

## 4.2. - El análisis del ciclo de los materiales.

A finales del siglo XIX el mundo de la ciencia comenzó a cuestionarse la manera de entender los fenómenos de la naturaleza. En 1869 Ernst Haeckel acuñó el nombre de la nueva rama de la biología científica, pretendiendo "resaltar el hecho de que la estructura y comportamiento de los organismos están significativamente afectadas por convivencia con otros organismos de la misma y otras especies y por sus hábitats"<sup>6</sup>. Más tarde, entre los años 60 y 70 del siglo XX en el mundo de la ciencia comenzó a surgir un interés por la investigación de las ciencias desde la perspectiva de la complejidad de los fenómenos de la naturaleza. La ciencia dejaría de ser el estudio de los "objetos aislados y en un espacio neutro, sometido a leyes objetivamente universales"<sup>7</sup>. A partir de este cambio de perspectiva surgiría la ecología y con ella, una serie de investigadores que hasta hoy en día permanecen siendo una voz de referencia fundamental, para aquellos como nosotros, que aunque no pertenecemos al mundo de las ciencias, entendemos igualmente desde la complejidad, los fenómenos de la vida del hombre y la naturaleza.

Howard Odum, científico estadounidense recientemente fallecido, estuvo interesado en los aspectos energéticos de los sistemas ecológicos y para el estudio de ello utilizó como herramienta ciertos métodos de análisis aplicados a los sistemas de la naturaleza y los grupos humanos. En su libro *Ambiente, Energía y Sociedad*, Odum (1980) explica que "entre las partes vivas entrelazadas de la naturaleza circulan los materiales químicos que siguen ciertos ciclos una y otra vez, siendo utilizados y reutilizados y por las que discurren energías potenciales que no se pueden reutilizar. La red que constituyen estas trayectorias forma un sistema organizado a base de sus distintas partes"<sup>8</sup>. Dichos sistemas organizados podrían ser desde una molécula hasta los ecosistemas planetarios. Por muy diminutos que sean los elementos éstos configuran sistemas, que a su vez configura otros sistemas mayores de moléculas, de células, de organismos unicelulares, de especies vegetales, de especies animales, de seres humanos, de ecosistemas terrestres y acuáticos, de ecosistemas planetarios, solares y galácticos.

---

<sup>6</sup> Theodorson, G. A. (1974), *Estudios de Geografía Humana*, Barcelona: Editorial Labor, S.A. Pág. 129.

<sup>7</sup> Morin, Edgar (1977), *El Método*, Madrid, España: Ediciones Cátedra. Pág. 121.

<sup>8</sup> Odum, Howard T. (1980), *Ambiente, Energía y Sociedad*, Barcelona, España: Editorial Blume. Pág. 13.

Por su parte, Edgar Morin, otro investigador de aquella época, principalmente conocido por sus disertaciones sobre la complejidad, explica que en la naturaleza hay "una sorprendente arquitectura de sistemas que se edifican los unos a los otros, los unos entre los otros, los unos contra los otros, implicándose e imbricándose unos a otros, con un gran juego de masas, plasmas, fluidos de microsistemas que circulan, flotan, envuelven las arquitecturas de sistemas"<sup>9</sup>.

En dicho libro, Odum comienza por hacer entender al lector que una de las principales lecciones en el análisis ecosistémico de lo que nos rodea es precisamente el punto de vista desde donde lo observamos, desde donde los seres humanos nos ubicamos para observar hacia arriba y hacia abajo y microscópicamente en el interior de los organismos, de los sistemas y los fenómenos. Sería absurdo intentar resumir todo el contenido de información que desarrolla, pero a grandes rasgos, podemos decir que los diagramas de Odum son el análisis de diferentes ecosistemas bajo los principios de potencia cuantificada a través de la energía en calorías o ergios y su flujo en unidades de tiempo (calorías por día). " En estos sistemas los flujos de salida son proporcionales a las concentraciones acumuladas. Los números indican las tasas y las cantidades acumuladas. Se representan las estructuras y las funciones. Se obtiene cierta idea del tiempo necesario para que se produzca una renovación completa dividiendo la cantidad acumulada por las tasas a las que se acumulan las materias. Los esquemas ilustran el principio de la conservación de la masa"<sup>10</sup>.

Para nosotros, efectivamente los grupos humanos pertenecen a un sistema totalmente interdependiente a la naturaleza en donde se llevan a cabo ciertos ciclos de materiales y energía. En el amplio contexto que esto significa podríamos considerar el ciclo de los materiales químicos y portadores de energía que comienzan en los sistemas de la naturaleza para generar los recursos que los grupos humanos necesitan para vivir, pero también todos los relativos a dichos grupos humanos y que llevan a cabo para mantener la producción de la naturaleza y gestionar de la manera más eficiente su funcionamiento. Podríamos iniciar el análisis desde la fotosíntesis, pasar por los ciclos de la biosfera hasta llegar a los de los seres humanos.

---

<sup>9</sup> Morin, Edgar (1977), *El Método*, Madrid, España: Ediciones Cátedra. Pág. 121.

<sup>10</sup> Odum, Howard (1980), *Ambiente, Energía y Sociedad*, Barcelona, España: Editorial Blume. Pág. 33 y 34.

Sin embargo, nuestro objetivo está enmarcado en algo más específico, el análisis que hemos aplicado en esta investigación y que proponemos como método, no considera los aspectos energéticos ni todos los procesos de la naturaleza para llegar a la producción de lo que serían las materias primas que los grupos humanos necesitan para vivir. Nuestro método de análisis se acota a un proceso detonado por los flujos antropológicos y abarca uno previo que permite la disposición de los recursos y uno posterior que abarca los procesos correspondientes al uso humano y que permiten la reinserción de los materiales residuales al medio de una forma fácil y rápidamente, en los lapsos de tiempo relativamente adecuados para la sostenibilidad del ecosistema de donde se han obtenido los materiales iniciales y del cual también depende el grupo humano mismo, ya que ambos están organizados irrefutablemente por funciones interdependientes.

El análisis del ciclo de los materiales que proponemos en nuestro método tiene como punto de partida los materiales utilizados en la arquitectura ya sea para su construcción o para su habitabilidad, a partir de ellos desarrolla el análisis de un proceso previo que permite la disponibilidad de dichos materiales y de un proceso posterior que corresponde a la gestión y forma de uso que el grupo humano imprime sobre dichos materiales, que determina el tipo de depósito de sus residuos y la adecuada reinserción de estos materiales en el medio natural del que provienen.

Podríamos afirmar que en cualquier caso en el que se aplique este método, nos encontraremos con materiales que provienen de sistemas naturales y otros que provienen de sistemas industrializados. Los flujos se llevarán a cabo en un medio local determinado que es intervenido por los materiales del medio foráneo. El análisis nos permitirá conocer el tipo de relaciones que se establecen entre los materiales aprovechados del medio local, los del medio foráneo, la interrelación entre estos mismos y entre los sistemas que los producen. Y el efecto de todo ello se verá reflejado, en principio por el tipo de depósitos de residuos, contaminantes o no, pero que se quedan en el medio local; y en segundo lugar, los efectos en las modificaciones del uso de ciertos materiales que pueden reflejarse en el sistema social y biótico consecuentemente y en la geografía que dibujan entre ellos mismos.

Ejemplificando esto en el análisis que hemos realizado sobre la comunidad de Metzabok, a partir de los materiales utilizados en la construcción y en la habitabilidad de la arquitectura, hemos identificado los materiales que provienen del medio local y los del medio foráneo. Por un lado en los del medio local hemos identificado el tipo de

territorio y sistema productivo del que provienen; así mismo, la disponibilidad de dichos materiales en los tiempos de regeneración natural correspondiente para cada recurso en su ecosistema. En los del medio foráneo, se ha intentado lo mismo, pero el sistema industrializado tan sólo nos remite a las fábricas y a los procesos de producción para los cuales su análisis nos llevaría a otro análisis del ciclo de los materiales aplicado a sistemas que abarcan grandes extensiones territoriales para los procesos casi independientes de la fabricación industrial. Por otro lado, hemos analizado las formas de uso que los integrantes del grupo humano realizan con ellos, pasando por las multiplicidades de usos, los reaprovechamientos y tipos de depósitos finales que permiten o no, el retorno de los materiales al medio local orgánico.

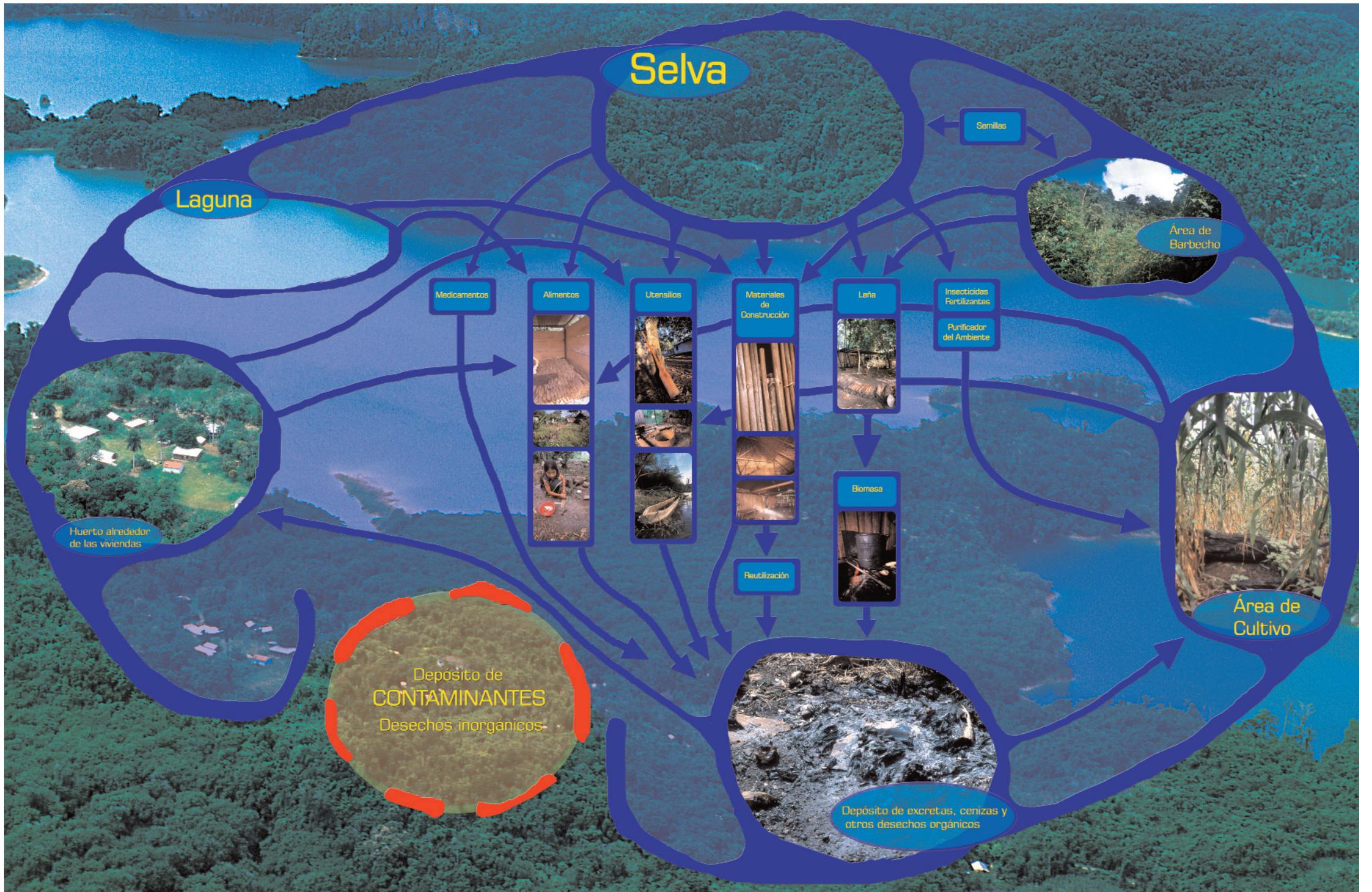


Imagen 133: Representación del ciclo de los materiales sobre el paisaje de Metzabok.

A través de este análisis del ciclo de los materiales, hemos encontrado un modo de evidenciar las consecuencias de los cambios en un sistema, que idealmente pudiera conocer los valores proporcionales de los flujos y los depósitos en los tiempos de regeneración del sistema y como consecuencia sirva como modelo para la evaluación de las capacidades de crecimiento del sistema humano.

Es decir, si conocemos los materiales del medio local y del medio foráneo y la forma en que las comunidades han aprovechado dichos recursos obtenidos del medio local y los efectos de los materiales que han llegado del medio foráneo, podemos determinar las demandas de material necesarios para mantener a dicha comunidad y la capacidad para soportar una nueva intervención arquitectónica que afectará no solamente la disponibilidad de recursos del sistema natural para material de construcción y otros usos interrelacionados, sino a los otros materiales que provienen de otros territorios productivos para satisfacer las necesidades adicionales de alimento, combustible para cocción, acondicionamiento térmico, sistema de defecación, abastecimiento hidráulico, higiene, gestión de residuos, comunicaciones y transportes, actividades económicas etc., y que en su conjunto afectarán a la geografía local.

Cabe mencionar que hasta hace unos años, la expansión de un grupo humano era comúnmente referida a la cantidad de personas que vivían en ella; a la demografía que ejercía una presión sobre el medio. Posteriormente, algunas iniciativas desde la perspectiva de la sostenibilidad, han considerado que la expansión de los grupos humanos es relativa a la capacidad de carga del medio, es decir, a la cantidad de recursos que ofrece el medio para satisfacer las necesidades de los grupos humanos; o bien la "huella ecológica"<sup>11</sup> relativa a la cantidad de territorio necesario para producir dicha cantidad de recursos que podría satisfacer las necesidades de los grupos humanos. Sin embargo, podríamos equiparar esta cantidad de recursos necesarios para satisfacer las "necesidades" tan diversas que requieren los diferentes grupos humanos del Planeta?

