hasta la región. Justamente debido al alto costo energético que implica mover materiales desde una isla energética es que se dificultan las exportaciones, estas son muy limitadas y particulares. Con la excepción de los minerales estratégicos también ya descritos.

Continuando con el análisis se puede dar cuenta de que la cantidad de GJ/cap.*año pasó de un máximo de 17.3 para el modo de organización agrícola a 79 GJ/cap.*año para el año 1998, y 102 para el año 2010. El salto energético es considerable. Se puede dar cuenta que algo similar sucedió para la época industrial, principalmente por la importación al sistema, de combustible

proveniente de fuera de la frontera de análisis, sobre todo combustibles de origen fósil ricos energía.

Algo de lo que justo se acaba de dar cuenta párrafos atrás de manera puntual es sobre la disminución de la cantidad de hectáreas sembradas en el sistema metabólico. Esto es la cantidad de energía domestica aportada para satisfacer los flujos energéticos internos, exportar esta energía en su equivalente material y/o producir trabajo.

Este hecho parece estar convirtiéndose en uno de los más críticos para el sistema metabólico, pero sobre todo para los habitantes de la región; la cantidad de hectáreas sembradas se ha visto reducida considerablemente pasando de un poco más de 60,000 hectáreas a finales de la década de 1980 a un total de 36, 442 para el año 2010. Al mismo tiempo, la cantidad de alimentos importados al estado ha crecido considerablemente del año 1995 al año 2010, creciendo un total de 2.7 veces. La cantidad equivalente de energía para estos dos años, en cuanto a importación alimentos pasó de 4, 610,444 GJ a 12, 754, 454 GJ respectivamente. Cada vez el sistema es más dependiente de los alimentos provenientes del exterior, y cada vez es más dependiente de la disponibilidad de estos flujos, así como del transporte que haga posible este abastecimiento. Además, al ingresar cada vez más alimentos por importación estos requieren ser mantenidos en condiciones de temperatura y/o ser transportados hasta su lugar de consumo.

Tabla 21. Análisis metabólico energético para B.C.S para los años 1995, 2000, 2005 y 2010; datos en GJ * año.

	1995	2000	2005	2010
GJ/cap.*año	**79**	**99**	**93**	**102**
Total energía año	**29,291,773**	**41,839,252**	**49,362,134**	**65,264,439**
Total Fósil Importación	22,252,840	33,045,773	36,891,144	50,935,690
Total Alimentos importación	4,610,444	7,187,173	10,851,682	12,754,454
Total Superficie cosechada	2,428,488	1,606,306	1,619,309	1,574,294
Habitantes	370,903	424,000	530,534	637,000
Pérdidas de energía fósil Totales	16,011,938	23,365,803	25,944,813	35,433,569

	55%	56%	53%	54%
GJ/cap.*año	**43**	**55**	**49**	**56**
Total energía disponible alimentos	**7,038,932**	**8,793,479**	**12,470,990**	**14,328,749**
Requerimientos alimentos habitantes	1,854,515	2,120,000	2,652,670	3,185,000
Energía disponible restante	5,184,417	6,673,479	9,818,320	11,143,749
Turismo				
Flujo anual turistas	650,000	1,050,000	1,235,600	1,383,900
Requerimientos alimentos turistas	3,250,000	5,250,000	6,178,000	6,919,500
	46%	60%	50%	48%
Energía en alimentos final disponible	1,934,417	1,423,479	3,640,320	4,224,249
Energía final transporte	3,293,743	4,901,243	5,085,634	7,596,428
Energía final eléctrica	2,682,637	3,864,863	4,735,530	6,508,465
Acondicionamiento de aire	1,341,319	1,932,431	2,367,765	3,254,233
Energía eléctrica final disponible	1,341,319	1,932,431	2,367,765	3,254,233
Energía final total disponible	6,569,479	8,257,153	11,093,720	15,074,909
GJ/cap.*año	**18**	**19**	**21**	**24**
Transporte	3,293,743	4,901,243	5,085,634	7,596,428
GJ/cap.*año	**9**	**12**	**10**	**12**
	50%	59%	46%	50%
Total sin transporte	9	8	11	12

Fuente: elaboración propia con estimaciones a partir de datos de SENER, CFE, SIE e INEGI.

La calidad e los alimentos también disminuyen, ya que eventualmente requieren de un mayor número de elementos conservadores para guardarlos en buen estado.

Sí se asocia las pérdidas de energía de las conversiones energéticas en la matriz de generación de energía eléctrica, que ya se describieron en una sección pasada, con los parámetros de las perdidas energéticas del transporte (tomando en consideración que la mayor parte del parque vehicular tiene más de 10 años, que la cultura del mantenimiento vehicular es escaza y que el sistema de circulación vehicular no tiene una planeación e implementación determinada), con

un rango de trasformación estimado de energía de las gasolinas de un 25%, más las perdidas inevitables asociadas al uso de gas para la preparación de alimentos, con un rango de transformación estimado del 30%; las pérdidas globales de energía y/o los flujos ocultos para todos los años señalados serían del orden del 50%.

Prácticamente la mitad de la energía fósil que ingresa al sistema metabólico se pierde en las transformaciones energéticas. Evidentemente esto tiene consecuencias globales para los GEI y locales para los habitantes de la región como los contaminantes criterio, por ejemplo, por parte de los combustibles que son quemados dentro del sistema metabólico.

Las oportunidades de ahorro energético en este rubro son escazas, pues como vimos, a lo sumo la eficiencia energética que se podría alcanzar es del 50%; de tal suerte que los parámetros podrían quedar más o menos iguales si realizamos modificaciones en la matriz energética con la misma lógica que se ha seguido hasta ahora.

Abundando sobre el análisis realizado para el vínculo energético eléctrico y el turismo, esta apuesta de organización estructural y social presenta otro inconveniente para el sistema actual, pues prácticamente el 50% del equivalente energético de los alimentos importados al sistema se están utilizando actualmente para abastecer de alimentos a los turistas que arriban año con año a la región.

El costo ambiental que se está pagando para mantener los flujos energéticos bajo la lógica actual es alto. Además, con los flujos observados el sistema metabólico parece caminar cada vez más hacia un mayor riesgo, sobre todo durante un evento climático extremo y/o una eventualidad social de escala regional o global.

Para complejizar aún más este último punto, es necesario recordar que el punto de desembarque de todos estos flujos energéticos contenidos en los alimentos deben de ser descargados a unos kilómetros de la ciudad de La Paz, en la bahía de Pichilingue y posteriormente deben de ser distribuidos, y

eventualmente transportados, hacia Los Cabos donde se encuentra el flujo más grueso de turistas. Además, como se describió en el mapa de la ciudad, todo el transporte pasa por un solo punto de conexión que comunica la parte sur con la parte norte de la ciudad. El flujo estimado para ese cruce es de entre 60, 000 y 100, 000 vehículos diarios (Idom, 2014); justo a unos metros de donde se encuentra ubicada la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Las implicaciones para la salud y para la productividad económica de la ciudad, aún no han sido exploradas.

Por otro lado existen dos rubros energéticos importantes que también se encuentran, por supuesto, interrelacionados con los procesos anteriores. El primero de ellos es la cantidad de energía disponible para el transporte, una vez que se han eliminado las pérdidas en este sector. El equivalente energético para este rubro para el año de 1995 fue de 3, 293,743; para el año 2000 fue de 4,901,243; para el año 2005 de 5,085,634 y para el año 2015 de 7,596,428. Supera por mucho el equivalente energético de la cantidad de hectáreas sembradas en esos años, es muy parecido al equivalente energético requerido para abastecer de alimentos a los turistas que llegan cada año a B.C.S. De nueva cuenta la cantidad de energía asociada al transporte está en crecimiento considerable, el crecimiento de la ciudad de La Paz hace cada vez más necesario el uso intensivo del transporte para residir e inclusive trabajar en la ciudad. En este sentido, no existe infraestructura de transporte que ofrezca opciones para explorar otros esquemas de utilización de esta energía disponible. El primer esfuerzo de debate y análisis se materializó con la elaboración del PIMUS en el año (2014).

Como se ilustró en la y se había descrito anteriormente, los sistemas acondicionadores de aire juegan un papel determinante en el trabajo realizado con la energía disponible, pero sobre todo importada al sistema. En la Tabla 21 se estima que el 50% de la energía eléctrica final disponible es utilizada para alimentar los sistemas acondicionadores de aire instalados en el sistema metabólico, estos tienen un consumo intensivo energético. Un sistema

acondicionador de aire de una tonelada de refrigeración (12, 000 BTU[72]) puede llegar a consumir al año la cantidad de 7GJ * año, tomando en consideración una operación de 180 días al año durante 8 horas diarias. Estas consideraciones requieren de atención también en cuanto al diseño y/o tipo de infraestructura urbana, así como códigos y reglamentos de construcción locales que tengan en cuenta estos parámetros.

4.10) Las emisiones de GEI ligados a los flujos energéticos actuales.

Para estimar las emisiones de GEI, para este caso, se calculan a partir del contenido energético anual equivalente para el tipo de combustible, con los datos de los flujos de entrada al sistema metabólico de combustibles, de la Dirección General de Puertos de la SCT para B.C.S. Las estimaciones se realizan del año 1995 al año 2014, es decir por un espacio temporal de 20 años.

Explorar los flujos metabólicos en términos energéticos facilita de inmediato el dimensionamiento, tanto de las implicaciones como de las alternativas de decisión. El primer paso para la aplicación de la metodología del IPCC, para la estimación de GEI, es realizar una conversión a equivalente energético, para posteriormente aplicar los factores de emisión, de acuerdo a estos parámetros y las conversiones para los equivalentes por tipo de gas emitido. En parte este trabajo ya se ha realizado a lo largo de la descripción de los flujos del sistema.

En la Tabla 22 se presentan las estimaciones de GEI para el sector de generación de energía eléctrica, por tipo de combustible, y finalmente el total de emisiones asociadas a este proceso. En la Tabla 23 se presentan las estimaciones de GEI para el sector transporte, por tipo de combustible y finalmente el total de emisiones asociadas a este proceso. En la Tabla 24 se prestan las estimaciones de GEI para el uso de gas L.P. en la zona, así como el concentrado total de GEI para el sector energía.

[72] British Termal Units (BTU, por sus siglas en inglés), unidad de medida energética utilizada en el sistema inglés para unidades de refrigeración y energía.

Se presentan los datos totales en la Gráfica 22. La forma de la gráfica resulta familiar, pues anteriormente se había trabajado ya con los equivalentes energéticos de los ingresos de los combustibles al sistema. De igual manera se ven reflejadas las emisiones de GEI asociadas a los fenómenos antes tratados.

Evidentemente el mayor número de emisiones está asociado al sector transporte. Para el año 1995 el total de Gg de CO_2 equivalente emitido para este rubro fue de 932.49; mientras que para el mismo año, para el sector generación de energía eléctrica el total de Gg de CO_2 fue de 620.27. Justo en el año 2008, en plena crisis las emisiones de GEI alcanzan un máximo histórico en B.C.S. llegando a un total de 3, 750.68, hasta el año 2014 no se había alcanzado de nuevo este parámetro. Las emisiones totales por sector para el año 2014 para generación de energía eléctrica ascendían a un total de 1,354.46 Gg/CO_2 eq.; para transporte era de 2, 076.27 Gg/CO_2 eq y para gas 121.69 Gg/CO_2 eq.

La mayor tasa de crecimiento de las emisiones de GEI se presenta entre los años 2005 y 2010, consistentemente como se había analizado previamente para los flujos de energía y consumos de equivalentes de energía, tanto para transporte como para generación de energía eléctrica.

La forma característica de las emisiones asociadas al consumo de Gas L.P. es consistente también con los flujos energéticos metabólicos. Este consumo se mantiene constante prácticamente durante los 20 años analizados, con unas pequeñas variaciones hacia el año 2014. Este hecho se explica debido a que en la región el uso de gas licuado de petróleo está asociado directamente con la cocción de alimentos. El clima local no llega a ser lo suficientemente agresivo en invierno como para usar el gas para calentar casas habitación y mantener las casas habitables. Este fenómeno también da cuenta de lo señalado por Fischer-Kowalski y Haberl sobre el hecho de que la energía necesaria para consumo humano y para la preparación de alimentos se mantiene más o menos constante a lo largo del tiempo, con variaciones relativamente pequeñas. Sin embargo, la energía total utilizada por la infraestructura, transporte y artefactos en la época actual es varias veces mayor. Esto también se ve reflejado en la Gráfica 22.

En este mismo sentido la propuesta de explorar el potencial de implementación de energías renovables emerge como opción para buscar hacer más eficiente, en términos metabólicos, el sistema; o por lo menos reducir o mitigar las emisiones de GEI. Cuando observamos los flujos y emisiones, precisamente, desde el aspecto energético es más asequible la tarea de visualizar el papel que jugaría este tipo de energías dentro del sistema metabólico, así como su potencial impacto.

Los flujos energéticos ya cuantificados y analizados para la época actual, más precisamente entre el año 1995 y 2014, así como las posibles opciones de implementación de energías renovables en la región ya esbozadas; nos advierten que el espacio donde energéticamente pudiesen operar este tipo de energías, es en el sector de generación de energía eléctrica.

Ahora bien, como se describió en un inicio existen restricciones técnicas – científicas de operación de la red eléctrica que parecen aún no estar superadas, cuando menos en México. Cada red eléctrica es única, y aunque tiene parámetros de operación similares, los comportamientos no siempre son los mismos; especialmente en una red eléctrica como la de BCS existe un parámetro empírico de restricción de porcentaje de energía variable operando en la red (las energías renovables se reconocen como energías variables, sino tienen un medio de almacenamiento de energía). Este parámetro máximo de integración en porcentaje de energías variables en una red o en la red eléctrica de BCS pudieses estar en el orden de un 35 % del total de las fuentes de abastecimiento.