Evidentemente, sí existe en el planeta una tendencia a la igualdad, a la globalización de las formas de vida, de las culturas y las formas de aprovechar los recursos del medio; sin embargo, esto aún no se ha generalizado, aún permanecemos siendo diferentes,

<sup>11</sup> Wackernagel, M. y Rees, W. (1996), Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth, Canada: Best Book Manufactures, New Society Publishers.

aún la vida se entiende de otras formas en algunos rincones del planeta; por lo que no podemos fiarnos de las cuantificaciones generalizadas. La expansión territorial, según González de Molina y Garrido (1997)<sup>12</sup>, no depende sólo de la presión demográfica o de la capacidad de carga del ecosistema sobre el que se asienta, sino depende sobre todo de la amplitud de los flujos de energía y materiales que requiere el funcionamiento del sistema productivo diseñado por el grupo humano; es decir, la manera en que la sociedad organiza sus consumos y su producción, y como consecuencia de ello, la relación que establece con la naturaleza.

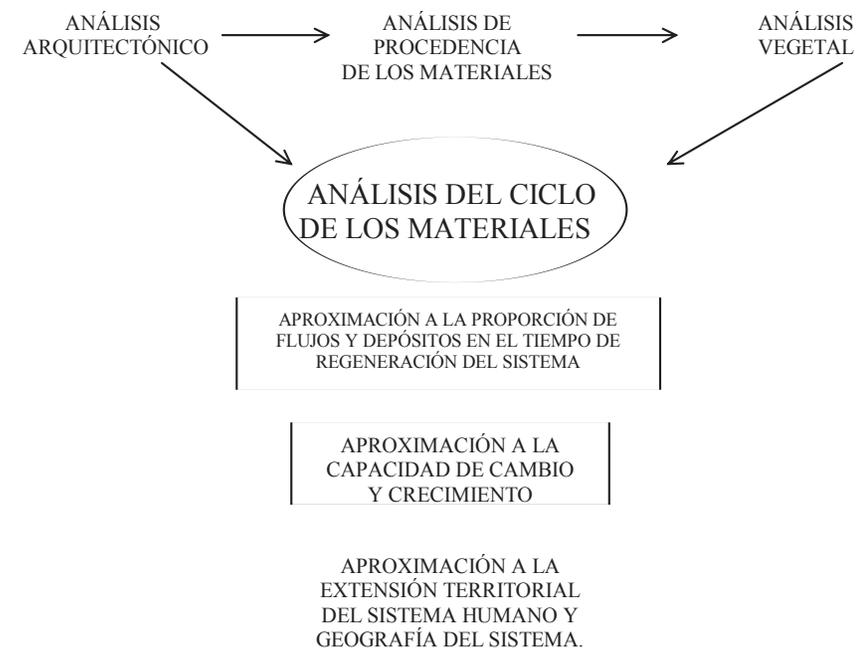


Figura 1. - Proceso metodológico para la obtención del análisis del ciclo de los materiales y sus posibles resultados y aplicaciones.

<sup>12</sup> Garrido, Francisco y González de Molina, Manuel (1997), La Cuestión Nacional desde la Ecología Política, Revista Ecología Política N 13, 1997. Pág. 131.

### 4.3. - Los diagramas del ciclo de los materiales.

Un diagrama del ciclo de los materiales es la expresión gráfica que representa el fenómeno analizado del ciclo de los materiales en un sistema simbiótico entre el medio natural y el grupo humano.

En nuestro caso para el tipo de análisis que proponemos y que hemos aplicado a Metzabok, el diagrama del ciclo de los materiales representa gráficamente el flujo de materiales utilizados para la construcción y la habitabilidad de la arquitectura que provienen del medio local y del medio foráneo y que son utilizados por la comunidad en determinadas formas de uso y que en algunos casos van más allá de lo relacionado con la arquitectura. Es decir, de estos materiales se desprenden otros flujos que se aprovechan simultáneamente o en otros momentos para otros múltiples usos y reaprovechamientos, que al final de su vida útil terminan en depósitos de residuos orgánicos que retornan al medio ambiente local y otros terminan en depósitos de residuos inorgánicos que permanecen en el medio local como focos contaminantes; modificadores del sistema y de la geografía local.

Teóricamente en el diagrama del ciclo de los materiales que proponemos, los depósitos iniciales del sistema natural del medio local se organizan por territorio productivo, con la cantidad de superficie de dicho territorio y el tipo de material que se produce en cada uno de ellos. De éstos se desprenden unas flechas que indican los flujos de cantidad de material hacia una dirección o forma de uso que al mismo tiempo se interrelacionan con otras formas de uso, con ciertos flujos de cantidad de material. Al final de la vida útil de los materiales se expresan los últimos depósitos que pueden salir del sistema, retornar al medio natural o quedarse en el medio local contaminando el ambiente. La dirección de estos depósitos finales se indica igualmente con flechas. De tal forma, este gráfico representa un mapa situado en el medio local donde se llevan a cabo los ciclos de los materiales y a partir del cual se puede aproximar la disponibilidad de recursos que podrían aprovecharse del sistema y los efectos de esta nueva intervención.

Prácticamente, en la aplicación del ciclo de los materiales para el análisis de las intervenciones arquitectónicas en la comunidad de Metzabok, hemos generado 3 diagramas que muestran progresivamente el análisis de la información obtenida y que responde a los procesos metodológicos de obtención de la información durante la investigación. Los tres diagramas están formados por tres partes, al centro y como punto de partida, están los materiales y formas de uso empleados en la arquitectura, previo a ello está la parte de los territorios productivos que abastecen los materiales determinados y posteriormente está la parte de las demás formas de uso y reaprovechamientos que se practican con ellos y el tipo de depósitos en el que termina la vida útil de los materiales.

El primer diagrama que hemos llamado Diagrama del ciclo de los materiales útiles para la construcción se generó durante los trabajos para el análisis arquitectónico, desarrollado en el Capítulo 2 de esta tesis. Definimos los materiales de construcción que han sido utilizados en cada uno de los elementos constructivos que configuran las 16 viviendas de la comunidad de Metzabok; cuantificamos el número de tablones, palos, vigas, trabes, horcones y superficies de cubiertas y pisos, e identificamos los materiales con los que cada uno de ellos está hecho. Del proceso previo, investigamos la procedencia y el territorio productivo donde se produce cada uno de los materiales identificados y del proceso posterior identificamos que estos materiales tenían otras formas de uso y que los habitantes de Metzabok los utilizaban para ciertos reaprovechamientos. Y que al final de su vida útil los destinaban a ciertos depósitos de residuos orgánicos e inorgánicos en el medio local.

La información obtenida de los informantes de Metzabok sobre las multiplicidades de usos fue complementada con los datos de otras investigaciones sobre etnobotánica y los aprovechamientos del ecosistema selvático, realizadas en diversas comunidades lacandonas de la región. A partir de dicho momento, al identificar que gran parte de las especies vegetales útiles para material de construcción también eran útiles para otras formas de uso, generamos el segundo diagrama llamado Diagrama general del ciclo de los materiales. En él, los materiales de construcción se presentan como una de las 19 formas de uso identificadas entre las comunidades de la Selva Lacandona, y se representa la complejidad de múltiples usos para los que son aprovechadas las especies vegetales de los diferentes territorios productivos, el número de usos y reaprovechamientos y los depósitos que generan al final de la vida útil.

Posteriormente trabajamos sobre un tercer diagrama, el Diagrama del ciclo de los materiales con flujos y depósitos anuales aproximados, en el cuál, a partir de los diagramas previos, aproximamos el detalle de los flujos y depósitos de los materiales útiles para la construcción y las otras formas de uso estrechamente relacionados a ellos, que son la leña, la elaboración de utensilios domésticos y herramientas de trabajo. Para la aproximación de los flujos y depósitos que incluye este diagrama, se llevó a cabo el análisis vegetal desarrollado en el Capítulo 3 de esta tesis. En el cálculo de estos flujos y depósitos nos hemos encontrado con ciertas limitaciones de la información botánica y ecológica de las especies vegetales, pero que no han sido impedimento para llevar a cabo la definición teórica de este diagrama como parte de la propuesta del método.

El resultado de este diagrama es un balance de masas entre el número de árboles disponibles en los territorios productivos del ecosistema selvático y los flujos hacia las múltiples formas de uso en que se aprovechan estas especies. De tal forma, en algunos casos, las disposiciones anuales tienen que satisfacer la demanda continua y anual de árboles para leña y la demanda esporádica, anual o por lapsos mayores de tiempo para material de construcción. En algunos casos, de forma simultánea o en diferentes momentos, del flujo anual aproximado cierto porcentaje se destina a otras formas de uso.

De tal forma, este diagrama representa el metabolismo que se activa cada año en el sistema simbiótico entre el ecosistema selvático y el grupo humano, que no solamente satisface las necesidades de material de construcción de las 16 viviendas de Metzabok, sino también las demás demandas fundamentales para la vida de estas familias como la leña. A partir de los flujos y depósitos de este metabolismo podríamos determinar si el sistema puede satisfacer las demandas de los existentes, respetar los tiempos de regeneración del ecosistema y satisfacer las demandas de nuevas intervenciones arquitectónicas incluidos los aspectos interrelacionados en la vida de los habitantes de dicha nueva intervención.

Si sintetizamos este proceso analítico nos encontramos con un sistema complejo de flujo de materiales determinado por dos variantes: la leña y el material de construcción. A partir de los flujos y depósitos que hemos cuantificado podríamos obtener un modelo (y una ecuación) para monitorear o gestionar el comportamiento del sistema ante modificaciones eventuales o crecimiento.

Como bien dice Odum, "Un modo de predecir las consecuencias de los cambios sobre un sistema consiste en usar como modelo un esquema del mismo, que abarque los valores de los flujos y acumulaciones. Después se puede comparar la magnitud relativa del cambio con la norma. Estos planteamientos, en los que se relacionan las partes y las configuraciones de sus conexiones con el comportamiento, pertenece a la esfera de la ciencia de sistemas"<sup>13</sup>. Sin embargo, los alcances de esta tesis no se han planteado llegar a dicho modelo, el cual apoyados en el campo de la econometría podría arrojar resultados aplicables a otros sistemas complejos y su gestión.

A continuación desarrollaremos la explicación de cada uno de los tres diagramas generados.

---

<sup>13</sup> Odum, Howard (1980), *Ambiente, Energía y Sociedad*, Barcelona, España: Editorial Blume. Pág. 33.

#### 4.3.1. - Diagrama del ciclo de los materiales útiles para la construcción.

El Diagrama del ciclo de los materiales útiles para la construcción es una representación de la cantidad de materiales que se han utilizado en la edificación de las 16 viviendas de Metzabok a lo largo de 50 años y el flujo de los materiales con los que se elaboraron dichas construcciones provenientes de cierto medio y territorio productivo, y que sus sobrantes fueron utilizados para otras formas de uso y sus residuos terminarán en ciertos depósitos dentro del medio local de la comunidad. Imaginémoslo como una fotografía aérea que se ha tomado hace unos cuantos días pero en la cual se imprime la imagen de la "vida y muerte" de ciertos materiales. Hay elementos arquitectónicos que se construyeron hace 5, 10 o 50 años que fueron árboles o palmas extraídas de la selva o fueron metros cuadrados de lámina que llegaron a la comunidad un buen día en un camión de carga, que algunas partes de dicho material fueron utilizadas para otros usos y cumplieron un ciclo de vida terminado en determinados depósitos en el medio local. Y que todos ellos, cuando cumplan su tiempo de utilidad máxima, terminarán como depósitos de residuos que pueden regresar a la materia orgánica del medio local o no.

La elaboración del Diagrama del ciclo de los materiales útiles para la construcción tiene como punto de partida el análisis arquitectónico de las 16 viviendas de Metzabok. A partir de ello, el diagrama presenta tres partes: al centro los elementos constructivos, el tipo de materiales con los que están elaborados y el número de casas que los tienen, con sus respectivas cantidades utilizadas. Hacia el extremo superior se presentan, agrupados según la procedencia del medio local o del medio foráneo, el listado de los materiales de construcción utilizados; y en el caso de los materiales del medio local del sistema selvático, se especifica de que territorio productivo proviene y se agrupan en función de ello. Hacia el extremo inferior el diagrama presenta las formas de uso en que han sido utilizados dichos materiales, ya sea de reciclados o reaprovechamientos de los materiales de construcción o los múltiples usos para los que también se utilizan algunos de ellos. Así mismo, al final de las posibles utilidades de los materiales, presenta los depósitos de la degradación máxima de los materiales y su retorno o no, al medio natural. Los flujos de los materiales van, indicados con flechas y cantidades de material, de la parte superior hacia la parte del centro y del centro hacia la parte inferior.

El ciclo de los materiales útiles para la construcción de la comunidad de Metzabok es de la siguiente manera. El sistema analizado se lleva a cabo en el medio local, donde se encuentran los territorios productivos del sistema selvático, las casas del asentamiento de la comunidad y los depósitos de los recursos materiales utilizados. De manera puntual, este medio local se ve intervenido por los materiales de construcción del medio foráneo, que tocan al medio local a través de los usos de los materiales y los depósitos que se quedan en dicho medio después de su vida útil.

El sistema selvático del medio local está formado por 6 territorios productivos (marcados en círculos dentro del gran círculo de línea punteada del sistema selvático). Estos son la Selva, el Acahual, la Milpa, el Huerto de traspatio, la Laguna y las Orillas de la laguna.

Dentro de cada uno de ellos se producen los recursos para materiales de construcción que hemos identificado en uso en las viviendas de Metzabok; de los cuales, algunos de ellos no solamente se producen en un territorio productivo, sino en dos y hasta tres, simultáneamente, dependiendo de los estados sucesionales de la vegetación selvática. De tal forma en la Selva se producen 8 especies vegetales maderables del dosel, 3 especies vegetales maderables del sotobosque, 1 palma y Carrizo. Estas son, de las primeras 8 el Zopo, el Bari, el Canshán, el Frijolillo, el Hormiguillo, el Cedrillo, la Caoba y el Chicle. De las siguientes 3 el Bayo, el Corcho y el Tah. La palma es de Guatapil y el Carrizo.

Algunas de estas especies se producen igualmente en otros territorios productivos: el Corcho y el Tah también se dan en los Acahuales y el Carrizo se da tanto en la Selva como en las Milpas, los Acahuales y los Huertos de traspatio.

De tal forma en el Acahual se producen 3 especies vegetales maderables de sotobosque: el Corcho, el Sac chei chaka y el Tah. En la Milpa se produce el Carrizo, en el Huerto de traspatio se produce también el Carrizo y se extrae tierra para los pisos de las viviendas. De la laguna se obtiene agua y arena, de las Orillas de la laguna se produce el Tintal, una especie vegetal maderable de sotobosque.

Los flujos de materiales que se han extraído de este sistema selvático se expresan con flechas que se dirigen hacia los elementos constructivos (marcados con círculos amarillos al centro del diagrama). Estos elementos son piso, cubierta, envolvente, muros, vigas, travesaños y horcones.

De tal forma el flujo de materiales que se ha utilizado de **Zopo** ha sido de 3 árboles. La casa 6, 8 y 14 han utilizado el número de tablonos para sus muros equivalentes a 0,4 árboles. Evidentemente la extracción de cada uno de estos árboles se realizó en diferentes momentos por lo que el sobrante en cada uno de ellos se aprovechó como ambientador o leña con una cantidad equivalente a 2,6 árboles o bien al 86,6 % de la extracción total. Del material de construcción no ha habido otro reaprovechamiento, por lo que, en cuanto el muro sea demolido o alguna de sus partes sea inútil, se quemará y sus residuos orgánicos regresarán inmediatamente al medio natural.

El flujo de material del **Bari** sólo ha sido de 1 árbol, utilizado para las vigas de la casa 12 en una cantidad equivalente a 0,08 árboles. La cantidad utilizada para este material de construcción ha sido muy pequeña, el sobrante equivalente a 0,92 árboles debió haberse utilizado para elaborar cayucos o remos ya que esta especie es preferida especialmente para la elaboración de estas piezas para el medio de transporte en la laguna. Para ambos usos, cuando ya no sean útiles se quemarán y los residuos retornarán al medio natural.

Del **Canshán** ha habido un flujo de material equivalente a 10 árboles. En función al orden del cronograma de edificación que investigamos bajo el que se han construido las viviendas de Metzabok, primero se utilizaron 5 árboles principalmente para los tablonos de los muros de las casas 6, 10 y 15, con una cantidad equivalente a 3,95 árboles. El sobrante equivalente a 3,87 árboles o bien el 77,4 % seguramente se ha utilizado para leña ya que es una de las especies más preferidas para este otro uso. Así mismo, en la casa 15 se ha reutilizado parte de los tablonos colocados en los muros del dormitorio en primer uso, para los muros de otro habitáculo de la vivienda como segundo uso, con un flujo equivalente a 0,08 árboles o bien el 2 % del material destinado para la construcción.

De los otros 5 árboles el equivalente a 1,46 árboles se ha utilizado para elaborar vigas para las casas 2 y 13; así como también vigas y traveses para las casas 3, 4 y 6. Cada una de estas viviendas se han edificado en momentos diferentes a lo largo de los 50 años del asentamiento de Metzabok, por lo que el sobrante de los árboles cortados para la construcción se aprovechó para leña, la segunda forma de uso aplicada para esta especie. La cantidad de material que sobró en la extracción de cada uno de estos 5 árboles el equivalente a 3,54 árboles destinados para leña, o bien el 70,8 %, porcentaje muy semejante al aprovechado en los 5 árboles de Canshán anteriores. En el caso de la leña cuando ha terminado su uso se degrada a cenizas y si los materiales de

construcción fueran eliminados de su función se quemarían y también terminarían como cenizas, las cuales retornarían inmediatamente al medio natural.

El flujo de material de **Caoba** ha sido de los más grandes en la historia del asentamiento de Metzabok con 8 árboles. Con esta especie se han elaborado los tablonos de los muros de 6 viviendas, en cantidades aproximadas a 1 árbol por vivienda con muy pocos sobrantes, mientras que el material utilizado para las traveses de otra vivienda sí ha generado más cantidad de material sobrante. Para el primer caso se ha utilizado en los tablonos de los muros de las casas 1, 4, 5, 8, 12 y 16 la cantidad equivalente a 6,82 árboles, el material sobrante de 0,15 árboles seguramente se reutilizó para elaborar pequeños objetos domésticos o herramientas de trabajo. Y en caso del último árbol se ha aprovechado el equivalente a 0,12 árboles para material de construcción de las traveses de la casa 2; el sobrante de 0,88 árboles se ha aprovechado también para elaborar utensilios domésticos, aunque en este caso, debido a las grandes cantidades sobrantes se pudieron haber elaborado objetos grandes para herramientas o utensilios domésticos e inclusive muebles. En todos los casos, los desechos podrán ser quemados e inclusive, aunque esta especie no esté identificada como de las preferidas para leña, si en el momento de la elaboración de las piezas para la construcción no hubo otra necesidad de utensilio doméstico o herramienta, no dudamos que la madera pudiera ser usada como leña, antes que desaprovecharla.

Con respecto al **Cedrillo** ha habido un flujo inicial de 6 árboles, de los cuales 5,51 se han utilizado para elaborar los tablonos de las casas 2 y 3. Para la elaboración de estos tablonos no ha habido muchos sobrantes aunque quizá esto se hubiera preferido ya que esta especie es también aprovechada para leña. La cantidad de material sobrante equivalente es de 0,49 árboles que posiblemente se repartió equitativamente entre los demás usos para los que se suele aprovechar esta especie. De tal forma estos aprovechamientos pudieron dividirse en 0,16 árboles para utensilios domésticos, 0,16 para artesanías y 0,01 para leña. Así mismo, tiempo después en la misma casa 2 se reutilizaron el equivalente a 0,16 árboles para material de construcción. Para todos los casos, cuando el material ya no sea utilizado se quemará y se convertirá en cenizas, al igual que la leña; de tal forma que dichos recursos podrán reintegrarse al medio natural.

El flujo de material del **Chicle** ha sido el más grande entre los árboles del dosel de la selva, significando el equivalente a 10 árboles a lo largo de los 50 años del asentamiento de la comunidad. Al igual que en el resto de los árboles de dosel, para obtener una cierta cantidad de madera para la construcción es necesario extraer un árbol entero. En este caso, se ha utilizado la madera para elaborar los horcones de buena parte de las viviendas del asentamiento, excepto la casa 7, 9, 10, 11, 14 y 15. Debido a que cada una de las viviendas se ha construido en momentos diferentes, se tuvo que extraer un árbol entero para cada una de ellas, sin embargo, la cantidad de material utilizado resultó ser muy pequeña. De tal forma, para el material de construcción se ha cuantificado un flujo equivalente a 2,24 árboles, pero en realidad se extrajeron 10; el sobrante correspondiente de 7,76 árboles debió aprovecharse para elaborar herramientas o utensilios domésticos, principalmente.

El **Frijolillo** ha sido una de las especies utilizadas con menos flujos de materiales empleados para material de construcción con un primer y un segundo uso; así mismo, esta especie también es de las preferidas para leña y su fruto es alimento para diversas especies de aves en el medio selvático. El flujo inicial se ha cuantificado en un equivalente a 2 árboles, pero casi todo ha sido utilizado para material de construcción porque no ha habido sobrantes. De tal forma se han usado para elaborar los tablonces de los muros de la casa 7 y 14; así como también para las vigas de la casa 14. Para todos los casos, si estos materiales terminaran su vida útil serían quemados y por medio de las cenizas reinsertados al medio natural.

Del **Hormiguillo** también ha habido un flujo inicial de 2 árboles, igualmente utilizados en su totalidad para material de construcción, para los tablonces de los muros de la casa 13; parte de estos tablonces se han reutilizado en la misma casa 13, para sustituir a los tablonces más desgastados. Cuando estos materiales ya no sean útiles serán quemados y reinsertados al medio natural. Para esta especie no se ha identificado otras formas de uso por lo que si hubieran sobrantes se utilizarían solo para material de construcción.

En los casos de los árboles de dosel descritos la multiplicidad de usos se ve beneficiada porque la necesidad de cierta cantidad de material de construcción obliga a la extracción de un árbol entero por lo que los sobrantes son fácilmente aprovechados para los otros usos. En el caso de los árboles de sotobosque también hay multiplicidad de usos en las especies, pero debido a las dimensiones pequeñas de los árboles, para la satisfacción de las necesidades de construcción casi no se producen sobrantes. Ello

obliga a que para la satisfacción de las otras necesidades de las demás formas de uso se extraigan nuevos individuos expresamente para ello.

Entre las especies de sotobosque que se obtienen de la selva el **Bayo**, ha sido utilizada con un flujo de materiales equivalente a 164 árboles, de los cuales 18 árboles han sido utilizados para muros de empalizada y no ha habido sobrantes, 53 árboles para vigas, también sin sobrantes, 81 árboles para traveses, igualmente sin sobrantes y 11,7 para horcones con un sobrante de 0,3 árboles posiblemente utilizado como insecticida natural. En todos los casos, cuando los materiales hayan cumplido su ciclo de utilidad, serán quemados.

Entre el grupo de especies vegetales maderables que se reproducen en la selva pero también en los Acahuals está el Corcho y el Tah. Del primero, el flujo de materiales que se han utilizado para las viviendas de Metzabok ha sido de 359 árboles, de los cuales han sido utilizados 324 árboles para hacer los muros de empalizada de la casa 3, 5, 11 y 15. Una parte muy pequeña de estos palos colocados en este primer uso, se reutilizaron para la casa 2, para sustituir otros palos que ya se encontraban demasiado deteriorados. Así mismo, se han utilizado 10 árboles para vigas de la casa 13 que no han sido reutilizados en un segundo uso y 25 árboles para traveses de la casa 13 que igualmente no han sido reutilizados. También sabemos que esta misma especie se utiliza para obtener las fibras de amarre con las que se sujetan los palos de algunos muros de empalizada, para elaborar fibras para artesanías y hamacas, pero desconocemos la forma de aprovechamiento que los habitantes de Metzabok realizan para ello, por lo que no podemos calcular de cuantos árboles se han obtenido los amarres que hay en las construcciones o las artesanías y hamacas. Para todos los casos, cuando los materiales ya no sean útiles se pueden quemar para degradar al máximo sus residuos orgánicos y retornarlos al medio natural.

Así mismo, el **Tah** que se da en la selva y en los Acahuals, se ha utilizado con un flujo de materiales de 78 árboles, de los cuales 68 han sido para muros de empalizada, 5 para vigas y 5 para horcones; pero en ninguno de los casos han quedado sobrantes para ser reutilizados en otra forma de uso. Sabemos que esta especie también es útil para elaborar fibras de amarre, hamacas y artesanías, pero seguramente se extraen árboles enteros expresamente para ello. En todas estas formas de uso, cuando los objetos acaben su vida útil, pueden ser quemados y de esa forma regresar en forma de cenizas al medio natural.

El **Sac chei chaka** es otra especie maderable de sotobosque que se da en los Acahuals pero no en la selva. Para ella sólo hemos identificado una forma de uso, el material de construcción, pero ninguna otra entre las comunidades lacandonas como Metzabok. El flujo de materiales que se ha realizado ha sido de 185 árboles, de los cuales 122 han sido para muros de empalizada de la casa 16, y 18 árboles para vigas de la casa 5, 7 y 9; en estos casos no ha habido sobrantes. Sin embargo, en el flujo equivalente para las traveses y los horcones, si se han cuantificado sobrantes, de tal forma para las traveses se ha utilizado el equivalente a 36,6 árboles y para los horcones 7,95 árboles. El pequeño sobrante entre estas traveses y horcones ha sido de 0,4 y 0,05 respectivamente y que posiblemente fue utilizado para biomasa, aunque no estamos seguros de ello, pero ante la no-identificación de otras formas de aprovechamiento, aplicamos la teoría de que antes de tirar los trozos de madera, se utilizan como leña, aunque no sea de muy buena calidad.

En el territorio productivo de la selva también identificamos una especie que no es maderable y que no se reproduce en ningún otro territorio productivo del medio local: la palma de **Guatapil**. Esta especie se utiliza para material de construcción en las cubiertas de las viviendas y aparentemente para ningún otro uso más. El flujo de materiales que se ha utilizado de ella es muy pequeño, tan sólo 2 palmas para la casa 9, a lo largo de la vida del asentamiento, ya que el tipo de cubierta vegetal donde se utiliza esta especie ha sido sustituida casi completamente por la cubierta de lámina galvanizada.

Entre los territorios productivos de la Selva, la Milpa y el Huerto de traspatio hay una especie vegetal no maderable que se produce indistintamente en cada uno de ellos: el **Carrizo**. Esta especie además de ser útil para material de construcción, se aprovecha para elaborar las flechas de las artesanías que los lacandones llevan a vender a las ciudades de Palenque o San Cristóbal de las Casas o bien, venden directamente a algún turista que llega a sus localidades de la selva. En el caso del material de construcción se utiliza para los muros de bodegas o para las casas de los pollos del Huerto de traspatio. El flujo de materiales cuantificado para ello ha sido de 502 varas, correspondiendo 230 varas para los muros de las bodegas de la casa 6 y 7 y 272 para las casas de pollos existentes en los huertos de la casa 4, 13 y 15. Para estos materiales no hemos identificado reaprovechamientos o aprovechamientos de sobrantes y para todos los casos, cuando la vida útil se haya terminado pueden ser quemados y reintegrados al medio natural.