Tabla 22. Estimación de GEI para generación de energía eléctrica por tipo de combustible en B.C.S. de 1995 a 2014

Emisiones asociadas a la generación de electricidad por medio de DIÉSEL

Unidades		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(bbl)	Diésel	140,051.55	185,091.07	174,298.65	194,071.89	201,966.92	207,361.88	217,554.15	204,798.28	215,601.56	260,538.83	255,308.54	284,934.13	312,240.47	323,168.30	321,625.02	317,040.85	322,133.22	285,317.51	278,595.76	306,085.99
(TJ)	Energía TJ	759.92	1,004.30	945.74	1,053.03	1,095.87	1,125.15	1,180.45	1,111.24	1,169.85	1,413.68	1,385.30	1,546.05	1,694.22	1,753.51	1,745.14	1,720.26	1,747.89	1,548.13	1,511.66	1,660.82
(Gg)	Emisiones de C netas	15.35	20.29	19.10	21.27	22.14	22.73	23.85	22.45	23.63	28.56	27.98	31.23	34.22	35.42	35.25	34.75	35.31	31.27	30.54	33.55
(Gg)	Emisiones de C reales	15.20	20.08	18.91	21.06	21.92	22.50	23.61	22.22	23.39	28.27	27.70	30.92	33.88	35.07	34.90	34.40	34.95	30.96	30.23	33.21
(Gg)	CO2 emitido Total	55.72	73.64	69.35	77.21	80.36	82.50	86.56	81.48	85.78	103.66	101.58	113.37	124.23	128.58	127.96	126.14	128.17	113.52	110.84	121.78
(Gg)	CH4 Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg)	N2O Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg CO2 eq)	CH4 Emisiones Eq.	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
(Gg CO2 eq)	N2O Emsiones Eq.	0.07	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.13	0.13	0.14	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.14	0.14	0.15
(Gg CO2 eq)	**Emisiones Totales**	**55.81**	**73.75**	**69.45**	**77.33**	**80.48**	**82.63**	**86.69**	**81.61**	**85.91**	**103.82**	**101.73**	**113.54**	**124.42**	**128.77**	**128.16**	**126.33**	**128.36**	**113.69**	**111.01**	**121.97**

Emisiones asociadas a la generación de electricidad por medio de COMBUSTÓLEO

Unidades		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(bbl)	Combustóleo	933,677.01	1,233,940.45	1,161,990.98	1,293,812.59	1,346,446.14	1,382,412.51	1,450,360.98	1,365,321.84	1,437,343.76	1,736,925.51	1,702,056.90	1,899,560.85	2,081,603.15	2,154,455.36	2,144,166.78	2,113,605.66	2,147,554.82	1,902,116.75	1,857,305.05	2,040,573.28
(TJ)	Energía TJ	5,619.80	7,427.09	6,994.02	7,787.46	8,104.26	8,320.74	8,729.72	8,217.87	8,651.37	10,454.55	10,244.68	11,433.46	12,529.17	12,967.67	12,905.74	12,721.79	12,926.13	11,448.84	11,179.12	12,282.21
(Gg)	Emisiones de C netas	118.58	156.71	147.57	164.32	171.00	175.57	184.20	173.40	182.54	220.59	216.16	241.25	264.37	273.62	272.31	268.43	272.74	241.57	235.88	259.15
(Gg)	Emisiones de C reales	117.39	155.14	146.10	162.67	169.29	173.81	182.36	171.66	180.72	218.39	214.00	238.83	261.72	270.88	269.59	265.75	270.01	239.15	233.52	256.56
(Gg)	CO2 emitido Total	430.44	568.86	535.69	596.46	620.73	637.31	668.64	629.43	662.63	800.75	784.67	875.72	959.65	993.23	988.49	974.40	990.05	876.90	856.24	940.73
(Gg)	CH4 Emitido Total	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Gg)	N2O Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg CO2 eq)	CH4 Emisiones Eq.	0.11	0.14	0.13	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.20	0.19	0.22	0.24	0.25	0.24	0.24	0.24	0.22	0.21	0.23
(Gg CO2 eq)	N2O Emsiones Eq.	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg CO2 eq)	**Emisiones Totales**	**431.07**	**569.00**	**535.83**	**596.61**	**620.88**	**637.47**	**668.80**	**629.59**	**662.80**	**800.94**	**784.86**	**875.94**	**959.88**	**993.48**	**988.73**	**974.64**	**990.30**	**877.12**	**856.45**	**940.96**

Emisiones asociadas a la generación de electricidad por medio de DIÉSEL BAJO EN AZUFRE

Unidades		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(bbl)	Diésel Gen.Elec.	334,760.14	442,416.46	416,619.73	463,882.99	482,754.20	495,649.57	520,011.78	489,521.88	515,344.59	622,756.50	610,254.72	681,067.70	746,337.06	772,457.46	768,768.60	757,811.23	769,983.35	681,984.09	665,917.32	731,626.23
(TJ)	Energía TJ	1,816.41	2,400.55	2,260.58	2,517.03	2,619.42	2,689.39	2,821.58	2,656.15	2,796.26	3,379.08	3,311.24	3,695.47	4,049.62	4,191.35	4,171.34	4,111.88	4,177.93	3,700.45	3,613.27	3,969.80
(Gg)	Emisiones de C netas	36.69	48.49	45.66	50.84	52.91	54.33	57.00	53.65	56.48	68.26	66.89	74.65	81.80	84.67	84.26	83.06	84.39	74.75	72.99	80.19
(Gg)	Emisiones de C reales	36.32	48.01	45.21	50.34	52.38	53.78	56.43	53.12	55.92	67.57	66.22	73.90	80.98	83.82	83.42	82.23	83.55	74.00	72.26	79.39
(Gg)	CO2 emitido Total	133.19	176.02	165.76	184.56	192.07	197.20	206.90	194.76	205.04	247.77	242.80	270.97	296.94	307.34	305.87	301.51	306.35	271.34	264.95	291.09
(Gg)	CH4 Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg)	N2O Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg CO2 eq)	CH4 Emisiones Eq.	0.03	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08
(Gg CO2 eq)	N2O Emsiones Eq.	0.17	0.22	0.21	0.23	0.24	0.25	0.26	0.25	0.26	0.31	0.31	0.34	0.38	0.39	0.39	0.38	0.39	0.34	0.34	0.37
(Gg CO2 eq)	**Emisiones Totales**	**133.39**	**176.29**	**166.01**	**184.85**	**192.37**	**197.50**	**207.21**	**195.06**	**205.35**	**248.15**	**243.17**	**271.39**	**297.40**	**307.80**	**306.33**	**301.97**	**306.82**	**271.75**	**265.35**	**291.53**

Emisiones asociadas a la generación TOTAL DE ELECTRICIDAD

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(Gg CO2 eq)	Diésel	55.81	73.75	69.45	77.33	80.48	82.63	86.69	81.61	85.91	103.82	101.73	113.54	124.42	128.77	128.16	126.33	128.36	113.69	111.01	121.97
(Gg CO2 eq)	Combustóleo	431.07	569.00	535.83	596.61	620.88	637.47	668.80	629.59	662.80	800.94	784.86	875.94	959.88	993.48	988.73	974.64	990.30	877.12	856.45	940.96
(Gg CO2 eq)	Diésel bajo en azufre	133.39	176.29	166.01	184.85	192.37	197.50	207.21	195.06	205.35	248.15	243.17	271.39	297.40	307.80	306.33	301.97	306.82	271.75	265.35	291.53
(Gg CO2 eq)	Total	**620.27**	**819.05**	**771.29**	**858.79**	**893.73**	**917.60**	**962.70**	**906.26**	**954.06**	**1,152.91**	**1,129.77**	**1,260.87**	**1,381.70**	**1,430.06**	**1,423.23**	**1,402.94**	**1,425.48**	**1,262.56**	**1,232.82**	**1,354.46**

Fuente: elaboración propia con datos de SCT.

Tabla 23. Estimación de GEI para transporte por tipo de combustible para B.C.S. de 1995 a 2014.

Emisiones asociadas al Transporte con GASOLINA

Unidades		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(bbl)	Gasolinas	1,520,441.30	2,009,403.69	1,892,237.95	2,106,902.15	2,192,612.96	2,251,182.22	2,361,832.53	2,223,351.01	2,340,634.71	2,828,487.00	2,771,705.40	3,093,329.65	3,389,775.44	3,508,411.23	3,491,656.85	3,441,889.77	3,497,174.09	3,097,491.78	3,024,518.41	3,322,960.57
(TJ)	Energía TJ	9,151.54	12,094.60	11,389.38	12,681.44	13,197.34	13,549.87	14,215.87	13,382.35	14,088.28	17,024.66	16,682.89	18,618.75	20,403.06	21,117.13	21,016.28	20,716.73	21,049.49	18,643.80	18,204.58	20,000.90
(Gg)	Emisiones de C netas	172.96	228.59	215.26	239.68	249.43	256.09	268.68	252.93	266.27	321.77	315.31	351.89	385.62	399.11	397.21	391.55	397.84	352.37	344.07	378.02
(Gg)	Emisiones de C reales	171.23	226.30	213.11	237.28	246.94	253.53	265.99	250.40	263.61	318.55	312.15	348.38	381.76	395.12	393.24	387.63	393.86	348.84	340.63	374.24
(Gg)	CO2 emitido Total	627.86	829.77	781.39	870.04	905.43	929.62	975.31	918.12	966.55	1,168.01	1,144.56	1,277.38	1,399.79	1,448.78	1,441.86	1,421.31	1,444.14	1,279.10	1,248.96	1,372.20
(Gg)	CH4 Emitido Total	0.27	0.36	0.34	0.38	0.39	0.40	0.42	0.40	0.42	0.50	0.49	0.55	0.60	0.63	0.62	0.61	0.62	0.55	0.54	0.59
(Gg)	N2O Emitido Total	0.04	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09
(Gg CO2 eq)	CH4 Emisiones Eq.	5.69	7.52	7.08	7.88	8.20	8.42	8.84	8.32	8.76	10.58	10.37	11.57	12.68	13.13	13.06	12.88	13.08	11.59	11.32	12.43
(Gg CO2 eq)	N2O Emsiones Eq.	13.33	17.62	16.59	18.48	19.23	19.74	20.71	19.50	20.53	24.80	24.31	27.13	29.73	30.77	30.62	30.18	30.67	27.16	26.52	29.14
(Gg CO2 eq)	**Emisiones Totales**	**646.88**	**854.91**	**805.07**	**896.40**	**932.86**	**957.78**	**1,004.86**	**945.94**	**995.84**	**1,203.40**	**1,179.24**	**1,316.08**	**1,442.20**	**1,492.68**	**1,485.55**	**1,464.37**	**1,487.90**	**1,317.85**	**1,286.80**	**1,413.78**

Emisiones asociadas al Transporte con DIÉSEL

Unidades		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(bbl)	Diésel	417,882.01	552,269.70	520,067.56	579,066.43	602,623.41	618,720.73	649,132.15	611,071.53	643,306.09	777,388.67	761,782.67	850,178.71	931,654.63	964,260.80	959,655.98	945,977.87	961,172.36	851,322.64	831,266.45	913,291.06
(TJ)	Energía TJ	2,267.43	3,324.11	3,130.29	3,485.40	3,627.19	3,724.08	3,907.13	3,678.04	3,872.06	4,679.10	4,585.17	5,117.23	5,607.63	5,803.89	5,776.17	5,693.84	5,785.30	5,124.11	5,003.39	5,497.10
(Gg)	Emisiones de C netas	42.85	62.83	59.16	65.87	68.55	70.39	73.84	69.51	73.18	88.44	86.66	96.72	105.98	109.69	109.17	107.61	109.34	96.85	94.56	103.90
(Gg)	Emisiones de C reales	42.43	62.20	58.57	65.22	67.87	69.68	73.11	68.82	72.45	87.55	85.79	95.75	104.92	108.60	108.08	106.54	108.25	95.88	93.62	102.86
(Gg)	CO2 emitido Total	155.56	228.06	214.76	239.12	248.85	255.50	268.06	252.34	265.65	321.02	314.57	351.08	384.72	398.19	396.29	390.64	396.91	351.55	343.27	377.14
(Gg)	CH4 Emitido Total	0.07	0.10	0.09	0.10	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.14	0.14	0.15	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.15	0.15	0.16
(Gg)	N2O Emitido Total	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
(Gg CO2 eq)	CH4 Emisiones Eq.	1.41	2.07	1.95	2.17	2.25	2.31	2.43	2.29	2.41	2.91	2.85	3.18	3.49	3.61	3.59	3.54	3.60	3.19	3.11	3.42
(Gg CO2 eq)	N2O Emsiones Eq.	3.30	4.84	4.56	5.08	5.28	5.43	5.69	5.36	5.64	6.82	6.68	7.46	8.17	8.46	8.42	8.30	8.43	7.47	7.29	8.01
(Gg CO2 eq)	**Emisiones Totales**	**160.27**	**234.97**	**221.27**	**246.37**	**256.39**	**263.24**	**276.18**	**259.98**	**273.70**	**330.75**	**324.11**	**361.71**	**396.38**	**410.25**	**408.29**	**402.47**	**408.94**	**362.20**	**353.67**	**388.57**

Emisiones asociadas al Transporte con DIÉSEL MARINO

Unidades		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(bbl)	Diesel marino	37,195.57	49,157.38	46,291.08	51,542.55	53,639.36	55,072.17	57,779.09	54,391.32	57,260.51	69,195.17	67,806.08	75,674.19	82,926.34	85,828.61	85,418.73	84,201.25	85,553.71	75,776.01	73,990.81	81,291.80
(TJ)	Energía TJ	201.82	266.73	251.18	279.67	291.05	298.82	313.51	295.13	310.70	375.45	367.92	410.61	449.96	465.71	463.48	456.88	464.21	411.16	401.47	441.09
(Gg)	Emisiones de C netas	3.94	5.20	4.90	5.45	5.68	5.83	6.11	5.75	6.06	7.32	7.17	8.01	8.77	9.08	9.04	8.91	9.05	8.02	7.83	8.60
(Gg)	Emisiones de C reales	3.90	5.15	4.85	5.40	5.62	5.77	6.05	5.70	6.00	7.25	7.10	7.93	8.69	8.99	8.95	8.82	8.96	7.94	7.75	8.52
(Gg)	CO2 emitido Total	14.29	18.88	17.78	19.80	20.60	21.15	22.19	20.89	21.99	26.58	26.04	29.06	31.85	32.97	32.81	32.34	32.86	29.10	28.42	31.22
(Gg)	CH4 Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg)	N2O Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg CO2 eq)	CH4 Emisiones Eq.	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
(Gg CO2 eq)	N2O Emsiones Eq.	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.07	0.08
(Gg CO2 eq)	**Emisiones Totales**	**14.34**	**18.96**	**17.85**	**19.88**	**20.69**	**21.24**	**22.28**	**20.98**	**22.08**	**26.69**	**26.15**	**29.18**	**31.98**	**33.10**	**32.94**	**32.47**	**32.99**	**29.22**	**28.54**	**31.35**