La última especie vegetal maderable de sotobosque que hemos cuantificado en el flujo de los materiales de los territorios productivos del sistema selvático es el **Tintal**, la cual se extrae de las Orillas de la laguna exclusivamente. El flujo de materiales que se ha utilizado en Metzabok ha sido el equivalente a 63 árboles principalmente aprovechados para material de construcción aunque también sus sobrantes seguramente fueron aprovechados para leña ya que ésta es una de las especies de mayor preferencia para este uso. Con respecto al material de construcción el primer flujo equivale a 48 árboles de los cuales 47,8 se han utilizado para los horcones de 8 viviendas; la casa 5, 6, 7, 10, 11, 14, 15 y 16. Los sobrantes de 0,2 árboles se han utilizado para leña. Así mismo, de 11 árboles se ha extraído el material equivalente a 10,8 árboles para las vigas de la casa 15 y los sobrantes 0,2 se aprovecharon para leña. Y finalmente del flujo de 4 árboles para las traveses de la misma casa 15 no hemos cuantificado material sobrante. En todos los casos, cuando estos palos de madera ya no sean útiles para material de construcción serán aprovechados para leña, o bien, se obtendrán una cantidad considerable de esta especie para la demanda diaria de leña de la comunidad. Las cenizas de cualquier proceso previo se reutilizarán como neutralizador de las excretas y retornarán rápidamente al medio natural.

Entre los territorios productivos del sistema selvático también hay otros flujos de recursos que no son especies vegetales. Del Huerto de traspatio se obtiene **tierra** para el suelo que hay al interior de los habitáculos de las viviendas. Para este uso hemos cuantificado un flujo de 9,52 m<sup>3</sup> de tierra colocado en el piso de las casas 2, 5, 8, 9, 13, 14 y 15. Si en un momento dado se destruyera una vivienda o acabara la vida útil de la misma, el suelo residual de tierra, no causará ningún tipo de depósito contaminante y directamente podría ser considerado como reinsertado al medio natural. Así mismo, de los alrededores de las viviendas se obtienen **cal y grava**, extraídas de unos depósitos naturales de suelo con estas características pétreas. Debido a que no pudimos presenciar ningún proceso de extracción ni utilización de dichos materiales para la construcción, no hemos podido realizar cálculos aproximados a la cantidad de material utilizado en las mezclas de cemento para los diferentes elementos constructivos en los que se han empleado. Estos materiales, junto con el **agua** y la **arena**, son los del sistema selvático que se interrelacionan con los materiales que provienen del medio foráneo.

Esta interrelación es la primera que existe entre el medio local y el medio foráneo en el momento de la utilización de los recursos por los habitantes de la comunidad. Tanto el agua como la arena son recursos que se aprovechan de la laguna, en el caso del agua, en todas las épocas y momentos del año, sin embargo, en el caso de la arena, sólo se puede obtener en la época de sequías del año (entre marzo y mayo), cuando baja el nivel de los cuerpos de agua de la laguna y estos montículos de arena sobresalen del nivel del agua.

Hasta este momento hemos descrito toda la parte referente al ciclo de los materiales que provienen del sistema selvático que se lleva a cabo en el medio local. Ahora procedemos a la explicación de los ciclos de los materiales del sistema industrializado, que provienen del medio foráneo e intervienen puntualmente en el medio local a partir de la utilización de los recursos, la forma de aprovechamiento y reaprovechamiento y los depósitos finales de los residuos. Toda la parte previa de elaboración de las materias primas y la fabricación de los productos finales se lleva a cabo fuera del medio local, en una extensión de territorio que no hemos calculado exactamente pero que dibujaría un radio de muchos kilómetros a la redonda que serían necesarios para el funcionamiento del sistema productivo industrial.

En el caso de los materiales del medio foráneo no hemos registrado una distinción entre posibles territorios productivos para cada uno de ellos; éstos simplemente están agrupados en el lugar de producción del sistema industrial. A partir de ellos se desprenden los flujos de materiales (marcados con flechas) que han sido utilizados para elaborar ciertos elementos constructivos de las viviendas de Metzabok. Estos materiales son lámina galvanizada, clavos, cemento, bloque de cemento, tuberías de PVC, tuberías de cobre y tuberías de acero. Los flujos de estos materiales se han destinado a cubiertas, muros, pisos, vigas y columnas, que vendrían siendo los mismos elementos constructivos que también existen en las formas de uso de los materiales del sistema selvático, pero además en este caso de los foráneos se agregan las instalaciones hidráulicas y sanitarias (todos marcados con círculos de tonos rojos).

Entre los materiales del medio foráneo no existe la característica de multiplicidad de usos; estos materiales han sido creados para satisfacer unas necesidades específicas y no hay otra posibilidad de forma de uso. Sin embargo, entre estos materiales si hay reaprovechamientos, sobre todo en el caso de la **lámina galvanizada**. El flujo de materiales que se desprende de la lámina galvanizada es de 1310,9 m<sup>2</sup>, inicialmente

utilizados para las cubiertas de los habitáculos de las viviendas. Una parte de este material, cuando se ha desgastado demasiado y no puede tener otro tipo de utilidad, se desecha directamente al depósito de residuos inorgánicos, esta parte ha sido calculada en 1173 m<sup>2</sup>; pero la otra parte restante de 137,49 m<sup>2</sup>, se ha reutilizado para material de construcción de las cubiertas de otros habitáculos que no requieren la calidad de una lámina nueva y en perfectas condiciones. Así mismo, de esta parte reutilizada 91,02 m<sup>2</sup> después de cumplir un segundo periodo de uso se desecha, mientras que 24,75 m<sup>2</sup> se reutilizan por tercera vez para las cubiertas de otros habitáculos de aún menos importancia y 21,72 m<sup>2</sup> para las casas de pollos. Evidentemente cuando los materiales terminen este tercer uso serán desechados a los depósitos de residuos inorgánicos en condiciones bastante degradadas, oxidadas, llenas de hoyos y más bien a trozos.

La lámina galvanizada es el único material del que hemos comprobado que se realizan tantas reutilizaciones. Sin embargo, pese a este eficiente aprovechamiento que alarga la vida útil de los materiales, al final la cantidad de material permanece y tarde o temprano llega al depósito de residuos inorgánicos, que establece una interrelación con el medio local que principalmente desprende óxidos metálicos al medio.

En los demás elementos constructivos formados principalmente por materiales del medio foráneo hay un grupo que se interrelaciona con varios recursos del medio local para generar el producto deseado. Estos son los muros de bloque de cemento, el piso, las vigas y las columnas de concreto. En el caso de los **muros de bloque de cemento**, los bloques provienen del medio foráneo y para elaborar la mezcla de cemento que sirve para su colocación, se requiere de ciertos materiales del medio local y del medio foráneo. Los flujos de los materiales utilizados del medio local son el agua, la cal y la arena y los el medio foráneo, el cemento. El flujo de materiales de dicha mezcla no ha podido ser estimado, sin embargo, sí conocemos el número de bloques de cemento empleados en la edificación de los muros de las casas 2, 3, 4, 6 y 10 de Metzabok que suman un total de 1008,3 bloques de cemento. Para estos materiales no se ha identificado otras formas de uso ni reaprovechamientos y cuando terminen su vida útil serán depositados en el medio local provocando focos de contaminación.

En el caso del **piso de concreto**, también se ha empleado una mezcla que relaciona a los materiales locales y foráneos. Estos son el agua, la grava y la arena, del medio local y del medio foráneo el cemento.

Esta mezcla ha provocado un flujo de material total de 121,24 m<sup>3</sup> utilizados en los pisos de casi todas las casas de la comunidad, excepto en la casa 9 y 15. Cuando estas viviendas sea desmanteladas o destruidas, el piso de cemento permanecerá en el sitio, a menos que se demoliera completamente y los residuos se colocaran en un depósito alejado de la comunidad, pero que igualmente permanecerá siendo un depósito contaminante. Si por el contrario, el piso permaneciera, quedaría como una plataforma abandonada para la que posiblemente pueda haber una reutilización de algún tipo en el futuro.

En el caso de las **vigas y columnas de concreto**, pasan situaciones muy semejantes a las del piso de concreto, aunque el flujo de materiales para ellas ha sido verdaderamente pequeño, de 1,72 m<sup>3</sup> de la mezcla de agua, cal, arena, del medio local y cemento, del medio foráneo. Para estos materiales no hay reaprovechamientos registrados por lo que cuando se termine la vida útil de estos elementos constructivos, permanecerán abandonados en el medio local o bien, demolidos y agrupados en algún depósito de residuos inorgánicos pero que de igual forma en ambos casos, son puntos contaminantes del medio local.

Por último están el flujo de los materiales utilizados para las instalaciones hidráulicas y sanitarias, pero desgraciadamente no hemos podido conocer los datos cuantitativos de éstas. Debido a que estas instalaciones han sido obras realizadas por el gobierno del estado de Chiapas, buscamos en las oficinas de gobierno correspondientes las partidas presupuestarias de edificación, donde posiblemente podrían estar especificadas las cantidades de materiales empleados, pero esta búsqueda fue infructuosa. Tan sólo podemos afirmar que no ha habido otras formas de aprovechamiento para estos materiales y que cuando terminen su vida útil se convertirán en un depósito contaminante del medio local.

En este complejo flujo de materiales útiles principalmente para la construcción es importante señalar las interrelaciones establecidas con otros usos, especialmente para el caso de los materiales del medio local. El entramado de relaciones que se establece entre ellos es una clara evidencia de los entramados efectos que una mala gestión en uno de los materiales del sistema, puede causar en el resto de ellos. En la aplicación del análisis del ciclo de los materiales que hemos realizado, posiblemente las proporciones de los aprovechamientos de los sobrantes para las otras formas de uso, en la realidad sean practicadas en un orden diferente, pero lo que sí es irrefutable es que la

interrelación existe y se ha mantenido a lo largo de los 50 años de vida del asentamiento de Metzabok.

Por ejemplo, si los muros de tablonos se eliminaran del ciclo de los materiales de la comunidad de Metzabok posiblemente los habitantes de Metzabok se verían obligados a extraer un árbol entero de Caoba o de Cedrillo para las pequeñas cantidades que necesitan de algunos utensilios domésticos de Caoba o las pequeñas piezas de Cerdillo que se utilizan para elaborar las artesanías que venden en San Cristóbal o Palenque. Posiblemente el mantenimiento de las especies de la selva en los rumbos de extracción se vería desatendida ya que se reducirían la multiplicidad de usos de una especie y los posibles aprovechamientos; la gente dependería más de los productos foráneos, tendría que ganar más dinero para adquirirlos y para ello modificar sus sistemas de producción de agricultura, artesanías o las otras actividades productivas, lo cual se vería inminentemente reflejado en la geografía del medio local y en los valores ambientales de la selva.

En este mismo ciclo analizado podemos ver el ejemplo de una de las intervenciones del medio foráneo más fuertes, la lámina galvanizada, que ha modificado totalmente el tipo de cubierta utilizada en la mayoría de las viviendas. Pese a los eficientes reaprovechamientos que la comunidad ha practicado con este material, los efectos en el medio local inminentemente permanecerán por mucho tiempo como depósitos contaminantes. Otros efectos provocados son los relativos a las alteraciones en el ecosistema selvático. La palma de Guano, que era la especie principalmente preferida para este elemento constructivo ha sido totalmente descartada para este uso y consecuentemente desatendida en el ecosistema selvático de la región, al grado de estar amenazada con riesgos ambientales; así mismo las de Guatapil y Chapay también han sido descartadas casi completamente para esta forma de uso, aunque no presentan la amenaza ambiental como la del Guano. Además de esto se han modificado las características térmicas de la vivienda. Las altas temperaturas que se provocan al interior de los habitáculos han provocado que los habitantes compren aparatos electrodomésticos para mejorar la habitabilidad del espacio, que consumen energía eléctrica y que también tienen que pagar a la empresa que la generan y se las suministra. Por otro lado, la modificación térmica también afecta al entorno inmediato de las viviendas, provocando un incremento de temperatura en la mancha del asentamiento. Evidentemente en este caso la arquitectura ha determinado los objetos de la habitabilidad y los consumos energéticos.

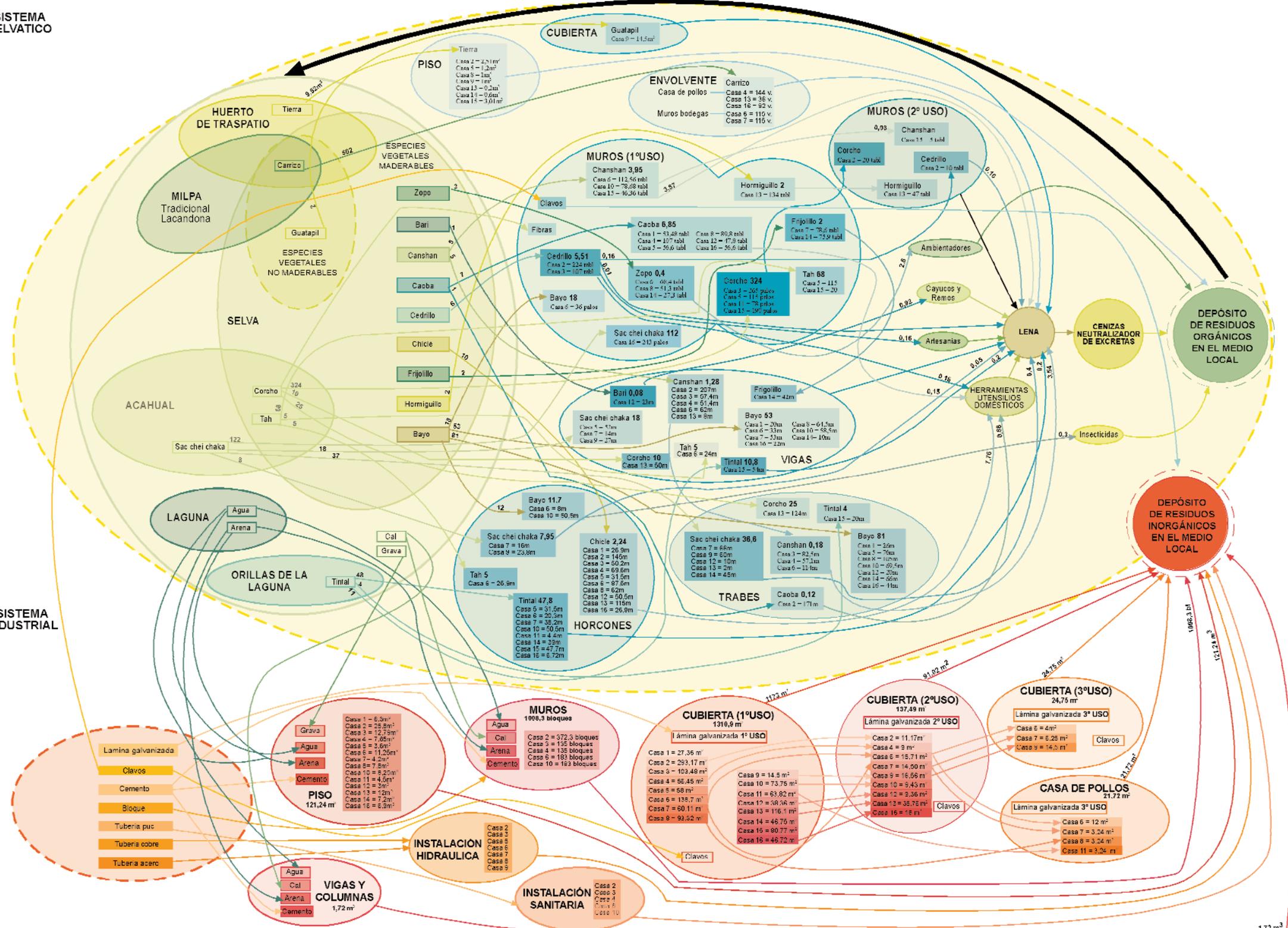


Diagrama del Ciclo de los Materiales Útiles para la Construcción

#### 4.3.2. - Diagrama general del ciclo de los materiales.

El Diagrama general del ciclo de los materiales, es un cuadro de análisis más extenso y general, que incluye la totalidad de formas de uso que los habitantes de las comunidades lacandonas han aprendido, durante muchos años, a utilizar de su ecosistema selvático.

A partir del análisis del ciclo de los materiales útiles para la construcción que expresamos en el diagrama anterior, en este segundo diagrama hacemos una "fotografía" más extensa de la comunidad, donde no sólo se enfocan a los materiales de construcción sino al conjunto de formas de uso que la comunidad aprovecha del sistema selvático. En este diagrama al centro se encuentran las formas de uso identificadas en las comunidades lacandonas, incluida Metzabok entre ellas; en el proceso previo están los recursos materiales que se han identificado para la satisfacción de estos usos, de los cuales se desprenden los flujos de materiales que pasan por los usos y se dirigen hasta el proceso posterior sobre las formas de aprovechamiento que la comunidad ha realizado con estos materiales y los depósitos finales en el que terminan su ciclo de vida.

En la parte inicial del análisis del ciclo de los materiales aplicado a la comunidad de Metzabok identificamos las relaciones que indirectamente se establecen entre los materiales de construcción y las otras forma de uso. A partir de ello, en las investigaciones de referencia sobre etnobotánica y aprovechamientos del ecosistema selvático realizados en distintas comunidades lacandonas de Chiapas por otros investigadores, completamos el conjunto de formas de uso que este grupo cultural ha aprendido a aprovechar de su medio, así como las características de los territorios productivos donde se reproducen naturalmente o se cultivan por la gestión del grupo humano. De tal forma, en este diagrama se expresan la información obtenida a través de nuestra investigación en Metzabok y la obtenida de Nahá y Lacanjá Chansayab por Alejandro Durán y Samuel Levy, respectivamente.

En el diagrama general del ciclo de los materiales de Metzabok se expresa el ciclo de los materiales del medio local y la intervención de los materiales del medio foráneo, que se interrelaciona con el medio local en ciertos puntos, pero que fundamentalmente deja en el medio local del depósito de sus residuos inorgánicos contaminantes. En el medio local (marcada con línea punteada en la parte superior del diagrama) se expresan, todos

los flujos y depósitos que se llevan a cabo dentro del área natural protegida, es decir, del territorio propiamente utilizado por los lacandones de Metzabok y que corresponden a los límites naturales de la cuenca, y dentro del medio foráneo todos los flujos y depósitos que se llevan a cabo fuera de la cuenca y área natural protegida de los lacandones de Metzabok.

Realmente, en ambos subsistemas, el proceso de producción de los materiales que son utilizados en la comunidad, podría ser analizado indistintamente como el de una fábrica; sin embargo, entre lo que sucede en el medio local y lo que sucede en el medio foráneo hay grandes diferencias principalmente por las fuentes y cantidades de energía necesaria en sus procesos y el tipo de residuos que liberan al medio ambiente en cada etapa de la fabricación. Tanto en este Diagrama general del ciclo de los materiales, como en el resto de diagramas que explicamos en esta tesis, no pretendemos representar las cantidades de energía que igualmente como flujos, circulan en el sistema y por otro lado, consideramos el análisis a partir de los usos existentes en la comunidad, con la exposición del estado previo de los materiales, mas no la explicación del proceso productivo correspondiente. Es decir, de los materiales del medio local no explicamos todos los complejos procesos que suceden en la biosfera para llegar a producir los árboles de las especies que hemos considerado, ni el proceso de producción natural que hay detrás de la existencia de la arena como tal en la laguna. Y en el caso de los materiales del medio foráneo, tampoco abordamos los procesos industriales que suceden antes de que los productos terminados lleguen a la comunidad. Sin embargo, haremos una breve explicación de ello, aunque no se incluye en el diagrama del ciclo de los materiales, simplemente con el objetivo de hacer ver al lector, la complejidad de los procesos de los sistemas industriales y selváticos que configuran el sistema entre el medio ambiente y los grupos humanos.

#### Procesos del sistema industrial.

El proceso del sistema industrial está configurado por procesos a grandes rasgos muy similares pero que se repiten numerosamente. La complejidad de este sistema no es significativa comparada con la de los sistemas naturales, sin embargo, la cantidad de energía empleada en ellos es muy grande y demandada dichas cantidades repetidamente en cada uno de los procesos que podrían considerarse para la producción industrial de una fábrica de cemento, por poner un ejemplo relacionado.

Los procesos de este sistema comienzan a partir del aporte energético del sol, que alimenta a los territorios productivos donde se producirán las materias primas, y entre las cuales algunas se utilizarán directamente como materiales para la producción y de otras se aprovecharán la energía potencial contenidas en ellas y que se liberarán en un proceso de combustión, ebullición o explosión, que hará funcionar los motores de la fábrica. Sin embargo, este proceso no es tan simple, en la primera etapa de obtención de las materias primas, ya se han utilizado materiales con energía potencial para realizar el proceso de extracción de dichos recursos, también ya se han quedado depósitos de residuos orgánicos e inorgánicos que el sistema industrial de extracción no ha sabido o no ha podido reintegrar al medio ambiente y por si fuera poco, también han quedado territorios productivos naturales, posiblemente a varios kilómetros del medio local, e inclusive del lugar de fabricación del producto, totalmente devastados o bien, relativamente desgastados según el tipo de extracción realizado. Posteriormente, los productos de esta primera etapa tienen que ser transportados hasta el siguiente lugar donde se llevará a cabo la fabricación del producto. Para dicha transportación se habrán utilizado materiales de energía potencial, que el medio de transporte requerirá para su funcionamiento. A su vez el medio de transporte proviene de un sistema productivo complejo y extenso y el combustible también habrá pasado por un proceso complejo para su elaboración como tal. El sistema podría ahorrar unas cantidades inimaginable y exorbitante de materia y energía, que a su vez ha sido generada en lapsos de tiempo significativos para la vida de nuestro planeta, si no utilizara recursos fósiles; sin embargo, el sistema económico prevaleciente ha preferido esta costosa elección a cambio de la ilusoria estabilidad del sistema monetario, pero que está tan enraizado en los individuos de su sistema, que parecería inimaginable su disolución o cambio. Así mismo, junto con el medio de transporte, el transporte mismo y su combustible, vienen los asfaltos de las carreteras y la ruptura de los ecosistemas y la impermeabilización de la piel del cuerpo del planeta.

Una vez transportadas las materias primas que se utilizarán para la fabricación de los productos, se volverán a requerir materiales de energía potencial y se volverán a producir residuos en cada uno de los procesos implicados. Así mismo, se requerirá de otra etapa de transportación para llevar los productos hasta el interior de la comunidad.

Si este sistema industrializado "se encerrase en una cámara en la que sólo hubiera el aire que tiene encima, agotaría rápidamente su oxígeno, se ahogaría con sus desechos y se destruiría a sí misma, ya que carece de posibilidades de regeneración como las de un sistema agrario"<sup>14</sup> o forestal. Este sistema de producción industrial, podría ser considerado como una cantidad exponencial de repeticiones fractales<sup>15</sup>, tanto en su funcionamiento como en el diagrama que podemos representar del mismo, y en el cual, según la teoría de Mandelbrot, cualquier modificación del sistema podría tener efectos igualmente exponenciales en pro o en contra de la eficiencia del sistema.

El momento en que el sistema del medio foráneo se pone en contacto e interrelación con el medio local es cuando los habitantes locales adquieren los productos, los consumen y los residuos inorgánicos se quedan almacenados en el medio local como depósitos contaminantes del medio ambiente. En algunos casos, la comunidad ha generado estrategias de reciclado o reaprovechamientos que alargan la vida del ciclo de los materiales, sin embargo, no se han generado estrategias y tecnologías de degradación máxima de éstos materiales, para su retorno rápido al medio natural.

### Procesos del sistema selvático.

El funcionamiento sistémico que se lleva a cabo en el medio local de los alrededores de Metzabok es como el de una "gran fábrica" que produce materiales útiles para la comunidad. En este caso el ecosistema selvático está configurado por un metabolismo de procesos muy complejos que se llevan a cabo entre las diversas especies. La diversidad según el reconocido biólogo catalán Ramón Margalef (1974)<sup>16</sup> es una expresión de la estructura que resulta de las formas de interacción entre elementos de un sistema. En el caso del ecosistema selvático existe una competencia más intensa por los nutrientes y hábitats, lo cual da origen a presiones de selección natural con mayor inducción a la especiación. En estos sistemas de alta diversidad y complejidad entre sus relaciones, hacen que el funcionamiento sea relativamente frágil ya que la eliminación de una especie puede devenir en la modificación del metabolismo del ecosistema en magnitudes trascendentales.

<sup>14</sup> Odum, Howard T. (1980), *Ambiente, Energía y Sociedad*, Barcelona, España: Editorial Blume. Pág. 32.

<sup>15</sup> Término tomado de Mandelbrot, Benoît (1988), *Los objetos fractales*, Barcelona, España: Tusquets Editores.

<sup>16</sup> Margalef, Ramón (1974), *Ecología*, Barcelona, España: Editorial Omega.

El tema sobre el funcionamiento del ecosistema selvático evidentemente no es el objetivo de nuestra investigación pero sí nos es significativo que los procesos del sistema selvático se llevan a cabo en un territorio determinado y contenido en el medio local de la cuenca; a diferencia de los sistemas industrializados de donde provienen los recursos que una comunidad como Metzabok utiliza para satisfacer sus necesidades. Todos los ciclos de materiales y energía que circulan entre los circuitos de su funcionamiento comienzan a partir de los procesos de fotosíntesis, pero van mucho más allá de esto. Aquí la energía solar llega a los territorios productivos contenidos en la cuenca de la laguna, donde se iniciará el proceso de la fotosíntesis que producirá las materias primas, éstas pueden ser especies animales, vegetales y otros elementos, que en algunos casos son aprovechados directamente sin ningún tipo de elaboración adicional y en otros se lleva a cabo un proceso artesanal para obtener productos materiales de cierta forma y dimensiones para determinado uso. En el caso de las especies vegetales que pueden ser aprovechadas para obtener piezas de madera, la Selva madura, a través de los Rumbos de extracción es "la gran fábrica" donde se elaboran los productos maderables; pero donde, al mismo tiempo, se localizan las materias primas y los árboles que darán semillas para su reproducción. Aquí están contenidos el proceso de extracción, fabricación, transportación y regeneración, cosa que el sistema foráneo frecuentemente no tiene la capacidad de hacer. En todos los procesos de "la gran fábrica", los residuos generados suelen ser de materiales orgánicos que el medio absorbe fácil y rápidamente; es decir, después de que la comunidad usa los materiales una y hasta dos veces, en algún tipo de reaprovechamiento, suele quemarlos, con lo cual se producen cenizas que se reaprovechan para la neutralización de las excretas y otros residuos orgánicos domésticos, o bien, se esparcen en la tierra. En este funcionamiento de eficiencia sorprendente, "la gran fábrica" se desarrolla solamente en el territorio local, no explota ni empobrece ningún otro territorio del planeta.

Como ya habíamos mencionado en nuestro análisis del ciclo de los materiales no consideramos los procesos previos a la existencia de los materiales aprovechables y disponibles del medio natural e industrial, tan sólo los consideramos como tal justo antes de su aprovechamiento antropológico. De tal forma el Diagrama general del ciclo de los materiales (Figura 4) que a continuación se presenta, en el extremo izquierdo se agrupa el medio local y en la parte inferior se observa el medio foráneo que interviene en el medio local por medio de los depósitos contaminantes que deja en él. Así mismo, en el medio local se presentan los territorios productivos y sus productos, que se desprenden en flujos indicados con flechas hacia las formas de uso que el grupo cultural practica con una, dos y hasta tres formas de uso, antes de llegar al depósito final de los residuos orgánicos o inorgánicos.