Emisiones asociadas al Transporte con QUEROSENO

Unidades		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(bbl)	Turbosina	297,564.57	393,259.07	370,328.65	412,340.44	429,114.84	440,577.39	462,232.69	435,130.56	458,084.08	553,561.33	542,448.64	605,393.51	663,410.72	686,628.86	683,349.87	673,609.98	684,429.64	606,208.08	591,926.51	650,334.43
(TJ)	Energía TJ	1,554.18	2,053.99	1,934.23	2,153.65	2,241.27	2,301.14	2,414.24	2,272.69	2,392.57	2,891.25	2,833.21	3,161.97	3,464.99	3,586.26	3,569.14	3,518.26	3,574.78	3,166.22	3,091.63	3,396.70
(Gg)	Emisiones de C netas	30.31	40.05	37.72	42.00	43.70	44.87	47.08	44.32	46.66	56.38	55.25	61.66	67.57	69.93	69.60	68.61	69.71	61.74	60.29	66.24
(Gg)	Emisiones de C reales	30.00	39.65	37.34	41.58	43.27	44.42	46.61	43.87	46.19	55.82	54.70	61.04	66.89	69.23	68.90	67.92	69.01	61.12	59.68	65.57
(Gg)	CO2 emitido Total	110.01	145.39	136.91	152.45	158.65	162.89	170.89	160.87	169.36	204.66	200.55	223.82	245.27	253.85	252.64	249.04	253.04	224.12	218.84	240.44
(Gg)	CH4 Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg)	N2O Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
(Gg CO2 eq)	CH4 Emisiones Eq.	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
(Gg CO2 eq)	N2O Emsiones Eq.	0.96	1.27	1.20	1.34	1.39	1.43	1.50	1.41	1.48	1.79	1.76	1.96	2.15	2.22	2.21	2.18	2.22	1.96	1.92	2.11
(Gg CO2 eq)	**Emisiones Totales**	**110.99**	**146.69**	**138.13**	**153.80**	**160.06**	**164.34**	**172.41**	**162.31**	**170.87**	**206.48**	**202.34**	**225.81**	**247.45**	**256.11**	**254.89**	**251.26**	**255.29**	**226.12**	**220.79**	**242.58**

Emisiones asociadas a la generación TOTAL TRANSPORTE

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(Gg CO2 eq)	Gasolina	646.88	854.91	805.07	896.40	932.86	957.78	1,004.86	945.94	995.84	1,203.40	1,179.24	1,316.08	1,442.20	1,492.68	1,485.55	1,464.37	1,487.90	1,317.85	1,286.80	1,413.78
(Gg CO2 eq)	Diésel	160.27	234.97	221.27	246.37	256.39	263.24	276.18	259.98	273.70	330.75	324.11	361.71	396.38	410.25	408.29	402.47	408.94	362.20	353.67	388.57
(Gg CO2 eq)	Diésel marino	14.34	18.96	17.85	19.88	20.69	21.24	22.28	20.98	22.08	26.69	26.15	29.18	31.98	33.10	32.94	32.47	32.99	29.22	28.54	31.35
(Gg CO2 eq)	Queroseno	110.99	146.69	138.13	153.80	160.06	164.34	172.41	162.31	170.87	206.48	202.34	225.81	247.45	256.11	254.89	251.26	255.29	226.12	220.79	242.58
(Gg CO2 eq)	Total	**932.49**	**1,255.53**	**1,182.32**	**1,316.45**	**1,370.00**	**1,406.60**	**1,475.73**	**1,389.21**	**1,462.49**	**1,767.31**	**1,731.83**	**1,932.79**	**2,118.02**	**2,192.14**	**2,181.67**	**2,150.58**	**2,185.12**	**1,935.39**	**1,889.79**	**2,076.27**

Tabla 24. Estimación de GEI para Gas L.P. para B.C.S. 1995 a 2014 y total de emisiones.

Emisiones asociadas a la utilización de GAS L.P.

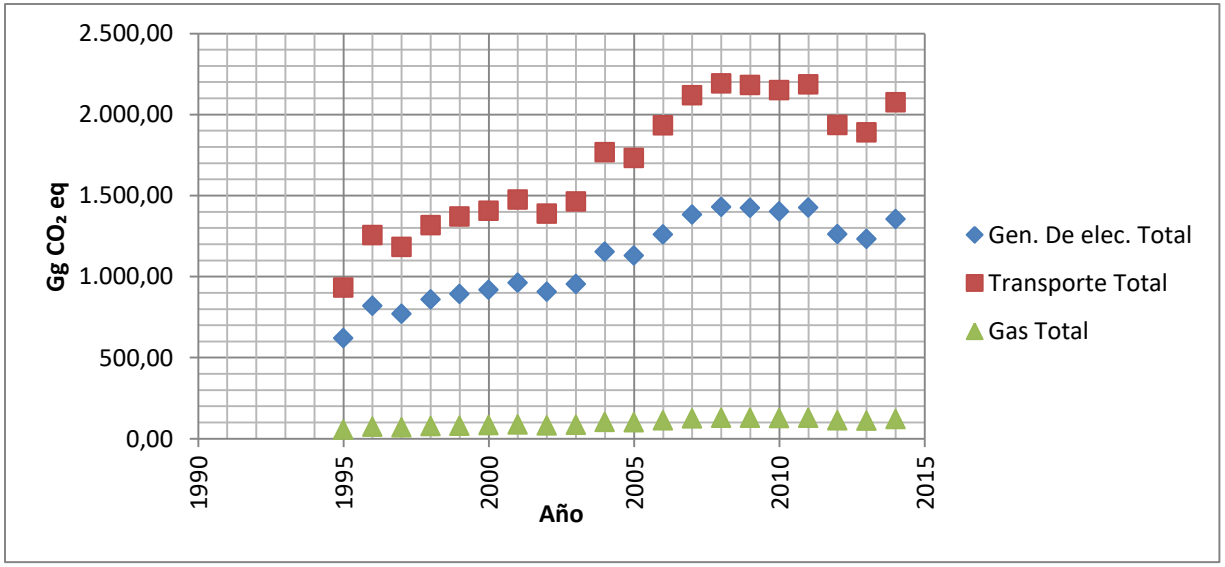
Unidades		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(bbl)	Gas L.P.	234,194.33	309,509.46	291,462.36	324,527.19	337,729.27	346,750.73	363,794.25	342,463.87	360,529.14	435,673.27	426,927.17	476,467.12	522,128.81	540,402.34	537,821.65	530,156.01	538,671.48	477,108.21	465,868.09	511,837.28
(TJ)	Energía TJ	881.74	1,165.30	1,097.36	1,221.84	1,271.55	1,305.52	1,369.69	1,289.38	1,357.39	1,640.31	1,607.38	1,793.90	1,965.81	2,034.61	2,024.90	1,996.04	2,028.10	1,796.31	1,753.99	1,927.07
(Gg)	Emisiones de C netas	15.17	20.04	18.87	21.02	21.87	22.45	23.56	22.18	23.35	28.21	27.65	30.86	33.81	35.00	34.83	34.33	34.88	30.90	30.17	33.15
(Gg)	Emisiones de C reales	15.09	19.94	18.78	20.91	21.76	22.34	23.44	22.07	23.23	28.07	27.51	30.70	33.64	34.82	34.65	34.16	34.71	30.74	30.02	32.98
(Gg)	CO2 emitido Total	55.33	73.12	68.86	76.67	79.79	81.92	85.95	80.91	85.18	102.93	100.87	112.57	123.36	127.67	127.07	125.25	127.27	112.72	110.07	120.93
(Gg)	CH4 Emitido Total	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
(Gg)	N2O Emitido Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Gg CO2 eq)	CH4 Emisiones Eq.	0.19	0.24	0.23	0.26	0.27	0.27	0.29	0.27	0.29	0.34	0.34	0.38	0.41	0.43	0.43	0.42	0.43	0.38	0.37	0.40
(Gg CO2 eq)	N2O Emsiones Eq.	0.16	0.22	0.20	0.23	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25	0.31	0.30	0.33	0.37	0.38	0.38	0.37	0.38	0.33	0.33	0.36
(Gg CO2 eq)	**Emisiones Totales**	**55.68**	**73.59**	**69.30**	**77.16**	**80.30**	**82.44**	**86.49**	**81.42**	**85.72**	**103.58**	**101.50**	**113.28**	**124.14**	**128.48**	**127.87**	**126.04**	**128.07**	**113.43**	**110.76**	**121.69**

Emisiones de GEI Totales por año

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(Gg CO2 eq)	Gen. De elec. Total	620.27	819.05	771.29	858.79	893.73	917.60	962.70	906.26	954.06	1,152.91	1,129.77	1,260.87	1,381.70	1,430.06	1,423.23	1,402.94	1,425.48	1,262.56	1,232.82	1,354.46
(Gg CO2 eq)	Transporte Total	932.49	1,255.53	1,182.32	1,316.45	1,370.00	1,406.60	1,475.73	1,389.21	1,462.49	1,767.31	1,731.83	1,932.79	2,118.02	2,192.14	2,181.67	2,150.58	2,185.12	1,935.39	1,889.79	2,076.27
(Gg CO2 eq)	Gas Total	55.68	73.59	69.30	77.16	80.30	82.44	86.49	81.42	85.72	103.58	101.50	113.28	124.14	128.48	127.87	126.04	128.07	113.43	110.76	121.69
(Gg CO2 eq)	Total	**1,608.44**	**2,148.16**	**2,022.90**	**2,252.39**	**2,344.02**	**2,406.63**	**2,524.93**	**2,376.88**	**2,502.26**	**3,023.80**	**2,963.10**	**3,306.94**	**3,623.85**	**3,750.68**	**3,732.77**	**3,679.56**	**3,738.67**	**3,311.38**	**3,233.37**	**3,552.42**

Fuente: elaboración propia con datos de SCT.

Gráfica 22. Total de emisiones GEI para Generación de electricidad, transporte y uso de Gas L.P.



De hecho, el compromiso de México es que para el año 2024 el 35% de la electricidad generada provenga de fuentes limpias.

Para no involucrar variables más complejas de consumos de combustible por unidades de generación, se propone analizar el impacto que tendría la implementación de energías renovables en el sistema metabólico de B.C.S. mediante la sustitución real directa de un porcentaje de consumo, en este caso del combustible más sucio, sobre el total de las emisiones de GEI. Se examinan tres escenarios. El primero de ellos con un crecimiento en demanda de energía eléctrica anual del 6% sostenido, hasta el año 2030; un escenario más con una penetración del 15% de energía renovable de sustitución energética equivalente de combustóleo. Alcanzado este porcentaje en el año 2024. El tercer escenario se trabajó con una penetración del 35% de energías renovables de sustitución energía equivalente de combustóleo del sistema, alcanzado en el año 2024 el porcentaje total esperado. Energéticamente el 15% y 35% equivalente energético de combustóleo es igual a 3, 299 TJ y 7, 698 TJ respectivamente. El último valor es equivalente casi a la cantidad de combustóleo quemado durante el año 2000.

Con el ánimo de disminuir las fuentes más contaminantes la sustitución porcentual de la energía limpia proyectada, se realiza en el total de energía asociada al combustóleo la aportación energética de energía limpia.

Para los escenarios se utiliza el incremento del 6% de la demanda sobre el combustóleo, tomando en cuenta que es el combustible más barato y que el escenario energético actual es adverso. No se espera un cambio de paradigma energético súbito para generación de energía eléctrica en la región. Para el transporte se asume un 3% de incremento para todos los años. En todos los demás casos se asume un incremento anual del 1%.

4.10.1) Escenario tendencial.

Bajo las consideraciones expuestas anteriormente, para el escenario tendencial (BAU,) las emisiones totales de GEI para el sistema metabólico llegan en el año 2024 a un total de 5, 067 Gg CO_2 eq.; para el año 2030 las emisiones alcanzan un total de 6, 350 Gg CO_2 eq., esto es casi el doble de las emisiones estimadas para el año 2005 por en el PEACC para B.C.S. bajo este esquema el crecimiento de las emisiones parece irreversible (ver Gráfica 23).