Los 6 territorios productivos que forman la cuenca de Metzabok: la Milpa, el Acahual, el Huerto de traspatio, la Laguna, las Orillas de la Laguna y la Selva. De la Selva, a través de los Rumbos de extracción, se obtienen el mayor número de recursos para las diferentes necesidades de la comunidad. En ella existen grupos de especies animales que se obtienen en la caza y que se aprovechan para alimento y para elaborar artesanías, existen especies de hongos que también se utilizan como alimento, y especies vegetales maderables y no maderables que principalmente son útiles para material de construcción, pero también son útiles para otros usos sumamente importantes como la leña. En el conjunto de especies vegetales de la Selva, las Milpas y el resto de territorios productivos, sabemos que hay especies vegetales de las cuales se pueden obtener fibras textiles o para cestería, jabón, esencias contra el veneno de las culebras, esencias que ahuyentan a los mosquitos, esencias aromáticas, tintes, resinas para cultos religiosos, fibras para objetos domésticos, etc.; sin embargo, de muchos de estos no hemos especificado las especies correspondientes, tan sólo se nombran para mostrar los aprovechamientos y las relaciones simbióticas establecidas entre especies y territorios productivos. Sin embargo, de los recursos vegetales maderables y no maderables, principalmente relacionados a los materiales de construcción, si hemos realizado el desarrollo del ciclo de sus materiales que no solamente son utilizados por el grupo humano, sino también cumplen funciones alimenticias o estratégicas en el conjunto de especies de los demás territorios productivos del ecosistema.

El **Bari**, se utiliza para hacer cayucos, tiene un sólo uso y cuando ya no es útil se quema. Así mismo, también es útil para material de construcción en donde puede llegar a tener hasta dos formas de uso y al final se quema.

El **Bayo** es un producto que se aprovecha internamente en los territorios productivos ya que se utiliza para fertilizante e insecticida en las Milpas. Así mismo también es útil para material de construcción y después se quema. El **Canshán** se usa para leña y para material de construcción con hasta dos formas de uso; ambos terminan en quema o biomasa para cocción. La **Caoba** se utiliza para elaborar cayucos y remos, también para objetos domésticos y material de construcción. En los dos primeros casos tiene un sólo uso pero para material de construcción hasta dos; pero en todos los casos se quemar. El **Cedrillo** se utiliza para elaborar objetos religiosos y domésticos, así como también para material de construcción; en los dos primeros tiene una forma de uso y en el último hasta dos, pero en todos los casos se quema. El **Chicle** se utiliza para elaborar herramientas para la Milpa, objetos domésticos, artesanías y piezas maderadas para material de construcción; así mismo, sus frutos se consumen como alimento por animales del mismo medio local o por el grupo humano. En todos los casos tiene un solo uso, excepto en las herramientas para la Milpa y los materiales de construcción, en donde suelen ser aprovechados hasta por dos usos; pero todos terminan en quema.

El **Hormiguillo** es útil para material de construcción, pero aparentemente para ninguna otro uso, tiene hasta dos formas de uso y termina en la quema. El Zopo es el último de las especies arbóreas que se produce exclusivamente en los territorios de la selva, y se aprovecha para material de construcción, con hasta dos formas de uso y termina en quema.

Y finalmente, del territorio productivo de la selva para material de construcción se utiliza el Guatapil para material de construcción, y para alimento humano el Chapay.

Todas las especies anteriormente mencionadas se reproducen en la selva madura exclusivamente.

El **Frijolillo** es una especie que se reproduce en la selva madura pero también en los Acahuals. Esta especie al igual que el Bayo se utiliza internamente en los territorios productivos ya que su fruto es un alimento importante para varias especies de aves, y fuera de los territorios productivos se aprovecha para leña y para material de construcción, teniendo para el primero una forma de uso y para el segundo hasta dos, pero ambos terminan en quema.

Existe un grupo de recursos que se pueden obtener indistintamente de varios territorios productivos. Entre ellas está el Tah, el Corcho, el Carrizo y el Sac chei chaka, que como recordarán son especies propias de los estados sucesionales consecutivos al abandono de las milpas, pero también se pueden encontrar en los manchones de selva madura recientemente alterados y hasta en los alrededores de las viviendas, en los Huertos de traspatio. El **Tah** se utiliza para material de construcción, con hasta dos formas de uso y también se aprovecha para elaborar fibras para amarre o para hilos vegetales para elaborar hamacas. En todos los casos, los restos y desechos pueden quemarse cuando ya no son útiles. El **Corcho** y el **Sac chei chaka** sirven para los mismos usos que el Tah; se aprovecha para material de construcción, o de sus fibras se hacen cesterías o se obtienen fibras más finas para mecate de amarre o hilos para elaborar hamacas. En todos los casos sólo el material de construcción se utiliza hasta para dos formas de uso y el resto solo una, pero cuando todos dejan de ser útiles se pueden quemar. El **Carrizo** se utiliza para material de construcción y para elaborar artesanías, pero ambos materiales cuando ya no son útiles se quemar.

De las Orillas de la Laguna se obtiene una especie vegetal maderable, el **Tintal** que se utiliza para material de construcción, para leña y para tinte o pintura de objetos domésticos y artesanías. En todos los casos, los residuos se quemar y regresarán rápidamente al medio ambiente local. De la laguna se utiliza el agua y materiales pétreos para la construcción y muchas especies animales para el consumo alimenticio humano. Y del Huerto de traspatio y la Milpa se utilizan recursos para alimento, medicamentos, objetos domésticos y artesanías.

Todos los productos que terminan en quema, producen cenizas que los habitantes de Metzabok, estratégicamente aprovechan en la neutralización de las excretas del sistema de defecación al aire libre que practican buena parte de las viviendas; o bien, se mezclan con los residuos orgánicos domésticos, en donde también ayudan a la neutralización y la rápida degradación de la materia y su retorno al medio local. De tal forma, 13 de los 19 usos identificados en el diagrama en el medio local de los 6 territorios productivos terminan su ciclo siendo quemados o utilizados como biomasa para la cocción. El residuo de los últimos aprovechamientos: las cenizas, se mezclan con los residuos del resto de aprovechamientos de los territorios productivos por los depredadores mayores, es decir, los consumos alimenticios de los seres humanos y desechados a través de las excretas.

Ambos desechos orgánicos de esta forma regresan rápidamente al medio local, reinsertándose en sistema biótico, en los alrededores de las viviendas y los Huertos de traspatio.

En el medio foráneo ya sabemos que los materiales provienen de un proceso productivo muy extenso, por lo que partimos de su aparición en el medio local, cuando los habitantes de la comunidad los han adquirido o bien, los proyectos de apoyos gubernamentales o de cooperación internacional se los han llevado. El ciclo de materiales que a partir de ello los productos realizan no es muy complejo y simplemente tratamos de resaltar los momentos en los que se relaciona con el medio local.

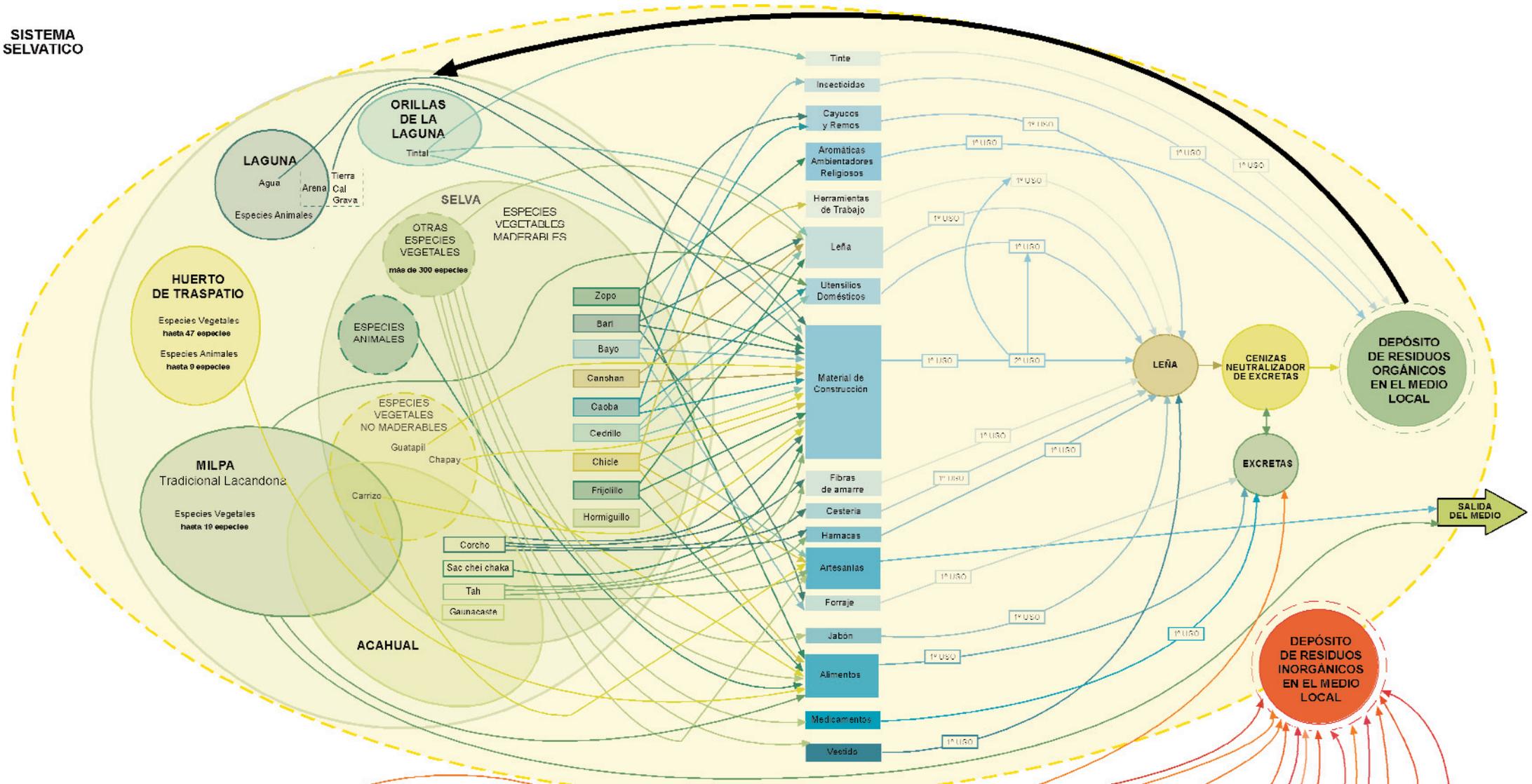
En el caso de los materiales de construcción, algunos se mezclan con el agua y los materiales pétreos del medio local, como es el caso de las mezclas de cemento para los muros, pisos, vigas y columnas de las viviendas. Sin embargo, también se utilizan productos como lámina galvanizada, lámina de asbesto, clavos, bloque de cemento, ladrillos, tuberías de PVC, tuberías de cobre, tuberías de cemento y tuberías de acero y todas las herramientas implicadas para su instalación o colocación. Para todos estos casos existe una sola forma de uso y los residuos se convierten en un depósito permanente con el que se vincula el medio foráneo con el local negativamente, arrojándole los residuos que su propio sistema industrializado no ha sabido ni quiere absorber. Lo mismo pasa con el mobiliario público, los medios de transporte, las herramientas, los electrodomésticos y los aparatos de telecomunicaciones; y en donde para todos los casos, se incluyen las envolturas de materiales inorgánicos de los productos comercializados.

El resto de materiales se vinculan hasta en dos puntos con el medio local. Con respecto a los objetos domésticos ya sean utensilios de limpieza, herramientas de trabajo, útiles escolares, vestido, objetos para el aislamiento y cobijo, combustibles fósiles; son utilizados en una sola forma de uso, aunque en algunos casos por lapsos de tiempo más largos que los acostumbrados en un sistema urbano, donde la oferta de mercado orilla a los consumidores a renovar los objetos y a ignorar cualquier otro tipo de reaprovechamiento. El punto en el que se vincula con el medio local es por medio de los residuos, entre los cuales algunos pueden ser quemados y otros no, por lo que permanecerán como depósitos contaminantes en el medio. Los alimentos y medicamentos envasados, como son ingeridos por las personas, parte de sus residuos se van en las excretas y se insertan rápidamente en el medio gracias al sistema de

defecación que mezcla los desechos con las cenizas del fogón o del resto de quemas para la degradación de los residuos orgánicos, sin embargo, en algunos casos a través de las excretas los medicamentos pueden desprender materiales contaminantes para el medio local. El resto de residuos de las envolturas y los envases, los de cartón y papel pueden ser quemados, inclusive los de plástico pero los de metal no. Los de vidrio pueden ser triturados, pero a partir de ciertas cantidades significarían también un depósito contaminante. Y por último, los fertilizantes e insecticidas industrializados, tienen dos puntos de relación con el medio local, el primero al ser desparramados en la superficie de los territorios productivos, afectan contaminando las características del suelo y a las especies vegetales y animales que crecen en su superficie y los mantos acuíferos superficiales y subterráneos. Y el otro punto de relación contaminante con el medio local se lleva a cabo por los residuos de los envases y envolturas para su comercialización.

En resumen, de los 31 usos identificados en el ciclo de los materiales de la comunidad de Metzabok, el 63 % proviene del medio local y el resto del medio foráneo. En los 19 usos del medio local, 18 retornan rápidamente al medio, por sus características orgánicas y por las estrategias de aceleración de la degradación de las excretas con el reaprovechamiento de las cenizas para su neutralización. De tal forma, 10 de los usos del medio local terminan quemados para la biomasa de cocción de alimentos, 3 en excretas y 5 directamente degradados en los depositado de residuos orgánicos en el medio. Mientras que los 12 usos del medio foráneo terminan, casi sin degradación alguna, en depósitos contaminantes ubicados en el medio local.