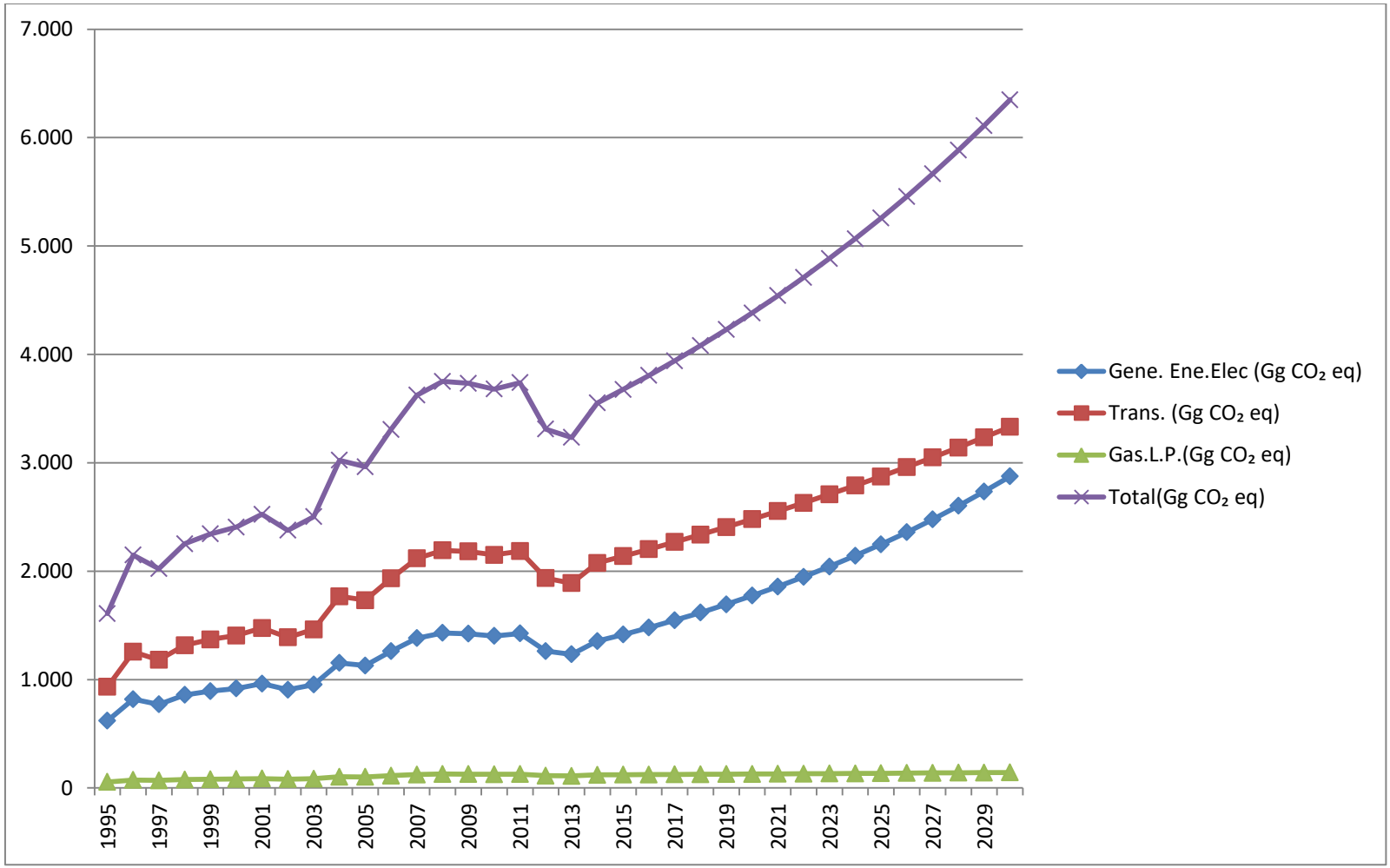
4.10.2) Escenario 15% de energía renovable al 2024.

Iniciando con un impulso de partida para el año 2017 con una instalación de un 4% de arranque hasta llegar a un 15% sustituido del equivalente en combustóleo de la matriz energética; las emisiones alcanzan en el año 2024 un total de 4, 814 Gg CO_2 eq.; para el año 2030, bajo las mismas consideraciones las emisiones alcanzan un total de 5, 991 Gg CO_2 eq. Es decir, se reducen un total de 259 Gg CO_2 eq para ese último año de la estimación. Si se realiza la sustitución propuesta.

4.10.3) Escenario 35% de energía renovable para el año 2024.

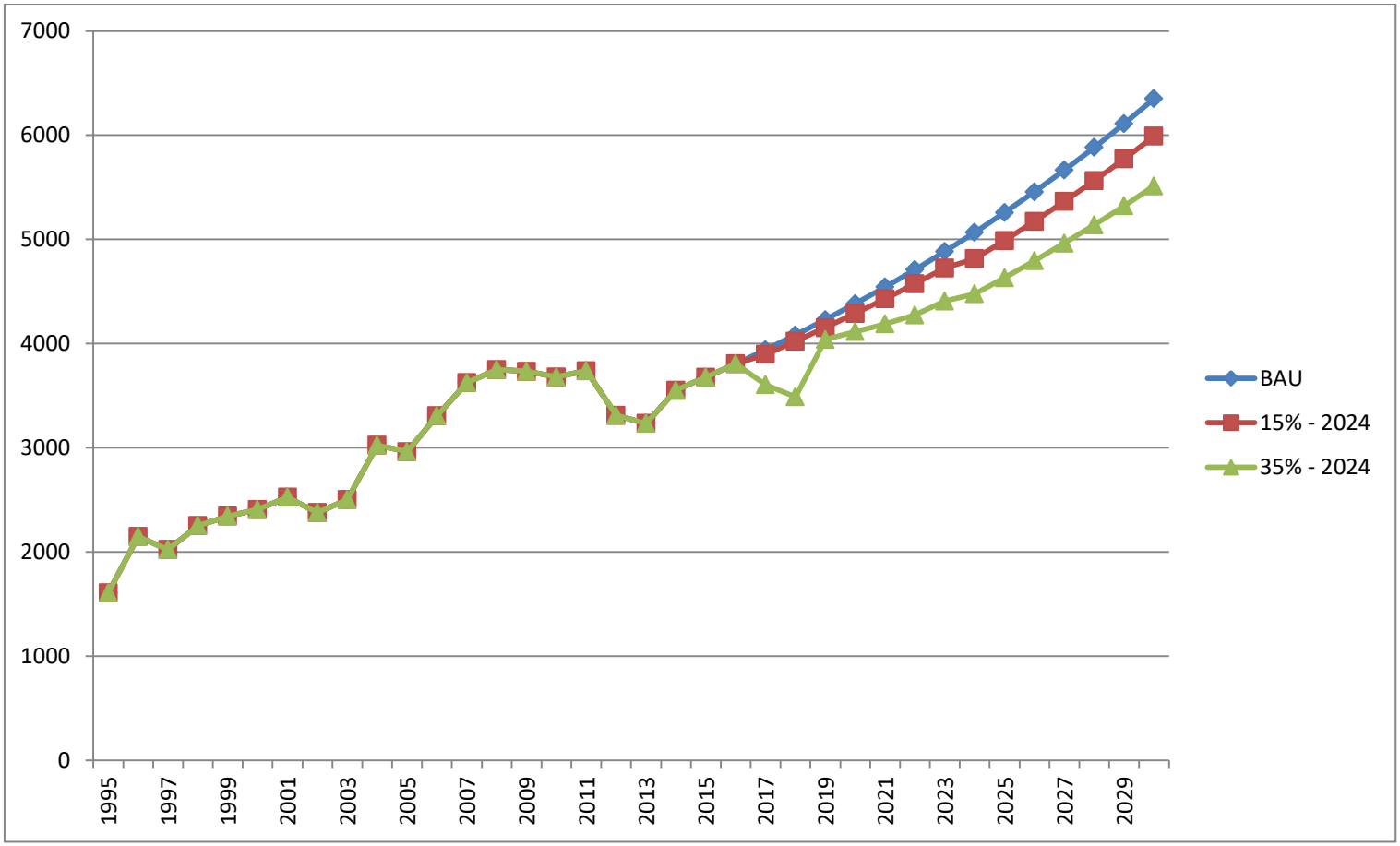
Iniciando con una sustitución del 3% del equivalente energético de combustóleo para el año 2017, gradualmente se sustituye el combustible fósil hasta llegar a un total de 35% en el año 2024. Teóricamente se evitarían la quema de cerca de 2 millones de barriles de combustóleo para el año 2030 (ver Gráfica 24).

Gráfica 23. Escenario tendencial con incrementos de demanda del 6% anual para el combustóleo, 3% de crecimiento anual para el total de transporte y 1% para los demás rubros.



Fuente: elaboración propia con estimaciones.

Gráfica 24. Comportamiento de las emisiones totales ligadas a consumo de energía, el escenario tendencial y dos más para la sustitución del equivalente energético del 15% y 35% de combustóleo para el año 2024.



Fuente: elaboración propia.

4.11) Síntesis comparativa entre modos de organización social para el sistema metabólico.

El sistema metabólico históricamente transitó por diferentes fases que se ven reflejadas en la cantidad de energía per cápita al año. Es posible identificar que los flujos más determinantes, y los que más tienen impacto en la cantidad de energía disponible per cápita, es el petróleo (ver Tabla 25).

Aunque la actividad productiva en la época industrial minera parecía determinante en términos metabólicos, fue hasta el inicio de la importación de combustibles fósiles y después del cambio de la política pública que se reflejaron cambios de gran orden para el sistema.

Tabla 25. Comparación de energía per cápita al año por tipo de organización social.

	Total Promedio **GJ/cap.*año**
Cazadores - recolectores	**7**
Industrial -minera	**17.2 - 24**
Agrícola	**28.5- 46**
Industrial - Turístico	**79 -102**

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos.

El análisis energético directo y la integración de los flujos tróficos al análisis del sistema llevan aún más el análisis a una visión organicista analógica celular; donde la disponibilidad de energía y alimento son determinantes para la vida del organismo vivo. Aparece reflejado en los flujos energéticos el déficit de flujo de alimentos hacia el sistema de B.C.S. y/o el déficit energético equivalente, algo que se mantenía oculto bajo otro tipo de análisis.

4.12) Consideración sobre los flujos de materiales, el caso del fósforo.

Las exportaciones del sistema metabólico de BCS son de suma importancia en la época actual. El yeso, la sal y la fosforita forman parte del entramado complejo de abastecimiento de México y otras partes del mundo, que permite el desarrollo y operación de muchas industrias y procesos socioeconómicos. En este caso final solo se analiza el caso de la roca fosfórica exportada. Esto desde una visión más cualitativa.

El fósforo forma parte fundamental de los seres vivos. De hecho está vinculado al mismo proceso celular de transformación energética mitocondrial en la célula. La conversión se realiza mediante la interacción del adenosin bifosofato y adenonsin trifosfato que abastece de la energía necesaria a los organismos celulares para continuar con su funcionamiento. Es decir, este elemento forma parte de la vida misma. Este fertilizante mantiene, en la actualidad, el modo de producción agrícola, pues sostiene, un flujo de nutrientes en el suelo de manera artificial. En la actualidad la agricultura es un proceso intensivo, que eventualmente, degrada el suelo. Como se mencionó, el estado de BCS es el único que cuenta con producción de fosforo en México. Este flujo se mantiene gracias a los combustibles fósiles.

Para ejemplificar por un lado el tema de la energía y por otro las implicaciones de su utilización en el campo, como elemento estratégico, y que además en este caso, tiene que ver con el fenómeno que se presentó en el sistema metabólico analizado en las implicaciones del cambio de política pública durante el año de 1989, se describe lo siguiente presentado por Pimentel (2008).

El costo relativo de la energía contenida en los combustibles fósiles y el costo relativo de la mano de obra humana (pues como se vio tiene un fundamento energético complejo entre el sistema ecológico y socioeconómico) afecta

directamente el precio de los alimentos; así si el precio de la energía de origen fósil es relativamente más barata que el precio de los alimentos, entonces el uso de energía fósil en la producción de alimentos es una excelente inversión (Pimentel & Pimentel, 2008). Así resulta que en México son necesarias 1,144 horas hombre “a mano” para hacer producir una hectárea de cultivo, mientras que mediante un sistema tecnificado intensivo en el uso de energía es necesario invertir 10 horas hombre por hectárea (Pimentel & Pimentel, 2008).

Bajo estas condiciones, en México serán necesarios 16 hombres trabajando 12 horas diarias durante 6 días a la semana para atender una hectárea agrícola. Mientras que en EUA, con un sistema tecnificado intensivo en el uso de energía el mismo número de personas, bajo las mismas circunstancias estará en condiciones de entender 115 hectáreas de cultivo agrícola. Esto, pone en la balanza todas las relaciones sociales, sin introducir al análisis aún las variables e implicaciones ecosistémicas y sin mencionar temas estratégicos, por ejemplo, como el tratado de libre comercio, donde “…entre 1992 y 1994, la agricultura y la silvicultura registraron un déficit promedio de 700 millones de dólares en este intercambio comercial” (Cariño Olvera & Monteforte, 2008, p. 261).

Por otro lado el limite entrópico y/o energético no es la única limitante para los sistemas, sino que también justo la disponibilidad de fosforo puede marcar un límite trófico que gatille un proceso que lleve a una inanición al sistema agrícola mundial dependiente de la disponibilidad de este mineral. Este límite trófico fue definido de manera matemática por la ecuación de Gompertz. Se verá algo más de esto en las conclusiones.

Ahora, por otro lado, es fundamental señalar el vínculo que algunas veces no parece muy claro, entre el abastecimiento de fertilizantes y los combustibles fósiles. Aquí en esta dependencia de la disponibilidad de energía para el sistema metabólico de BCS se ve claramente que el abastecimiento de fertilizantes depende, primeramente del abastecimiento de combustibles fósiles. Si el sistema de extracción de fosforita minero del estado se queda sin energía eléctrica, la producción se para. El vínculo pues se complejiza. El sistema no depende

solamente del combustible fósil para abastecer de energía eléctrica a los ciudadanos, sino también para abastecerlos de alimentos de México.

Ahora, por otro lado La Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, por sus siglas en inglés) reconoce en México un total de 15 reservas de uranio, etas se encuentra integradas dentro de la información estadística y técnica del sistema Integrated Nuclear Fuel Cycle Information Systems (INFCIS[73], por sus siglas en inglés). A partir del año 1996 se genera una guía donde se describen y clasifican los depósitos de uranio en el mundo, en esta clasificación participan expertos en la materia. Entre las características descritas de los deposites se encuentran: localización, estatus, tamaño del yacimiento con un rango especifico estimado en toneladas, la cantidad de mineral y concentración, la edad geológica del yacimiento y el esquema geológico donde se encuentra depositado. Para México los depósitos de uranio reconocido se encuentran descritos en la Tabla 26.

Tabla 26. Depósitos de uranio para México.

Country	Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status
Mexico	Buenavista	Volcanic-related	Dormant
Mexico	Coneto-Buenavista	Carbonate	Dormant
Mexico	El Chapote-Diana	Sandstone	Dormant
Mexico	El Nopal District	Volcanic-related	Dormant
Mexico	Hilario	Phosphate	Unknown
Mexico	La Coma	Sandstone	Dormant
Mexico	La Preciosa	Granite-related	Dormant
Mexico	La Sierrita	Sandstone	Dormant
Mexico	Los Amoles (3 deposits)	Volcanic-related	Dormant
Mexico	Mrgaritas-Puetro 3	Volcanic-related	Dormant
Mexico	San Juan de la Costa	Phosphate	Dormant
Mexico	Santo Domingo	Phosphate	Dormant
Mexico	Tayata	Volcanic-related	Dormant
Mexico	Tembabiche	Phosphate	Unknown
Mexico	UF1	Phosphate	Unknown

Fuente: elaboración propia con datos de INFCIS.

[73] Disponible en su versión electrónica en https://infcis.iaea.org/Default.asp

El sistema de información del Sistema Geológico Mexicano (SGM), afirma que el estado de BCS es el que cuenta con las reservas más abundantes de fósforo y el único con explotación de este tipo. Así es posible inferir que los depósitos de uranio identificados y asociados a depósitos de fosfatos para México son los que se encuentran a 57 kilómetros al norte de la ciudad de la paz. Donde también estarían integrados los depósitos de Santo Domingo, Tembabiche, UF1, Hilario y posiblemente el de Buenavista. El más grande de ellos sería el de Santo Domingo y el de San Juan de la Costa.

El análisis metabólico pone en contexto y en la mesa de debate muchas de las prácticas actuales y muchas de las posibles soluciones planteadas. En el caso de la energía nuclear, esta se considera como energía “limpia”, sin emisiones. Sin embargo mediante el vínculo metabólico podemos señalar que en este caso se quemaría combustible fósil para extraer combustible nuclear. La opción no es del todo limpia, aunque en términos energéticos si sea redituable.

Inclusive, gracias al análisis relacional energético, en este caso es posible realizar inferencias en términos energético de la cantidad de energía invertida para extraer otra cantidad de combustible nuclear. Con estimaciones propias y datos de CFE de consumo de energía eléctrica de la mina de fosforo. Es decir, con parte del análisis de la metodología de Haberl en lo que respecta a energía útil para realizar trabajo, se puede llevar el análisis sobre este caso.

Así, es posible inferir que por tonelada de mineral (Fosforita) es necesaria una inversión energética (eléctrica) equivalente a 226.296 MJ aproximadamente. El total de la producción de fosfórica para el año 2011 fue de 1, 724, 662 toneladas de mineral. Según los datos descritos anteriormente esta materia contendría 100 gramos de U_3O_8, es decir un total de 172 toneladas de combustible nuclear que podrían convertirse en 38 toneladas de uranio enriquecido. Es decir que se invertirían 5.90 MJ de energía fósil por tonelada de uranio enriquecido. La cantidad de energía por kilogramo de uranio enriquecido es de 3,900 MJ[74], es

[74] Fuente: http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/Heat-values-of-various-fuels/

decir con una inversión de 5.90 MJ de energía fósil sería posible obtener 14, 947, 071 MJ de energía un poco más de 3,800 veces. Esta cantidad de energía asociada al combustible nuclear podría abastecer por 42 años la planta de Laguna Verde, única central nuclear de México. El problema final, por supuesto es que hacer con los residuos de ese combustible.

Además, no solo se encuentra el inconveniente del desecho final, sino del mismo proceso. Pues la roca fosfórica se hace reaccionar con ácido sulfúrico por vía húmeda. Los desechos del proceso irían y van hacia la Bahía de La Paz con eventuales afectaciones. En BCS durante el proceso se usa agua que eventualmente se regresa al mar. En este respecto en el año 2006 se realizó un trabajo que determino que las mayores concentraciones de uranio en los tejidos de algas, en la bahía se encontraba justo enfrente de la desembocadura de agua del proceso mineral, así como altos niveles de otros materiales dentro del área de influencia de la central de generación termoeléctrica de Punta Prieta, con altos niveles de calcio y estroncio (Rodríguez-Castañeda, Sánchez-Rodríguez, Shumilin, & Sapozhnikov, 2006). Lo que bajo un principio precautorio obligaría a realizar análisis más profundos.

La sal y el yeso también tienen profundas implicaciones. Se considera que cada uno de estos elementos requeriría un análisis metabólico material y energético por separado. Al igual que la roca fosfórica los flujos materiales de yeso desde BCS se entrelazan de manera compleja con el sistema metabólico socioeconómico, en el mismo sentido en este sistema analizado se genera el 80% de la producción de yeso en el país. El espacio de análisis se cierra hasta aquí.

5) CAPÍTULO V: APORTES CONCEPTUALES Y CONCLUSIONES.

A continuación se presentan los principales aportes conceptuales y conclusiones a las cuales se ha llegado con la realización de este trabajo. Esta sección se compone de cinco puntos. Los dos primeros se enfocan en las propuestas de implementación genérica, es decir, que tienen un marco establecido de acción, ya sea desde el marco jurídico y/o desde el marco institucional. El tercer punto, el más apasionante para el autor, se presenta como un aporte conceptual analógico que amplía la mirada del metabolismo social, sobre todo en el ámbito energético.

Finalmente se presentan dos puntos como propuestas, pero a la vez condiciones, para el logro de la prosperidad social en el futuro, del dialogo entre sociedad y naturaleza, y finalmente una puente para caminar hacia la sustentabilidad.

5.1) Turismo, uso de suelo y política pública.

En todos los esfuerzos realizados desde cualquier ámbito debe estar integrado el tema de movilidad. El mayor número de emisiones se encuentra concentrado en este sector, y los verdaderos resultados en cuanto a mitigación vendrán de las acciones que se emprendan ahí.

En este trabajo de análisis se observó que la dinámica turística y de bienes raíces, sobre todo reflejada mediante los flujos de cemento y los consumos de energía, que se ven manifiestos con las variaciones de estos entre estaciones. Así como el crecimiento de la ciudad de La Paz y los consumos promedio de energía por el sector turístico, principalmente en el municipio de Los Cabos, hace patente la necesidad de evaluar más a fondo este tema, desde esta visión metabólica y sobre todo evaluar diferentes opciones de desarrollo local que permita comparar las implicaciones de estas y otras opciones. Desde el análisis que aquí se realizó se aprecia que esta política de desarrollo está empujando, cada vez más hacia un

mayor riesgo de colapso del sistema, o cuando menos hacia un estado muy vulnerable.

Es urgente impulsar propuestas que tiendan a solicitar que en el marco de nuevos desarrollos inmobiliarios o turísticos se integre el tema de abastecimiento energético, sobre todo desde la visión de la implementación de las energías renovables. Esto debería ser evaluado desde el punto de vista legislativo, integrado en el marco jurídico estatal. Es decir procurar un crecimiento de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo.

De acuerdo al análisis, y a las dimensiones de lo que representa el sistema eléctrico de BCS, los grandes cambios en el sistema no vendrán, tal vez, desde el ámbito oficial (pues se presentó lo que el sistema de BCS representa a nivel nacional), sino desde otros esquemas donde la operación sea ganar – ganar desde diferentes ámbitos. Aquí sería necesario integrar estudios de externalidades para vincular este proceso también a la salud pública y a la participación ciudadana. Esto podría ser, entre otras cosas las implicaciones de las emisiones de contaminantes criterio que están ligados al transporte de mercancías hacia la zona sur de la península, y que eventualmente se transportan por la ciudad de La Paz. También aplica a los posibles beneficios directos para los ciudadanos de la implementación de proyectos.

Es necesario, en este mismo orden de ideas, realizar una evaluación y/o análisis metabólico del desarrollo turístico, alterno al tradicional; análisis que centre justamente las evaluaciones comparativas determinantes de flujos de materiales y energía.

La política del gobierno de México en seguridad energética parece estar orientada hacia la dependencia, cuando menos para el estado de BCS. Siendo una isla energética, dependiente prácticamente en su totalidad de combustibles fósiles importados hacia el sistema. Las propuestas presentadas por el gobierno federal siguen encaminadas hacia esta dependencia, y más aún la hacen más apremiante. Ya sea desde la propuesta del gas natural, la energía nuclear, y en

menor medida, la de la interconexión al SEN. Es necesario impulsar el cambio de paradigma federal en materia energética hacia BCS, a través de propuestas serias de análisis y evaluación mediante energías renovables. En este punto es fundamental desarrollar competencias locales, no enfocadas en un esquema tradicional en materia energética, pues parece, no dará resultado. Es necesario evaluar también propuestas de almacenamiento energético mediante energía potencial, no sólo mediante acumuladores eléctricos.

De concretarse los planes del gobierno federal por cualquiera de los tres proyectos presentados para hacer frente a la dinámica energética, la transformación geopolítica estratégica de la región regresaría a las condiciones del año 1850, pues tendría más disponibilidad de energía para llevar a cabo proyectos estratégicos, sobre todo en materia de explotación de recursos minerales. Debiese también integrarse un análisis geoestratégico bajo el esquema de seguridad nacional y seguridad humana. Recordando que los esfuerzos que detonaron el ánimo de poblar esta tierra nacieron del objetivo de frenar los anhelos expansionistas hacia esta zona.

La dinámica metabólica energética de BCS avanza cada vez más hacia un menor grado de resiliencia y adaptación. Cada vez es más dependiente de la disponibilidad y flujos de combustibles fósiles. Cada vez más también dependiente de los flujos de alimentos externos cuyas externalidades también se hacen cada vez más patentes. Por tanto, es urgente desarrollar y aplicar planes y proyectos de movilidad, pero no enfocados en la quema de combustibles fósiles.

Existen oportunidades para hacer más eficiente en términos metabólicos el sistema, aunque esta solución no vendrá desde una visión y/o acción unilateral de acción, o disciplinaria. De nueva cuenta se requiere una acción estratégica donde no solo se involucre el aspecto energético eléctrico sino estrategias globales que van desde la educación hasta la modificación de lógica en crecimiento del sistema de generación eléctrica; o por otro lado la revisión del esquema de crecimiento en todos los sentidos. Es decir, la implementación de energías renovables ayuda, pero no será suficiente.

El análisis metabólico replantea muchos conceptos filosóficos fundamentales que dan forma a la interacción entre los seres humanos (como individuos y como sociedad) y con la naturaleza[75].

Además, muchos preceptos de convivencia, justicia, democracia, soberanía e independencia (por mencionar algunos) se ponen en la mesa del análisis cuando se logra un enfoque de flujos energéticos. Como en el caso de: dónde se contribuyen las nuevas centrales eléctricas, qué tipo de combustible se usa, qué vehículos podrán circular, de donde vendrá el combustible que se usará, qué papel juega la soberanía alimentaria, entre muchos otros.

El análisis metabólico y la determinación de sus flujos contribuye, sobre todo en un marco de dialogo común, desde la comunicación, con el ánimo de la búsqueda de consensos, pues pone en el centro de análisis las implicaciones entre sistemas que no hablan un lenguaje común. Esta interlocución habla desde un lenguaje del sistema internacional de medidas, los Jouls; donde hay menos probabilidad de ambigüedades. Así el metabolismo social, y sobre todo, el enfoque energético permite identificar las áreas de oportunidad y la relación que existe entre el sistema social, económico y ambiental.

Es urgente la implementación de políticas y acciones desde la sociedad civil organizada que promuevan e impulsen la producción local de alimentos. La promoción y educación en temas energéticos y alimenticios. Así como también la valoración y análisis más profundo sobre el tema del turismo desde la mirada de los flujos energéticos y materiales.

Se requiere y dar seguimiento analizar a fondo el tema de los desechos y residuos generados e importados a BCS. No se da un seguimiento especializado y

[75] Desde la visión sistémica y desde la misma concepción del ser humano como organismo (también), un ser vivo, asimétrico que busca alcanzar una simetría, cuando menos teóricamente. Pasando por la misma concepción del origen del universo (concepción sistémica) y las implicaciones de la primera ley de la termodinámica: “la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”, entonces el universo sería un sistema abierto, donde algo tuvo que haber iniciado la operación del universo. O incluso preguntas como: si la energía no se crea ni se destruye entonces ¿de dónde vino la energía?

controlado de estos materiales, solo a partir de 1994 por ley se hizo necesario el reporte mediante Cedulas de Operación Anual con SEMARNAT, hasta entonces, y sin encontrar evidencia de ello se realizaba una disposición de residuos peligrosos. Según SEMARNAT existen actualmente en el estado más de 1,000 entidades generadoras de residuos peligrosos.

Es fundamental analizar el impacto de las emisiones en la salud humana y en el ecosistema. Actualmente no existen trabajos en BCS sobre este tema. Las emisiones son considerables, sobre todo las del transporte por sus cantidades; pero también las emisiones provenientes de las centrales eléctricas, por el tipo de combustible que utilizan. El metabolismo social ayuda en primera instancia a identificar estos flujos, que eventualmente pueden tener efectos negativos.

Es indispensable también diversificar la matriz económica hacia otras ramas que no estén determinadas por el turismo. Esto con el ánimo de ganar cuando menos un poco de mayor adaptabilidad. En los análisis de los vínculos del PIB con la energía y el cemento, se dio cuenta de que prácticamente estos se encuentran acoplados.

5.2) Energía renovable y política energética.

En tema de energía, particularmente en el análisis metabólico energético y fundamentalmente en éste caso, para BCS el sector de la energía nuclear toma particular relevancia. En primera instancia porque es considerada por consenso, como una energía limpia, en algunos documentos consideraba como renovable por la escala de tiempo de su utilización, e inclusive se ve como la alternativa de solución para el tema de las emisiones (Brook et al., 2014), y por el otro lado en cuanto la energía nuclear parece seguir predominando el paradigma newtoneano. Y es que no existe, o cuando menos no se percibe, una conciencia plena de los efectos sistémicos del uso, incluyendo aquellos de largo plazo asociados a los desechos nucleares, pero especialmente de los accidentes que se han

presentado. Dos ejemplos muy claros de ello son los siniestros de Chernóbil, Ucrania (1986), reconocida por muchos como la mayor catástrofe nuclear de la historia; y más recientemente el de Fukushima, Japón (2011) (Delgado & Campos, 2013).