**SISTEMA SELVÁTICO**



**SISTEMA INDUSTRIAL**

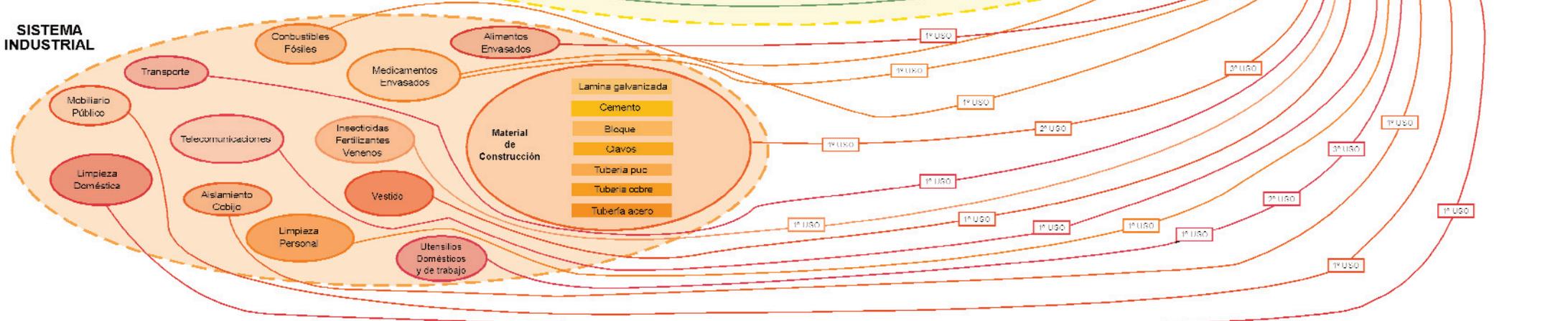


Diagrama general del Ciclo de los Materiales

#### 4.3.3.- Diagrama del ciclo de los materiales con flujos y depósitos anuales aproximados.

El tercer diagrama es el estado más completo de información del análisis del ciclo de los materiales utilizados en la comunidad de Metzabok que hemos generado. Prácticamente incluye los mismos elementos que el diagrama general anteriormente descrito, pero se complementa con los depósitos iniciales de las especies vegetales maderables disponibles del medio selvático y los flujos anuales que se desprenden de estos mismos materiales para satisfacer las necesidades de la comunidad. Evidentemente los flujos anuales que hemos calculado inicialmente son para material de construcción de las 16 viviendas de Metzabok, pero en los casos en que la especie también sea útil para leña, se ha aproximado el flujo anual necesario para abastecer a las 16 familias; así mismo, hemos calculado los flujos de materiales que se dirigen a los reaprovechamientos para otras formas de uso de algunas especies. En los casos de los flujos de materiales para los múltiples usos asociados a material de construcción, se expresa la cantidad utilizada para material de construcción y el porcentaje sobrante que suele emplearse para las demás formas de uso practicadas en el grupo cultural de los lacandones. Dicho flujo para los demás usos aprovechados de los sobrantes se expresa en porcentajes del árbol extraído. Así mismo, se expresa el porcentaje de material que suele ser reaprovechado para segundos o terceros usos. Y finalmente se incluyen los tipos de depósitos que se generan y la cantidad de material que permanece en ellos.

Este diagrama representa el metabolismo que se activa cada año en el sistema simbiótico entre el ecosistema selvático y el grupo humano, en el que se llevan a cabo ciertos flujos de materiales que no solamente satisface las necesidades de material de construcción de las 16 viviendas de Metzabok, sino también las demás demandas fundamentales para la vida de estas familias como la leña. A partir de los flujos y depósitos de este metabolismo podríamos determinar si el sistema puede satisfacer las demandas de los existentes, respetar los tiempos de regeneración del ecosistema y satisfacer las demandas de nuevas intervenciones arquitectónicas incluidos los aspectos interrelacionados en la vida de los habitantes de la nueva intervención.

A continuación describiremos el tercer Diagrama del ciclo de los materiales con flujos y depósitos anuales aproximados, pero antes consideramos necesario explicar la forma en que hemos aproximado dicha cuantificación.

#### Disponibilidad de individuos de las especies vegetales maderables principalmente útiles para material de construcción y leña.

Teóricamente, en el análisis del ciclo de los materiales que proponemos podríamos calcular la cantidad de material disponible que existe en los depósitos del medio local y del medio foráneo. Con ello, el análisis funcionaría como una simple balanza de masas, en el que hay una cantidad inicial depositada en los territorios productivos, de la cual cierta cantidad puede ser dispuesta para ser aprovechada y satisfacer las necesidades del grupo humano analizado. De éstos materiales disponibles se desprenderían los flujos hacia las formas de uso practicadas por la comunidad que después de los máximos aprovechamientos posibles, termina su ciclo de vida en un depósito correspondiente a la gestión realizada y a la masa inicialmente utilizada.

Sobre el número de recursos que realmente son disponibles, en el caso de las especies vegetales maderables y no maderables nos referimos a la cantidad que corresponde al número de individuos existentes en los territorios productivos accesibles menos una parte de los individuos de reserva para las necesidades futuras y menos otra parte de los individuos generadores de semillas que permitirán la regeneración del ecosistema, dividido entre el tiempo en que naturalmente estos individuos según las características de sus especies necesitan para regenerarse.

A lo largo de esta tesis aplicada a Metzabok hemos aproximado el número total de individuos de las 17 especies vegetales existentes en los territorios productivos y hemos calculado el área accesible a dichos territorios productivos, por lo que la cantidad disponible está entre el total que se reduce a los individuos accesibles. También hemos clasificado este número de individuos según el estado productivo bajo el que deben ser considerados para su gestión: los árboles madre conservados para que aporten las semillas para reproducción de nuevos individuos, los árboles jóvenes también conservados para las futuras necesidades y los árboles maduros para ser aprovechados en cierta medida que no ponga en riesgo a los demás estados reproductivos.

De tal forma, los individuos accesibles de los territorios productivos se ven reducidos a una parte de los maduros y seguramente a una parte aún menor de las Madres y de los jóvenes. Y finalmente la cantidad de madres, maduros y jóvenes debería de dividirse entre el tiempo de regeneración en que otros individuos llegarán a dicho estado productivo y mantendrán en equilibrio las existencias de las especies. Sin embargo, sobre las edades aproximadas de reproducción de cada especie no hay información comprobada ni por el ámbito de la botánica ni de la ecología, para las especies del ecosistema selvático.

El tipo de información que nos hace falta nos especificaría en cuanto tiempo un árbol de Cedrillo, por ejemplo, llega a adquirir las dimensiones de lo que hemos clasificado como un árbol joven o un maduro o una madre. También nos podría delimitar cuantos de los árboles que hemos considerado como jóvenes pueden morir en determinado lapso de tiempo, por la fuerte competencia que existe por la supervivencia en ecosistemas tan diversos y complejos como éste. Así mismo, deberíamos de conocer en que momento exacto de la vida de un árbol de cada una de las especies, se realiza la floración y el esparcimiento de sus semillas fértiles, para que éstos jamás fueran alterados y se vigilaran las plántulas que seguramente aparecerían en el territorio productivo. Y si extendemos el análisis ecológico también deberíamos de saber el tipo de especies animales de aves y roedores que cumplen la función de esparcimiento de dichas semillas o las especies vegetales que conviven con ellas y arrojan o consumen ciertos nutrientes o elementos químicos que benefician o perjudican el crecimiento de las especies que nos interesan.

Pese a esta inmensa falta de información, hemos decidido suponer unas edades a los tiempos de regeneración de las especies según el estrato arbóreo en el que predominantemente crecen para poder llevar a cabo el ejercicio académico de esta tesis. De tal forma, para los árboles de dosel hemos considerado que tardan 50 años en llegar a ser madres, 25 años para ser maduros y 12,5 para ser jóvenes, y en el caso de las especies de sotobosque hemos considerado que tardan 6 años en ser madres, 3 en ser maduros y 1,5 en ser jóvenes y no plántulas con altas probabilidades de muerte.

En la Tabla 19 que a continuación presentamos se muestra la cantidad de individuos que encontramos en las muestras vegetales realizadas en los rumbos de extracción de los territorios productivos del sistema selvático de Metzabok; según las dimensiones de las muestras hemos obtenido los individuos por hectárea, que al ser multiplicados por el total de superficie accesible de los territorio productivo nos da una cantidad "bruta" de individuos y que dependiendo de su estado reproductivo ha sido dividido entre 50, 25, 12,5 para los madres, maduros y jóvenes de dosel, respectivamente y entre 6, 3 y 1,5 para los madres, maduros y jóvenes del sotobosque. En el caso de las palmas y el Carrizo no hemos asignado tiempo de renovación aproximado.

**TABLA 17.- APROXIMACIÓN A LA CUANTIFICACIÓN DE INDIVIDUOS DISPONIBLES EN FUNCIÓN AL ESTADO ÚTIL  
DE LAS ESPECIES VEGETALES PARA MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN METZABOK.**

Tipo	N° de individuos				Individuos/ hectárea					Depósito- Territorio productivo				Tasa de producción anual						
	RE	A			OL	RE	A			OL	RE	A			OL	RE	A			OL
	SVM	ABL	ABM	ABC	VH	SVM	ABL	ABM	ABC	OL	SVM	ABL	ABM	ABC	VH	SVM	ABL	ABM	ABC	VH
					1,21 ha.	0,03 ha.	0,02 ha.	0,033 ha.	0,04 ha.	7,59 ha.	1,17 ha.*	1,17 ha.*	0,19 ha.*	0,47 ha.*						
D M	62	1	0	0	0	51,23	33	0	0	0	388,8	38,61	0	0	0	7,77	0,77	0	0	0
m	37	0	0	0	0	30,57	0	0	0	0	232	0	0	0	0	9,28	0	0	0	0
j	51	0	27	0	0	42,14	0	1300	0	0	319,8	0	1580	0	0	25,58	0	126,4	0	0
<b>Suma</b>	<b>150</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>124</b>	<b>33</b>	<b>1350</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>941</b>	<b>38,6</b>	<b>1580</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>42,6</b>	<b>0,77</b>	<b>126</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Sb M	11	28	0	1	20	9,09	933,3	0	30,3	500	68,99	1092	0	5,75	235	11,49	182	0	0,95	39,16
m	9	0	0	11	3	7,43	0	0	333,3	75	56,39	0	0	63,32	35,25	18,79	0	0	21,1	11,75
j	1	0	0	10	1	0,82	0	0	303	25	6,22	0	0	57,57	11,75	4,14	0	0	38,38	7,83
<b>Suma</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>17,3</b>	<b>933</b>	<b>0</b>	<b>667</b>	<b>600</b>	<b>132</b>	<b>1092</b>	<b>0</b>	<b>127</b>	<b>282</b>	<b>34,4</b>	<b>182</b>	<b>0</b>	<b>60,4</b>	<b>58,7</b>
EH	201	0	0	7	0	166,1	0	0	212,1	0	1261	0	0	40,29	0					
<b>Total</b>	<b>372</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>307,4</b>	<b>966,3</b>	<b>1350</b>	<b>878,8</b>	<b>600</b>	<b>2333</b>	<b>1131</b>	<b>1580</b>	<b>166,9</b>	<b>282</b>					

Leyenda:

D.- Dosel, Sb.- Sotobosque, EH.- Estrato herbáceo de palmas y Carrizos, M.- Madre, m.- Maduro, j.- Joven.

SVM.- selva de vegetación madura, RE.- rumbos de extracción, A.- Acahual, ABL.- acahual de barbecho largo, ABM.- acahual de barbecho medio,

ABC.- acahual de barbecho corto, OL.- Orillas de la Laguna, VH.- Vegetación Hidrófita.

\* Datos del Sistema de Monitoreo Ambiental de la Selva Lacandona de Conservación Internacional, A.C.

Edad supuesta de renovación Dosel: M= 50 años, m= 25 años, j= 12,5 años.

Edad supuesta de renovación Sotobosque: M= 6 años, m= 3 años, j= 1,5 año.

Si realizáramos una gestión equilibrada de estos recursos disponibles, utilizaríamos sólo una parte de las madres, otra de los maduros y otra de los jóvenes. Y no solamente considerando las necesidades de material de construcción, sino también las de leña, las de utensilios domésticos, herramientas, cesterías, artesanías, forraje, etc.

En el caso de la distribución de árboles disponibles para material de construcción y leña hemos realizado una cuantificación que abastecería la demanda de leña ya que esta forma de uso aparentemente es la más significativa entre todas las formas de uso de las viviendas y las familias de la comunidad de Metzabok. Evidentemente, no entra en los objetivos de esta tesis la comprobación sobre si la demanda de leña es realmente la más significativa entre las necesidades de estas comunidades; sin embargo, los datos se presentan complementariamente para el desarrollo del análisis del ciclo de los materiales de construcción que indirectamente están estrechamente relacionados a la leña, a los utensilios domésticos, a las herramientas, a la cestería, las fibras de amarre, etc.

En los siguientes esquemas se especifica la disponibilidad de árboles madres, maduros y jóvenes de las especies asociadas para material de construcción y leña, es decir, del Bari, el Canshán, el Frijolillo, el Cedrillo y el Tintal. Primero se expresa el número de individuos encontrados en las muestras, después se aplican las multiplicaciones y divisiones del territorio productivo, área muestra y tiempo de regeneración supuesto, para finalmente obtener la cantidad de árboles disponibles.