Para dar cuenta de los posibles efectos que, eventualmente pudiese tener un fenómeno como este es importante señalar que la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS) cuenta con dieciséis estaciones que conforman una red de monitoreo para analizar partículas suspendidas en el aire[76] (entendiéndose partículas radiactivas). Es de suma importancia para éste caso de análisis señalar que en la ciudad de La Paz, BCS se encuentra una de estas estaciones de monitoreo, y para éste caso se detectó la presencia de yodo radioactivo (I-131) y cesio radiactivo (Cs – 137 y 134). De acuerdo a las muestras presentadas por este organismo gubernamental (2016), La Paz fue el lugar con la presencia más alta de éstos compuestos en México (ver *Tabla 27*), esta información fue corroborada con la estación del Sistema de Monitoreo Internacional de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (CTBTO, por sus siglas en inglés) localizada en Sacramento, California. Se señala que en ambos casos, no sobrepasan los límites de concentración permisibles en el aire ni de la dosis anual incorporada en la normativa mexicana vigente.

Este ejemplo demuestra que eventos ligados a la generación de energía, especialmente la nuclear, puede tener impactos globales, aún no bien estudiados, sobre todo en sus efectos a largo plazo. Además, el caso de Fukushima no es el único que ha causado efectos que se han sentido en México, sino que durante 1986 se detectaron también valores altos de cesio 137, identificado como una contribución del siniestro de Chernóbil (Salazar, Alvarez, & Dorantes, 1994). Por lo tanto de manera general y particular para BCS el principio precautorio debe hacerse valer y transitar hacia opciones menos riesgosas.

[76] http://www.cnsns.gob.mx/seguridad_radiologica/vigilancia_radiologica.php

Tabla 27 Concentraciones de actividad en muestras de aire detectados en el país.

Ubicación	Periodo (2011)	Radionúclido	Concentración de actividad [Bq/m³]
La Paz, BCS	22-25 Mar	I-131	2.35E-03 ± 1.54E-08
		Cs-137	2.80E-04 ± 1.03E-07
		Cs-134	2.49E-04 ± 1.69E-08
	25-28 Mar	I-131	2.80E-04 ± 6.98E09
		Cs-137	2.49E-03 ± 1.04E-07
		Cs-134	2.30E-03 ± 2.23E-08
Ensenada, BC	22 - 28 Mar	I-131	1.83E-03 ± 6.45E-09
		Cs-137	1.73E-03 ± 6.20E-08
		Cs-134	1.63E-03 ± 1.26E-08
	01 - 04 Abril	Cs-134	1.76E-04 ± 7.27E-09
		Cs-137	1.58E-04 ± 4.51E-08
Juchitán, Oaxaca	29 Mar - 02 Abril	Cs-134	9.75E-05 ± 8.29E-09
		Cs-137	7.99E-05 ± 1.28E-08
Manzanillo, Colima	27 - 31 Mar	Cs-134	5.66E-04 ± 1.36E-08
		Cs-137	6.12E-04 ± 2.05E-08

Fuente: (Secretaría de Energía, 2016)

Ninguna estrategia será exitosa en el futuro si no existe una integración también de la política de uso de suelo. A la par, es necesario trabajar en el fortalecimiento de las instituciones así como sus instrumentos de planeación y herramientas legales. Así entonces, es fundamental integrar el análisis metabólico a las valoraciones y evaluaciones de las decisiones que se plasmen en estos instrumentos. En cierto sentido los inventarios de emisiones de GEI hacen parte de este proceso y esta propuesta de evaluación metabólica. Sería fundamental ampliar estas evaluaciones y trazar elementos prácticos de seguimiento y acción. Ello se puede cristalizar, sobre todo desde los Planes de Desarrollo Urbano Municipal, integrando los análisis de flujos de materia y energía. Y sobre todo, mediante la formación de un comité ciudadano que le dé seguimiento.

De continuar la dinámica de crecimiento actual de los dos centros urbanos del Estado, y de continuar también bajo la misma lógica, la eficiencia energética en general (en términos metabólicos), se hará más difusa y disipativa. De nueva

cuenta, es necesario evaluar de manera transparente los procesos y proyectos de urbanización por separado en estos términos.

.

5.3) El cáncer como proceso metabólico complejo.

Tanto Toledo y Gonzales de Molina (2014), como Baccini y Brunner (2012) proponen un método para determinar el estado de un sistema a través de la variación de entropía en el tiempo. Estos últimos lo presentan como un método cuantitativo para determinar la capacidad energética de procesamiento para diluir sustancias (Baccini & Brunner, 2012, p. 149) integrando el trabajo también conceptualmente de Boltzman y la descripción estadística de la entropía, así como el concepto entrópico de Shannon, desde la función matemática desarrollada en la teoría de la información.

Al evaluar también en términos de energía anual como son GJ/ cap.*año con Haberl, se habla en los mismos términos que parecen unificarse las aportaciones de los trabajos de Luhmann (1986, 1995) y Morin (1977). Así se parte de una naturaleza dual de la sociedad, conformada por individuos de naturaleza biológica (como entidades con interacción física), pero también considerados como entidades organizadas en un esquema social donde la comunicación y la información toman papeles determinantes y trascendentales. Esta visión integra desde el análisis fundamental del lenguaje, hasta las relaciones complejas metabólicas.

La analogía metabólica celular permite el análisis de los flujos materiales, energía e información aplicando estos conceptos a los sistemas socio-económicos. Toledo y Gonzáles de Molina van más allá y plantean que:

“Como si fuera un cuerpo humano, el planeta expresa todos los desarreglos que ocurren dentro de él mediante un solo pero definitivo síntoma: el incremento de la temperatura. El termómetro, es de nueva cuenta, el instrumento que devela un estado

patológico o, para ser más precisos, un conjunto de anomalías" (Toledo & Gonzales de Molina, 2011. p.340)

Así, los autores señalan que: "la Tierra tiene fiebre". Mediante éste análisis, justamente entrópico.

Sin embargo, integrando de manera aún más amplia este concepto y analogía es posible inferir que la tierra no tiene fiebre, sino que la fiebre es un síntoma de algo más complejo, la tierra en realidad lo que tiene, es cáncer.

No existe un consenso claro alrededor de la palabra cáncer. Existe un consenso en general de que se asocia a inflamación, aludiendo a la palabra de origen griego, onco. Sin embargo la definición más clara se acerca a que el cáncer es: un comportamiento. Y más allá un comportamiento complejo. Como tal, no existen, aún herramientas complejas que ayuden a combatirlo.

Al igual que al cambio climático se le ha combatido con elementos mecanicistas. La primera solución es extirpar, de manera mecánica, el elemento problemático identificado. Sin embargo cuando este comportamiento, sistémico complejo, ha desbordado un confinamiento espacial, este puede diseminarse por todo el organismo hasta comprometer su desarrollo, y eventualmente, su vida.

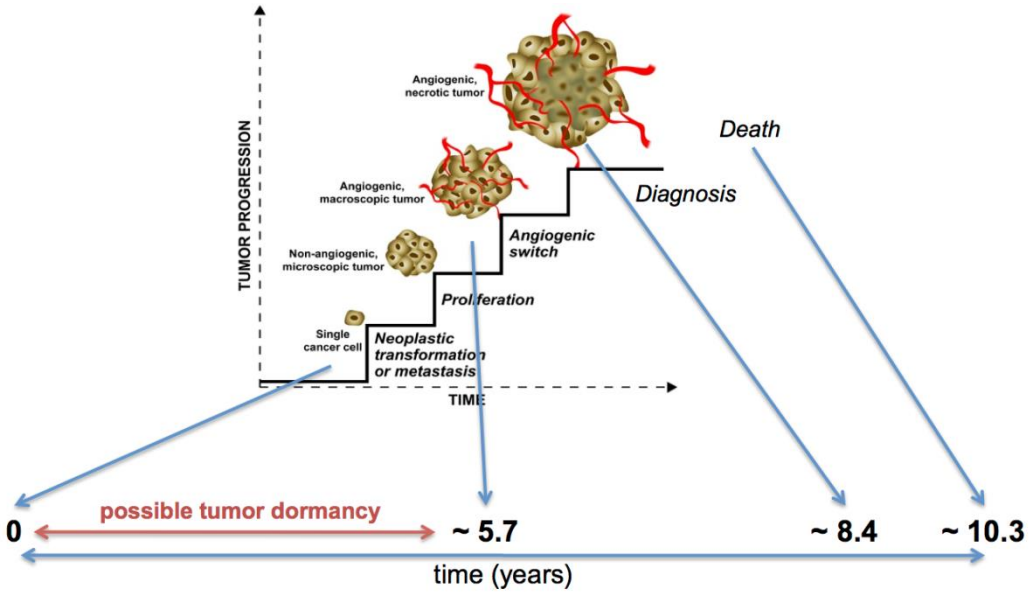
Por otro lado se ha buscado, identificar los genes que provocan este comportamiento, con la esperanza de quitarlos, mecánicamente, y reprogramarlos o colocar otros, de nuevo. El cáncer se perfila como la enfermedad de este siglo y para el año 2015 ya era la causa número uno de muertes en el mundo.

Existe otra definición utilizada por José Nieto – Villar (2015) que hace mucho sentido con el estudio metabólico socioeconómico y los comportamientos que parecen seguir. Así, se dice que: "El cáncer es un nombre genérico dado a una red compleja de interacción de células malignas que han perdido su especialización y el control del crecimiento normal. Esta red de células malignas puede ser considerada como un sistema no lineal que se autoorganiza, espacial y temporalmente, lejos del equilibrio termodinámico y que exhibe una alta complejidad, robustez y adaptabilidad" (Nieto-Villar, 2015).

La definición se funde con conceptos y definiciones también del análisis de sistemas socioeconómicos o sistemas urbanos. Al igual que el cáncer que en células tumorales se trata de frenar y/o cuando se habla del consumo de energía o generación de entropía por unidad de tiempo; en los dos casos no se ha tenido éxito.

Además, el cáncer puede transitar por tres etapas fundamentales: a vascular, vascular y metástasis. En la primera fase, como su nombre lo indica no se desarrollan vasos sanguíneos alrededor de ese conglomerado complejo; en la segunda etapa, emergen vasos sanguíneos que funcionan como sistemas de abastecimiento de energía y materia; y finalmente la tercer etapa, cuando existe una diseminación por el organismo de estas células con el comportamiento característico de crecimiento sin control (ver Ilustración 16).

Ilustración 16. Estados o estados de células tumorales.



Fuente: disponible en su versión electrónica en: http://profs.scienze.univr.it/~chignola/

Estos tres estados se identifican como cambios de fase. Estos cambios de fase se caracterizan por cambios en el consumo de energía, consumo de oxígeno y/o nutrientes. También cuando se dan estos cambios de fase “se crea

información” (Nieto-Villar, 2015), y al igual que la energía la información no se puede destruir, sin que se aloja en el sistema.

Estos procesos ahora están siendo estudiados desde la biología de sistemas, desde el concepto de atractores como marco conceptual en la teoría de sistemas dinámicos basado en redes de regulación génica (Miramontes, Peralta, Garcés, & Cocho, 2015). Estos cambios de fase y estos comportamientos parecen presentarse par a par de manera macroscópica también en los sistemas como el que se estudió en este trabajo.

Además: “en estas enfermedades los factores ambientales parecen ser más importantes que los génicos. Entendiéndose como factores ambientales aquellos que van desde la exposición a ciertos agentes físicos, químicos y biológicos, hasta los hábitos socioculturales propios de cada sociedad. Las enfermedades complejas no son abordadas desde el enfoque de una sola disciplina científica, sino que la comprensión de su causalidad, prevención, desarrollo y tratamientos requiere de enfoques interdisciplinarios” (Ung, Liu, & Cheng, 2016).

Esto va más allá, pues desde la medicina y el estudio del cáncer como enfermedad compleja se plantea que “el vínculo entre algunos factores ambientales, como el hábito de fumar, y la aparición de ciertos cánceres está bien establecida por estudios epidemiológicos y moleculares. Sin embargo, en un estudio reciente, se ha cuestionado si el verdadero origen reside en la conducta de los individuos o más bien en las conexiones sociales de su entorno (Christakis & Fowler, 2010).

Los mismos cambios de fase se presentan entre las formas de organización social, donde se transita a estos estados en donde “se crea” información que modifica el sistema complejo y lo envía hacia otro estado o atractor de complejidad mayor, de organización y de generación de entropía; como los parámetros analizados por Haberl, Toledo y Gonzales de Molina o Baccini y Brunner.

Como en los entramados tumorales, también en los centros urbanos es posible visualizar estas manifestaciones físicas de los canales de abastecimiento

energético. Ejemplo de ello lo podemos ver en la ciudad de la paz, donde líneas de abastecimiento energético (en este caso, un gasoducto) que sin duda impulsará el entramado complejo hacia otro estado. Sobre todo en el poblado hacia donde se está proyectando, Todos Santos (Figura 13).

Figura 20. Trazo posible del gasoducto para BCS.

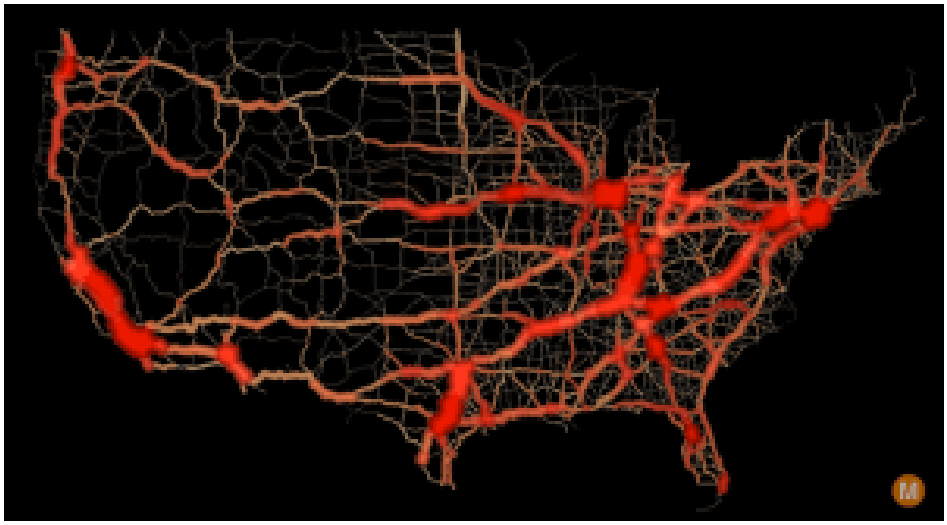
Fuente: POISE 2012-2026, CFE.

La analogía se entrelaza cada vez más, pues al igual que en el caso del fósforo que abastece el campo mexicano, y también el sistema metabólico de BCS; en las células biológicas y en las tumorales el fósforo juega un papel importante, pues está relacionado con el proceso de mitosis y apoptosis de la celular. El comportamiento fractal parece emerger cada vez más cercano. Por ahora este análisis, desde el esquema metabólico, se deja hasta este punto, con el anhelo de ampliarlo más a detalle y con ejercicios prácticos desde la complejidad del proceso carcinogénico metabólico.

En las fronteras de estas relaciones y también en las fronteras disciplinarias se pueden encontrar las respuestas. Tal vez el cambio climático y la cura del cáncer se encuentren en el mismo lugar. Al final, podemos partir de que: “el medio mejor es hacer de la enfermedad una medicina” (Jung & Wilhelm, 1929, p. 112).

Se presenta un trabajo gráfico presentado por la plataforma Metrocosm en el cual es posible visualizar las carreteras de Estados unidos como vasos sanguíneos que cambian en grosor de acuerdo a su afluencia. Y también podría ser, a la energía que soporta. La idea del proceso carcinogénico del metabolismo social toma más claridad con la Ilustración 17

Ilustración 17. Sistema de tráfico de Estados Unidos representado a través de vasos sanguíneos que tienen proporción en tamaño con el flujo vehicular.



Fuente: Metrocosm, disponible en su versión electrónica en: http://metrocosm.com/map-us-traffic/

Finalmente, y partiendo del punto anterior, en donde se menciona que el estudio de la influencia del ambiente en una enfermedad compleja como el cáncer. Donde empieza a tomar relevancia, así como además las conexiones sociales. Y de acuerdo a lo argumentado desde el marco conceptual sobre el ambiente y el

organismo. Se advierte en este sentido un potencial no desarrollado hasta el momento con la implementación del análisis del metabolismo social vinculado con temas de salud pública y/o epidemiología. Ello en tanto que tiene la potencialidad de contribuir a dar cuenta de las correlaciones o causalidades eventuales, entre variaciones espacio temporales y espaciales de flujos metabólicos y eventos relacionados con la salud. En este tema queda otra tarea pendiente.

5.4) Filosofía y arte.

No será suficiente con analizar los flujos de materiales y energía a través de la sociedad dejando a un lado la fuerza que los detona. La educación no debe tener la apuesta solamente por la ciencia, sino también por la filosofía y el arte. Más aún en una sociedad como la nuestra, la sociedad de la incertidumbre. Sin herramientas sociales que promuevan la inteligencia emocional, la colaboración, la creatividad, ninguno de estos esfuerzos tendrá sentido y/o no será posible.

El concepto de arte, incluso, se puede asociar a la visión organicista. Para acercarse a la delimitación conceptual de este término Humberto Eco hablaba de un organismo artístico refiriéndose a "… un fenómeno particular de comunicación, en el cual una determinada experiencia histórica-social colectiva adquiere, a través de la mediación determinante y personalizante de un conformador, un determinado relieve, alcanza una condición de armonía que la hace insustituible e intraducible, pero, a en vez de aislarla, la ofrece como abierta y manifiesta contracción orgánica de una experiencia" (Eco, 1970, p. 46). Es decir, el arte ofrecería un vehículo estético para abordar lo inefable e infinito; algo subyacente a la condición humana, pero no comunicable y/o concebible.

Existe evidencia de que las artes fortalecen a la sociedad civil, incrementando el compromiso y la vinculación de los individuos con las actividades en las comunidades, haciéndolas más tolerantes con las minorías y participativas (Leroux & Bernadska, 2014). Las redes de participación e interacción

social debiesen de crecer no en términos de poder, sino en términos de servicio, eliminar barreras sociales, incrementar la tolerancia. La respuesta no vendrá sólo del cambio de políticas, sino que también debe existir un andamiaje que fortalezca los procesos de participación y de comunicación, entre los seres humanos y de estos con la naturaleza.

Cuando se le otorgó el premio Nobel en 1977 por su trabajo que se reflejaría en el concepto de estructuras disipativas, aplicando la segunda ley de la termodinámica a los sistemas complejos, se reconoció de manera institucional, aunque no oficialmente, una nueva era. A esta era se le conoció como: “el fin de las certidumbres”.

Algo que conceptualmente se podría reconocer desde su trabajo, pero no se podía dimensionar las implicaciones de esto para la ciencia, la historia, la filosofía y las interacciones sociales. Prigogine titularía así su obra de 1996, donde centra su análisis en el concepto de: el tiempo, la reversibilidad y nuestro diálogo con la naturaleza (Prigogine, 1996).

La filosofía y el arte fundamentalmente tienen como elemento inexorable el que ayudan a aprender a vivir en la incertidumbre, no desde una resignación sino justo como un artista que se desarrolla “… por la evolución y consolidados por esa dialéctica entre el azar y la necesidad que los aleja de la evolución entrópica única, permitiendo que sistemas muy complejos no caigan, como pudiera parecer en el caos” (Mataix, 1983.p.3). Ahora debiesen navegar, no solo la ciencia, sino también la sociedad entre paradojas y oposiciones entre Carnot (entropía) y Darwin (evolución); entre el tiempo y la eternidad pues por un lado se deja como opción la muerte entrópica, no sólo de nuestro ser, sino del universo mismo y por otro lado la evolución constante.

Así es necesario un trabajo profundo, en el código fuente humano, en el alma y las ideas, trabajar en el cuadrado y en el círculo esbozado por Da Vinci en el Hombre de Vitrubio. Según Maturana “al declararnos seres racionales vivimos una cultura que desvaloriza las emociones, y no vemos el entrelazamiento cotidiano entre

razón y emoción que nuestro vivir humano, y nos damos cuenta que todo sistema racional tiene un fundamento emocional" (Maturana, 1987, p. 5). El arte pues ayudaría en este proceso, en hacer frente a un mundo donde "se usan los sentimientos como fuente de información para tomar decisiones" (J. González, 2016). En tal sentido, la ética se perfila también como elemento nodal.

Finalmente, la filosofía vista como una disciplina reflexiva que nos conduce a observarnos a nosotros mismos, como peregrinos de la verdad (UNESCO, 2011); será irremplazable como marco y ejercicio que promueve la resonancia en el tiempo trascendente, del fomento de las más elevadas ideas de la humanidad y de la relación sociedad-naturaleza. Al fin, el dialogo de la sociedad con la naturaleza se manifiesta cabalmente en éste ejercicio de tratar de pensarla, sin olvidar el extraordinario reto de la concepción del infinito, desde un sistema, superorganismo y ser, inapelablemente, finito. Tal vez, la mejor definición de la Filosofía.

5.5) Sustentabilidad positiva; desde la psicología hasta las acciones.

El cambio de paradigma hacia un pensamiento y práctica desde la complejidad, no sólo plantea nuevos retos en el momento de estudiar-pensar la realidad, como por ejemplo, en el momento de hacer un ejercicio como este de poner en orden los datos y las ideas.

Evocando a Humberto Eco, se puede decir que: "Hacer una tesis significa aprender a poner orden las propias ideas y a ordenar los datos: es una especie de trabajo metódico; supone construir un "objeto" que, en principio, sirva también a los demás. Y para ello no es tan importante el tema de tesis como la experiencia de trabajo que comporta" (Valadez, 2007. p.3).

Tanto para este ejercicio como para la construcción de la sustentabilidad, no sólo basta, en esencia, con poner en orden los datos (lo que ya insinúa un ejercicio lineal), ni tampoco (desde la visión positivista), interceptar y apropiarse

del marco conceptual de la materia, campo y objeto de estudio. Por el contrario, subyacente en el paradigma complejo, la marcha de la ciencia, el ejercicio del pensamiento, y el arte de la ejecución, que experimenta una metamorfosis infranqueable, donde es y será (redundando), complejo dar seguimiento puntual de la manera tradicional lineal y positivista en que se venía dando como método del pensamiento, y de la construcción-explicación ontológica y epistemológica de la physis.

Así el proceso lineal de la concatenación conceptual-experimental en el paradigma científico anterior; la manera de pensar y hacer ciencia, e inclusive la manera de pensar y reconstruir el pasado; la manera de imaginar el futuro inexorablemente transitará hacia un nuevo esquema. Donde eventualmente, lo más enriquecedor es la experiencia del ejercicio realizado.

De igual manera que no se puede lograr la maestría musical solamente leyendo partituras musicales, sino que es necesario tocar el instrumento; de la misma manera la sustentabilidad solo puede lograrse experimentándola y construyéndola. Está, más en el camino del arte que de la ciencia. No se trata de observar el juego, sino de entrar a la partida. El análisis metabólico, debe estar al final, enfocado en acciones.

Una condición fundamental para la activación de la sustentabilidad positiva y también del metabolismo social, visto desde un lente no determinista, es que existe una capacidad de actuar. Esto es, como actores individuales, colectivos, entre y mediante organizaciones instituciones o redes, como lo plantea Castells; debido a que el poder no es un atributo sino una relación (Castells, 2012), donde se procure esa relación ahí emergerá.

Finalmente, el esquema del análisis energético metabólico permite unificar y comunicar el sistema social y el ecológico. En esa dinámica BCS se puede concebir como una micrografía del mundo, permitiéndonos generar una conexión entre el ámbito local y su impacto en el ámbito global y viceversa. Justo como se vio con los recursos estratégicos, o las implicaciones de las emisiones de GEI.

Se considera que se ha alcanzado el objetivo general y los seis objetivos específicos. En lo que respecta a los parámetros de desarrollo humano, estos se tratan de manera general, relacionado los flujos con los parámetros de evaluación de desarrollo humano no de manera estrictamente cuantitativa con índices institucionales; pues complejizaría aún más el trabajo, se considera ese análisis particular para un siguiente trabajo.

Con base en los resultados se ha confirmado la hipótesis de que existe oportunidad de reducir las emisiones vertidas al ambiente y hacer frente a la dinámica social, caminando hacia la búsqueda de la sustentabilidad. Desde la misma teoría no cibernética del metabolismo social se da cuenta de ello.

Mediante la metodología de análisis se identificaron áreas de oportunidad y las relaciones que existen entre los sistemas, sobre todo desde el punto de vista energético. Aunque como siempre sucede, esto es un proceso en permanente construcción. Estas condiciones no serán suficientes en el tiempo, sobre todo desde el ámbito de la implementación solamente de las energías renovables. Al final el elemento humano y social, la educación emocional, la imaginación, la creatividad y la capacidad de dialogar serán determinantes.

1) BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Sanjuan, B., Páez Agraz, C., & Guzmán-Vargas, L. (2013). Un estudio del discurso político a través de redes (pp. 1–15). Retrieved from http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16861/Broncio_CCSIPN2013.pdf?sequence=1

Aguirre, A. (1928). *Mis memorias de camapaña. Apuntes para la história. Capítulo XLIII*.

Alonso Brá, I. (2012). En torno a una reconstrucción histórica de la complejidad: organicismo, régimen de poder y nuevas ciencias tecnológicas., *33*.

Aristóteles. (1994). *Metafísica*. *Biblioteca Clásica Gredos* (Vol. 200).

Ayres, R. (1994). *Industrial metabolism: restructuring for sustainable development*. United Nations University.

Baccini, P., & Brunner, P. H. (2012). *Metabolism of the Anthroposphere* (Second Edi). London, England: The MIT Press.

Bermúdez, A. (2012). *Energías renovables para la generación de electricidad en Baja California Sur*.

Bertalanffy, L. (1950). The theory of open systems in physics and biology. *Science (New York, N.Y.)*, *111*(2872), 23–29.

Betancourt, F. (20015). *Historia y cognición una propuesta de epistemología desde la teoría de sistemas*. Cludad de México: Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM.

Bifani, P. (2007). *Medio ambiente y desarrollo*. (Editorial Universitaria, Ed.) (Segunda ed). Guadalajara, Jalisco.

Boyden, S. (1992). *Biohistory: The interplay between human societys and the biosphere, past and present*.

Bringezu, S., Fischer-Kowalski, M., Kleijn, R., & Palm, V. (1997). Regional and National Material Flow Accounting: From Paradigm to Practice of Sustainability. *Proceedings of the ConAccount Workshop 21 -23 January, 1997*, 1–57. http://doi.org/3-92 99 44-05-7

Brunner, P. H., Rechberger, H., & Munn, T. (2002). Anthropogenic Metabolism and Environmental Legacies Anthropogenic Metabolism and Environmental, *3*, 54–72.

Canudas, E. (2005). *Las venas de plata en la historia de México: síntesis de historia economica, Siglo XIX, Volumen 1.*

Cariño Olvera, M., & Monteforte, M. (2008). *Del saqueo a la conservación: Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003*. Retrieved from

http://www.ecologiaradical.com.mx/VB/Biblioteca/DEL SAQUEO A LA CONSERVACION BCS.pdf

Carles Saura, C. (2003). *Arquitectura y medio ambiente*. (E. UPC, Ed.) (Primera). Barcelona.

Carlo, G., Ramos, D., Campos, C., & Rentería, P. (2012). Cambio Climático y el Metabolismo Urbano de las Megaurbes Latinoamericanas Climate Change and Urban Metabolism of Latin American Megacities, *2*, 2–25.