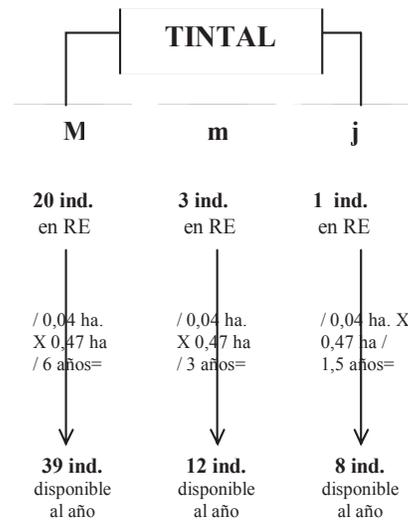
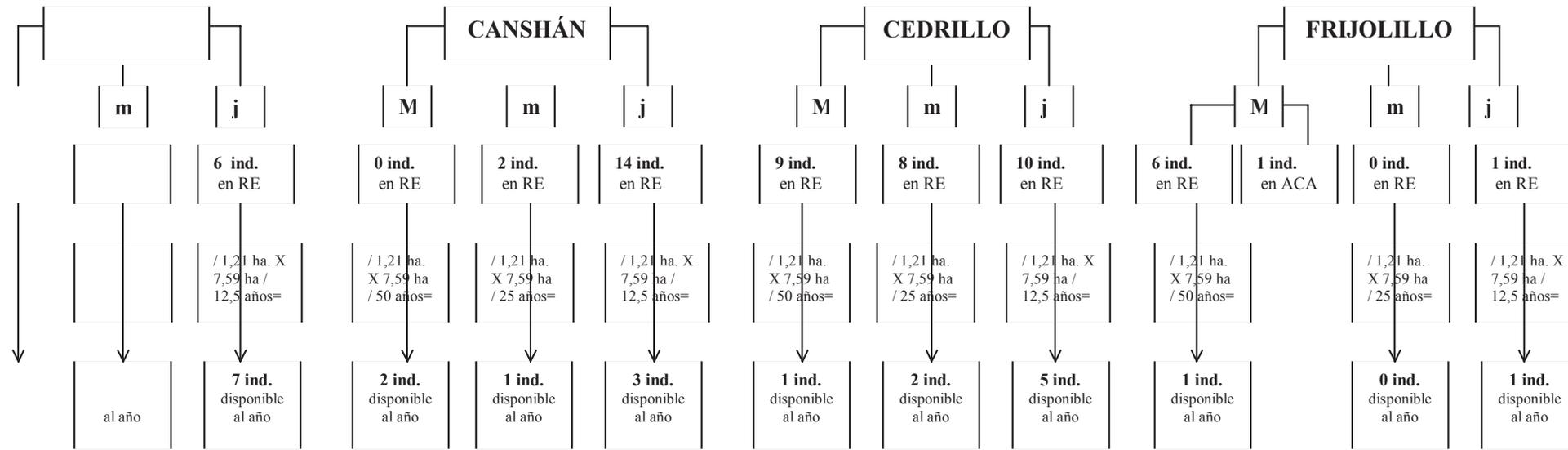
Posteriormente, a partir de la demanda de leña al año que hemos investigado para las 16 familias de Metzabok y en función de la cantidad de material o leños que hemos aproximado que se obtienen de cada tipo de árbol del dosel o sotobosque<sup>17</sup>, hemos calculado la cantidad de árboles que se necesitarían para satisfacer la parte de la demanda que le corresponde a las 5 especies analizadas, del conjunto de 32 que se han identificado como buenas para leña entre las demás comunidades lacandonas de la selva.

El resultado de esta cuantificación indica que para satisfacer la demanda de leña de las 16 familias que actualmente viven en Metzabok se necesitan 1,2 árboles madre del dosel, 2 árboles maduros y 5,4 árboles jóvenes. Y las proporciones correspondientes con respecto a las existencias actuales de los árboles disponibles son una tercera parte de las madres y jóvenes y la mitad de los maduros. Así mismo del sotobosque se necesitarían 13 árboles madre y 6 maduros, que corresponderían a la tercera parte de los existentes y disponibles de los árboles madre y la mitad de los maduros.

---

<sup>17</sup> Para más detalles metodológicos consultar el punto AM2-5 del Apéndice Metodológico 2.

TABLA 18.- DISPONIBILIDAD DE ESPECIES VEGETALES MADERABLES ÚTILES PARA LEÑA Y MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.



**Demanda de LEÑA**  
 32 especies vegetales = 200 000 leños  
 5 especies vegetales = 31 250 leños.

Cantidad de material aprovechable por árbol	
DOSEL	SOTOBOSQUE
1 M = 13 696 leños	1 M = 573 leños
1 m = 2 850 leños	1 m = 47 leños
1 j = 262 leños	

Si en el dosel hay 4 árboles Madre y disponemos aproximadamente de <b>una tercera parte</b> , de 1,2 árboles obtendríamos 16 435,2 leños al año.	→	16 435,2 leños al año.
Si en el dosel hay 4 árboles maduros y disponemos de <b>la mitad</b> , de 2 árboles obtendríamos 5 700 leños al año.	→	5 700 leños al año.
Si en el dosel hay 16 árboles jóvenes y disponemos aproximadamente de <b>una tercera parte</b> , De 5,4 árboles obtendríamos 1 414,8 leños al año.	→	1 414,8 leños al año.
Si en el sotobosque hay 39 árboles Madre y disponemos de <b>una tercera parte</b> , De 13 árboles obtendríamos 7 449 leños al año.	→	7 449 leños al año.
Si en el sotobosque hay 12 árboles maduros y disponemos de <b>la mitad</b> , De 6 árboles obtendríamos 282 leños.	→	282 leños al año.
		<b>31 281</b> leños al año.

## Resultados numéricos del Diagrama del ciclo de los materiales con flujos y depósitos anuales.

Realizada estas explicaciones previas, el Diagrama del ciclo de los materiales con flujos y depósitos anuales aproximados se explica de la siguiente manera. En el medio local están agrupados los depósitos de materiales de los 6 territorios productivos que configuran al sistema selvático. A partir de ellos se desprenden unos flujos anuales que resultan de la demanda estimada para las 16 viviendas de Metzabok y el tiempo de durabilidad del material empleado, el cual es, para los árboles de dosel de 50 años y para los de sotobosque de 10. Pasados estos periodos de tiempo se calcula que las piezas tienen que ser substituidas por otras nuevas. De estos mismos flujos también se desprenden otros relativos a las otras formas de uso y a las segundas o terceras reutilizaciones, los cuales se expresan en porcentajes sobre la cantidad del flujo anual destinado para ello, a partir de las prácticas identificadas en la comunidad.

Entre las especies que se dan exclusivamente en la selva hay un subgrupo que son útiles para material de construcción y leña. Estas especies son extraídas para leña de forma indistinta ya que todas pueden ser aprovechadas igualmente para este uso. Entre ellas está el Canshán, el Bari, el Frijolillo y el Cedrillo. Así mismo, el **Tintal** que se reproduce exclusivamente en las Orillas de la laguna pertenece a estas especies útiles para leña. El depósito de árboles del dosel que suman estas especies es de 4 árboles madre, 4 árboles maduros y 16 jóvenes. Y de la especie de sotobosque hay un depósito de 39 árboles madre, 12 maduros y 8 jóvenes. El flujo de materiales que anualmente se lleva a cabo de este grupo de especies indistintamente, es de 1,2 árboles madres del dosel, 2 árboles maduros del dosel, 5,4 árboles jóvenes del dosel, 13 árboles madre de sotobosque y 6 árboles maduros igualmente del sotobosque.

La disposición de los individuos de este grupo de especies buenas para leña y material de construcción, principalmente, también debe abastecer las necesidades de construcción. Mismas que hasta la fecha han ocurrido con un flujo de 0,2 árboles maduros al año de **Canshán** y reutilizado el 2,6 % de este material para un segundo uso en la construcción y el 74,1 % para leña.

Del **Cedrillo** ha habido un flujo de 0,12 árboles al año y reutilizado el 2,6 % para utensilios domésticos, el 0,16 % para leña, el 2,6 % para segundos usos de la construcción y 2,6 % para herramientas de trabajo.

Del **Bari** ha habido un flujo de materiales equivalente a 0,02 árboles maduros de dosel para los materiales de construcción y reutilizado el 92 % del material para la elaboración de cayucos y remos.

Y del **Frijolillo** se ha generado un flujo de 0,04 árboles maduros al año sin aparentes reutilizaciones, pero que como es una especie preferida para leña, pudiera aprovecharse para ello.

En el resto de especies vegetales maderables de la selva pero que no son útiles para leña, están el Zopo, el Chicle, el Bayo, la Caoba, el Hormiguillo y el Corcho. En el caso del **Zopo** hay un depósito de 1 árbol madre, 0 maduros y 1 joven. La disponibilidad de maduros se encuentra desequilibrada, y no sería capaz de soportar ni la demanda que hasta la fecha se ha realizado de ella para alimento, aromatizador y material de construcción; siendo que en esta última forma de uso ha sido utilizada con un flujo de 0,06 árboles maduros al año.

En el caso del **Chicle** actualmente hay un depósito de 2 árboles madre, 4 maduros y 9 jóvenes. El flujo de materiales que se ha utilizado de ella ha sido de 0,2 árboles maduros al año, por lo que si se duplicara la población de la comunidad podría soportarse la extracción de dichos recursos. Y simultáneamente al aprovechamiento para material de construcción, el sobrante de material podría ser utilizado en un 77,6 % para la elaboración de herramientas de trabajo. Y finalmente al terminar su vida útil los residuos de estos materiales se quemarían y regresarían directamente al medio natural local.

En el caso del **Bayo**, existe un depósito de 6 árboles madre, 19 maduros y 4 jóvenes. El flujo de materiales que se ha utilizado para material de construcción ha sido de 16,4 árboles maduros al año, a lo largo de los 50 años de vida del asentamiento. La disponibilidad de recursos permitiría realizar los demás extracciones para las otras formas de uso de insecticida y forraje, identificadas en las demás comunidades lacandonas de la región. En todos los casos, cuando los materiales terminen su ciclo de vida serán quemados y retornados al medio natural.

De la **Caoba** hay un depósito muy escaso de individuos, siendo 0 madres, 0 maduros y 1 joven. El flujo de materiales de esta especie que se ha llevado a cabo en las viviendas de la comunidad ha sido de 0,16 árboles maduros al año. Afortunadamente, las extracciones para material de construcción se realizan esporádicamente en ciertos momentos en la vida de la comunidad, por lo que los depósitos sobreexplotados podrían tomar tiempo para restablecerse; sólo a partir de dicho momento podría volver a disponerse de un árbol de esta especie y reaprovechar los materiales sobrantes en un 10,77 % para utensilios domésticos y 2,1 % para elaboración de herramientas de trabajo. Sin embargo, de la cantidad de depósitos actuales no podría edificarse ni una casa con este material, ni se realizaría ningún objeto doméstico, ni cayuco ni remo.

En el caso del **Hormiguillo** también hay depósitos poco abundantes o posiblemente sobreexplotados, de tal forma que hay 0 madres, 1 maduro y 0 jóvenes. Aún así, este depósito sería suficiente para satisfacer la demanda que de esta especie se ha generado durante los 50 años del asentamiento. Y sobre todo porque la demanda de material de construcción no tiene que dividirse entre las de otras formas de uso, ya que el Hormiguillo que no tiene multiplicidad de usos. El flujo anual calculado para material de construcción ha sido de 0,04 árboles maduros que no tiene reutilizaciones ni segundas usos y cuando termine su vida útil los habitantes de Metzabok lo quemarán y por medio de sus cenizas facilitarán el rápido retorno de los residuos orgánicos al medio natural local.

El siguiente grupo de especies son 3 especies de sotobosque se reproducen indistintamente en la Selva o en los Acahuales; estas especies son el Corcho, el Sac chei chaka y el Tah. Debido a las dimensiones de estos arbustos o árboles pequeños, cuando se extrae algún individuo para material de construcción no suelen quedar sobrantes para otras formas de uso. Generalmente cuando se requiere material de construcción se extrae justo el que se necesita para ello y lo mismo cuando se requieren fibras de amarre o para hacer cesterías. El depósito existente el Corcho en los Acahuales es de 142 madres, 10 maduros y 0 jóvenes y en la Selva sólo hay 2 jóvenes. Estos 10 árboles maduros serían insuficientes para satisfacer la demanda de material de construcción e igualmente para las demás formas de uso como la cestería, las fibras de amarre y las hamacas; pero de los cuales no conocemos las cantidades ni las formas de aprovechamiento. El flujo anual estimado para material de construcción ha sido de 36 árboles maduros que tienen una durabilidad de 10 años.

En el caso del **Tah**, también útil para obtener fibras de amarre, hamacas y artesanías, hay un depósito en los Acahuales de 5 madres, 60 maduros y 60 jóvenes y en la selva de 3 madres. En este caso el flujo de 7,8 árboles maduros al año si puede ser satisfecho y seguramente para las relativas a las demás formas de uso. Para este tipo de árboles no hemos identificado segundas o terceras reutilizaciones y en cuanto el material termine su ciclo de vida será quemado y retornado al medio natural.

Para el **Sac chei chaka** se ha calculado un depósito de 0 madres, 40 maduros y 142 jóvenes. Los flujos anuales han sido de 18,5 árboles maduros por lo que fácilmente se podría satisfacer nuevas intervenciones arquitectónicas con estos materiales de construcción. Y además porque no hemos identificado otras formas de uso para esta especie por lo que la disponibilidad de materiales no se vería limitada o determinada por la multiplicidad de usos.

Del resto de territorios productivos del sistema selvático se pueden obtener en la Laguna el **agua** y la **arena** que se interrelacionan con los materiales foráneos para realizar la mezcla de cemento que se utiliza en los pisos, vigas, columnas y uniones de los bloques de cemento de los muros. Así mismo, la **cal** y la **grava** ubicados en los alrededores de las viviendas y los Huertos de traspatio. Estos materiales al formar la mezcla del cemento adquieren la durabilidad de 100 años, aunque cuando termine su vida útil permanecerán en el medio como depósitos contaminantes.

Del Huerto de traspatio también se obtiene tierra mejorada para los pisos al interior de los habitáculos, pero en este caso no habrá reaprovechamientos ni residuos ya que directamente se reintegra el material al medio ambiente.

El conjunto de materiales que provienen del medio foráneo, entran en contacto con el medio local a través del uso exclusivo para el que estos materiales fueron creados y también a través del depósito contaminante que se queda en el medio local ya que no existen sistemas de gestión adecuados para estos materiales ajenos a la comunidad. En el gráfico hemos especificado el flujo anual de material de construcción para la **lámina galvanizada, la mezcla de cemento y los bloques de cemento**.

Sólo en el caso de la lámina se practican reaprovechamientos de segundo uso y hasta tercer uso, para las cubiertas de los habitáculos de menos importancia y para las casas de pollos del Huerto de traspatio. El flujo de material reutilizado se indica con porcentajes a partir del flujo inicial y que al final de su máximo reaprovechamiento en su vida útil termina depositado en el medio local de forma contaminante.