Carpintero, O. (2007). La apropiación humana de producción primaria neta (AHPPN) como aproximación al metabolismo económico. *Ecosistemas*, *16*(3), 25–36. Retrieved from http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=504

Castells, M. (2012). *Comunicación y poder*. Ciudad de México.

CFE. (2008). *Programa de obras e inversiones del sector eléctrico 2007-2016*.

Chiavenato, I. (2007). *Introducción a la teoría general de la administración* (Séptima Ed). México: Mc Graw HIll.

Christakis, N. A., & Fowler, J. H. (2010). The Collective Dynamics of Smoking in a Large Social Network, 2249–2258.

Climate Change 2014 Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers. (2014). *Ipcc*.

CONACULTA. (2011). *Descubren anzuelos de primeros pescadores de BCS*. Retrieved from http://www.inah.gob.mx/boletin/14-hallazgos/4898-descubren-anzuelos-de-primeros-pescadores-de-bcs

Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., … Skuce, A. (2013). Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the literature: Rejoinder. *Environmental Research Letters*, *8*(2). http://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.06.003

Corsí, M. (2004). *Aproximaciones de las neurociencias a la conducta*. CIudad de México: UNAM.

Cumming, G., Barnes, G., Southworth, J., Norberg, J., Wilson, J., Walker, B., … Olsson, P. (2008). *Complexity theory for a sustainable future*. (J. Norberg & G. S. Cumming, Eds.). New York Chichester: Columbia University Press.

Delgado, G. C. (2010). Energías Alternativas.

Delgado, G. C. (2015). Complejidad e interdisciplina en las nuevas perspectivas socioeconómicas. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales.*, 108–130.

Delgado, G. C., & Campos, L. (2013). Implicaciones de la apuesta nucleoeléctrica: de Chernobyl a Fukushima y al México del 2026. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales Y Jurídicas*, *Número esp*. Retrieved from https://pendientedemigracion.ucm.es/info/nomadas/americalatina2013/delgadoramos_camposchavez.pdf

Díaz, J. (2014). *Teorías sistémicas de la literatura*. Universidad de Granada.

Douglas, H. (2001). *El nuevo norteamericano: integración continental, cultura e identidad nacional.*

Eco, H. (1970). *La definicion del arte*. http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Economía, S. de. (2013). *Estudio de la cadena productiva del yeso*. Retrieved from http://es.scribd.com/doc/80287345/Estudio-de-la-Cadena-Productiva-del-Cacao-en-el-Ariari-Meta

EPA. (2010). Ozone layer depletion _ SunWise _ US EPA.

Fischer-Kowalski, M., & Hüttler, W. (1998). Society's Metabolism. *Industrial Ecology*, *2*(4), 107–199 (107–136).

Fischer-Kowalski, M., & Haberl, H. (1997). *Tons, Joules, and Money: Modes of Production and Their Sustainability Problems*.

Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H., Winiwater, V., & Zangerl-Weisz, H. (1997). *Socioeconomic metabolism and colonization of nature*.

Freire-González, J., & Puig-Ventosa, I. (2015). Energy efficiency policies and the Jevons paradox. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *5*(1), 69–79. Retrieved from http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84920986824&partnerID=tZOtx3y1

Fukuyama, F. (1992). *El fin de la historia*. Barcelona.

García, R. (2011). Interdisiplinariedad y Sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodologia de Las Ciencias Sociales*.

García, R., & Piaget, J. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. (S. XXI, Ed.).

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the Economic Process*. Cambrige, Mass: Harvard University Press.

Gerardo, E., & Álvarez, A. (2003). La Teoría de Niklas Luhmann. *Anthropos*, *No 32*, 277–312.

Gershenson, C. (2013). ¿Cómo hablar de complejidad?, 15–20.

Gershenson, C. (2016). Comments to "Investigations" by Stuart Kauffman. Retrieved from http://turing.iimas.unam.mx/~cgg/

Giddens, A. (2010). *Política del Cambio Climático*. España: Alianza Editorial.

Gobierno de BCS. (2015). Gobierno del Estado de Baja California Sur.

Goldfrank, W. L. (2000). Paradigm Regained? The Rules Of Wallerstein's World-System Method. *Journal of World-Systems Researsh*, *XI*(2), 150–195.

González, E., & Barajas, D. (2002). *Historia gneral de Baja California Sur: los procesos políticos*.

González, J. (2016). *Arte y cognición*. Guanajuato, Guanajuato: Fontarama.

Haberl, H. (2001). The Eneregetic Metabolism of Societies Part I : Accounting Concepts. *Journal of Industrial Ecology*, *5*(1), 11–33. http://doi.org/10.1162/108819801753358481

Haberl, H. (2002). The Energetic Metabolism of Societies Part II: Empirical Examples, *5*(2), 71–88.

Hans-Holger, R. (2006). Energy resources and potentials. *Global Energy Assessment—Toward a Sustainable Future*, 425–512.

Hewitt, P. G. (1999). *Física conceptual*. México.

Hulscher, W. S., & Hommes, E. W. (1991). Energy for sustainable rural development. *Energy Policy*. Roma. http://doi.org/10.1016/0301-4215(92)90020-3

Huycke, H. (1970). *To Santa Rosalía: further and back.* Virginia.

Idom. (2014). *Plan integral de movilidad urbana sustentable de la ciudad de La Paz, Baja California Sur.*

INAFED. (2015). Baja California Sur.

Ivanova, A., & Gámez, A. E. (2012). *Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur (PEACC-BCS)*.

Jung, C. G., & Wilhelm, R. (1929). *El secreto de la Flor de Oro*.

Kaposi, A., & Myers, M. (2001). *Systems fo all*. Londres: World Scientific Publishing.

Keirstead, J., & Shah, N. (2013a). *Sistemas urbanos de energía*. New York, USA: Routledge Taylor & Francis Group.

Keirstead, J., & Shah, N. (2013b). *Urban Energy Systems An integrated approach*. (J. Keirstead & N. Shah, Eds.). New York, USA: Routledge Taylor & Francis Group.

Kichner, J. (1988). *Los Ferrocarriles en la peninsula de Baja California*. Los Ángeles, California.

Kuchinskaya, O. (2014). *The politics of invisibility Public knowladge about radiation health effects after Chernobyl*. London, England.

Kuo, B. (1996). *Sistemas de control automático* (Séptima Ed). Prentice Hall.

Leroux, K., & Bernadska, A. (2014). Impact of the arts on individual contributions to US civil society. *Journal of Civil Society*, *10*(12), 144–164. http://doi.org/10.1080/17448689.2014.912479

Luhmann, N. (1989). *Ecological comunication*. Chicago: Chicago Press.

Luhmann, N. (2006). *Sociología del riesgo (Javier Torres Nafarrete, Cord. de la trad.)* (Tercera). México: Universidad Iberoamericana.

Mansilla, D., Sistemas, C., & Comparados, E. (2004). Georgescu-Rogen: La Entropía y la Economía., (1971).

Marqués, R. (1997). Termoeconomía Solar. *Ecología Política. Cuadernos de Debate Internacional*, 71–85.

Martin, J. R. (2005). Complex Systems and Exosomatic Energy Metabolism of Human Societies.

History, (November), 1998–2000.

Martinez-Alier, J. (2003). Marxism, social metabolism, and ecologically unequal exchange (draft 30/08/03). *World Systems Theory and the Environment*, 19–22.

Martínez, P. (2005). *Historia de Baja California. Edición critica y anotada.* (U. A. de B. C. Instituto de Investigaciones Históricas, Ed.) (Cuarta Edi).

Mascareño, A. (2012). *Niklas Luhman y el legado universalista de su teoría. Aportes para el análisis de la complejidad social contemporanea*. Ril Editores.

Masera, O., Díaz, R., & Berrueta, V. (2004). Programa para el uso sustentable de la leña en méxico: de la construcción de estufas a la apropiación de tecnología. *Congreso Mundial de Energía Renovable*. Retrieved from http://www.conanp.gob.mx/dcei/entorno/images/agos206/pdf24/intprogr6088c.pdf

Mataix, C. (1983). Ilya Prigogine: Tan sólo una Ilusión Carmen Mataix. *A Parte Rei. Revista de Filosofía*, 1–5.

Maturana, H. (1987). Emociones y lenguaje en educación y política. *Emociones Y Lenguaje En Educación Y Política*, 1–48.

Milton, M. E. (1999). *Historia de Santa Rosalía en Baja California*.

Miramontes, P., Peralta, R., Garcés, H., & Cocho, G. (2015). Carcinogénesis y complejidad. *Interdisciplina Medicina Y Complejidad*, 63–82.

Montaño, A., & Pérez, J. C. (2006). *Estrategias internacionales en el comercio de sal de uso industrial*. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Morin, E. (1997). Introducción al pensamiento complejo. *Valladolid*, 84. Retrieved from http://www.pensamientocomplejo.com.ar/docs/files/MorinEdgar_Introduccion-al-pensamiento-complejo_Parte1.pdf

Mosquera, J. (2007). Architecture and complexity. *Revista Ambiental*, *2*(1).

Nieto-Villar, J. M. (2015). Termodinamica y complejidad del cáncer.

Orozco, J. L. (1982). *El testimonio político norteamericano, 1890-1980*. México.

Outlet Minero. (2015). Tras arranque de El Boleo, BCS será el principal productor de cobalto en México.

Patton, K. T., & Thibodeau, G. A. (2016). *Anatomy & Physiology*.

Pimentel, D., & Pimentel, M. (2008). *Food, energy and society*.

Piñeda, D. (2014). El inicio de la colonización secular en Baja California.

Pomposo, A., Gershenson, C., Cocho, G., Becerril, E., Ilarraza, H., Lisfshitz, A., … Villegas, M. I. (2015). *Estado del arte de la medicina*. (E. Ruelas & R. Mansilla, Eds.). Ciudad de México: Intersistema.

Prigogine, Ilya, & Stengers, I. (1992). *Entre el tiempo y la eternidad*.

Prigogine, I. (1996). *El fin de las certidumbres*. (A. Bello, Ed.) (Odile Jaco). Santiago de Chile.

Ramírez, S. (1999). *Perspectivas de las teorías de sistemas*. Siglo Veintiuno.

Rechberger, H., & Brunner, P. (2005). *Practical handbook of Material Flow Analysis*. Lewis Publishers. http://doi.org/10.1016/B978-1-85617-809-9.10003-9

Revista México Social - Uso de leña en comunidades rurales. (2013).

Rodríguez-Castañeda, A. P., Sánchez-Rodríguez, I., Shumilin, E. N., & Sapozhnikov, D. (2006). Element concentrations in some species of seaweeds from La Paz Bay and La Paz Lagoon, south-western Baja California, Mexico. *Journal of Applied Phycology*, *18*(3–5), 399–408. http://doi.org/10.1007/s10811-006-9040-z

Rodríguez-Mena, M. (2000). La analogía en la ciencia, el arte, la educación y la vida cotidiana: un universo entre la lógica y la intuición. *Asociación de Educadores de Latinoamérica Y El Caribe.*, (6).

Romero, G., & Manuel, J. (1989). *El Boleo: Santa Rosalía, Baja California Sur, 1885-1954. Un pueblo que se negó a morir.* Retrieved from http://books.openedition.org/cemca/376

Rosenberg, N. (2001). a General Purpose Technology At Work : The Croliss steam engine in the late 19th century US.

Salazar, S., Alvarez, C., & Dorantes, D. (1994). Radioactivity in air around nuclear facilities in Mexico. *Environmental International*, (6), 747–756.

Schoijet, M. (2002, May). Revista Elementos, Ciencia y Cultura - Historia de la energía. *45*, 51.

Secretaría de Economía. (2011). *Panorama minero del estado de Baja California Sur*.

Secretaría de Energía. (2016). CNSNS. Retrieved from http://www.cnsns.gob.mx/seguridad_radiologica/vigilancia_radiologica.php

SEDATU. (2011). *Colonizar y Desamortizar*.

SEMARNAT. (2010). *Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables. Árido, tropical y templado*. Retrieved from www.conafor.gob.mx/conacyt-conafor

SENER. (2012). Plataforma de información energética.

Smil, V. (2004). World history and energy. *Encyclopaedia of Energy*, *6*, 549–561. Retrieved from http://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/docs/smil-article-2004world-history-energy.pdf

Smith, A. (2005). *The Theory of Moral Sentiments*. (S. M. Soares, Ed.) (Sexta edic). Sao Pablo, Brasil.

Suárez, H., Bajoit, G., & Zubillaga, V. (2013). La socidad de la incertidumbre. México.

Think Metric! (2015). Retrieved from http://thinkmetric.org.uk/length.html

Toledo, V., & Gonzales de Molina, M. (2011). *Metabolismos, naturaleza e historia* (Icaria edi).

Barcelona.

Toledo, V., & Gonzales de Molina, M. (2014). *The social metabolism. A socio-ecological theory of historical change*. Swizerland: Springer International Publishing.

Turner, W. C., & Doty, S. (2006). *Energy Management Handbook*.

UNESCO. (2011). *La filosofía una escuela de la libertad*.

Ung, M. H., Liu, C., & Cheng, C. (2016). Integrative analysis of cancer genes in a functional interactome. *Nature Publishing Group*, 1–12. http://doi.org/10.1038/srep29228

Urciaga, J. (2008). La agricultura en Baja California Sur: una perspectiva de largo plazo (1900-2005). In *Del saqueo a la convervación historia ambiental contemporanea de Baja California Sur, 1940-2003* (p. 778).

Urteaga, E. (2009). La teoría de sistemas de Niklas Luhmann, *XV*(2010), 301–317.

Valadez, E. (2007). El cáncer como enfermedad compleja: redes y niveles de organización, 248.

Valdés, L. A. (2005). *Planeación estratégica con enfoque sistémico*. Ciudad de México: Fondo Editorial FCA.

Valero, A. (2016). La risa de Fernando Betancourt. *Estudios de História Moderna Y Contemporanea En México*, 161–163.

Vargas, A. (1991). Tres partes del alma en la República. *Dianoia, Universidad Autónoma Metropolitana*, 37–47.

Wolman, A. (1965). *The Metabolism of Cities*.