

**GUSTAVO FERNÁNDEZ PROTOMASTRO**

Estrategias para involucrar a los gobiernos, productores y usuarios en el manejo sustentable de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) con el objeto de transformarlos en insumos de nuevos procesos productivos y minimizar la contaminación ambiental

# MINERÍA URBANA Y LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS



**EDICIONES ISALUD**



# 1 Hacia una Era Electrónica-Digital sostenible

Las metáforas nos sirven para armar modelos mentales que nos ayudan a entender dónde estamos parados, hacia dónde vamos y cómo analizar la realidad. En tal sentido, podemos considerar a la Tierra como una nave espacial en donde no sólo los recursos naturales son limitados sino que, también, ya estamos alcanzando la capacidad de carga en cuanto a la posibilidad de absorber y procesar todos nuestros desechos y excedentes en los flujos de materia o energía.

Con la Nave-Espacial-Tierra podemos hacer de todo, menos evitar las consecuencias de nuestros actos. Quiero decir, que no podemos ignorar los impactos que le producimos tanto por la extracción de sus recursos escasos -o ya sobre-explotados, ni barrer bajo la alfombra los desechos que arrojamamos al final del caño de nuestro consumo “cambalache”. Parafraseando la letra del tango del genial Santos Discépolo, nuestra huella ecológica sobre el Planeta Tierra se ha tornado “*problemática y febril*”. Y desde el marketing del consumo incentivamos a ir a más, total: “*dale nomás, dale que va, que allá en el horno nos vamos a encontrar*”.

En este libro invito a debatir, desde la gestión de los residuos electrónicos y la minería urbana, un modelo de desarrollo sostenible con inclusión social, equidad, crecimiento económico y protección ambiental. Nuestra Economía depende tanto del conocimiento como del uso de recursos y energía, cuyo consumo genera desechos, emisiones, vertidos y pasivos ambientales. Es la hora de comenzar un cambio de modelo productivo y de consumo que nos lleven a hacer un planeta que pueda sostener a más gente, que vive más años y consume más recursos.

Tanto la ecología como economía comparten en su raíz etimológica la palabra griega “oikos”, que significa **casa**. Mientras que la ecología (*oikos* + *logos*) se especializa en el conocimiento de la “casa o Nave-Espacial-Tierra”; la economía (*oikos* + *nomos*) nuclea a todas las disciplinas para su administración de los bienes y servicios que produce el Hombre. En el recorrido de las páginas buscaré integrar el conocimiento ecológico -extendido al proveniente de las ciencias ambientales o ciencias de la Tierra-, con las herramientas de la administración estratégica, la innovación tecnológica, el derecho ambiental y la economía política, en todo lo referido al manejo sostenible de los aparatos de la Era Electrónica-Digital, pero extensible a cualquier tipo de consumo de bienes y servicios.

La revolución del desarrollo sostenible que propongo, requiere héroes cotidianos, rutinarios en cuanto a buenas prácticas ambientales, decididos a invertir en futuro y conscientes del impacto de nuestra huella ecológica. Tenemos convencer que separar las basura electrónica del resto de los residuos y llevarlos a un Centro Verde es tan heroico como evitar la tala del Amazonas a la matanzas de focas. Muchas veces, sentimos que estamos lejos de los héroes ecológicos, pero el gran cambio a favor de la Nave Espacial Tierra vendrá de la mano de “cerradores de canillas”, “apagadores de luces”, “plantadores de verde”, “ciclistas y peatones”, “separadores de basura”, “reparados de equipos” o “entregadores de RAEE al final de su ciclo de vida en Centros Verdes”.

Me queda claro que los héroes que busco tienen poco *sex-appeal*, pero pueden seducir con actos simples, rutinarios e inteligentes a favor del Planeta. Tampoco tiene gran atractivo mediático la mayor parte de los temas que abordaré en éste libro, como ser el análisis de las políticas, normas jurídicas, marcos conceptuales, procedimientos, sistemas integrados de gestión, logística reversa, buenas prácticas ambientales, valorización de residuos, refinado de metales y todas aquellas herramientas que permitan hacer más sostenibles el conjunto de procesos o acciones involucrados en la gestión de los RAEE. Sin embargo, tengo la convicción de que en la superación un modelo económico basado en la (sobre)-explotación de los recursos naturales y el “útese y descártese”; por otro, que adopte el desarrollo sostenible con equidad social. En esto, , se nos va la vida.

La Era Electrónica-Digital llegó para transformar nuestra forma de vivir. Y ha impactado, no sólo en el modo de comunicarnos sino que, también en el cómo, cuándo y dónde nos relacionamos, educamos, trabajamos y hasta en el uso de nuestro tiempo libre. Esta Era está caracterizada por su evolución frenética tanto en el *software* (programas y soporte lógico) como el *hardware* (aparatos y dispositivos).

Vivimos en permanente evolución tecnológica y del marco conceptual mediante el cual nos vinculamos con el otro. A diario vamos cambiando los dispositivos, herramientas, los procesos, procedimientos y la conectividad que usamos para desarrollar nuestras actividades. A la “democratización y universalización” del consumo de Aparatos Eléctricos y Electrónicos se le agrega la vertiginosa Ley de Moore, que expresa que, aproximadamente, cada 2 años se duplica el número de transistores en un circuito integrado, y por ende su capacidad de procesamiento de datos. Mientras que nos parece que el cuerpo humano llegó al “fin de la historia” de su tiempo evolutivo, la Era Electrónica vive en una revolución permanente que no nos da respiro.

Pero, es importante tener en cuenta que los transistores o “neuronas de silicio” son la resultante del uso intensivo del conocimiento más desarrollo (I+D) sumados a l uso de materias primas y materiales de síntesis. Ahí está la clave del desarrollo sostenible futuro, ya que no sólo dependerá de la expansión sin límites del conocimiento, sino que también de la adopción de buenas prácticas ambientales. Éste conflicto entre el crecimiento del saber y la disponibilidad del recursos naturales y energía, válido para cualquier actividad económica, será el dilema que debemos resolver a través de los modelos e ideas que dan fundamentos al desarrollo sostenible y que, humildemente, intento debatir en éste libro.

Los aparatos y dispositivos electrónicos son manufacturadas a partir de una combinación de dispositivos electro-mecánicos o plaquetas con sus “neuronas de silicio” que operan gracias a la electricidad o campos magnéticos. Pero son el resultado también del ensamblaje de un conjunto de diversas piezas o estructuras como ser gabinetes, cables, conectores, coolers, compresores, motores u otras piezas, partes o consumibles. Es decir, mediante el uso intensivo de materias primas como ser plásticos, polímeros, metales ferrosos y no ferrosos, metales preciosos, tierras raras, sílice, vidrio y otros compuestos complejos.

A lo largo del ciclo de vida de los Aparatos Electrónicos, desde la obtención de la materia prima, su transformación, manufactura, distribución, venta, uso, servicios posventa y el manejo de todos sus desechos, éstos dispositivos impactan en la Nave-Espacial-Tierra. Consideremos por ejemplo a un teléfono celular, con un peso promedio de 130 gramos. Según el Instituto Federal Suizo de Ciencias de los Materiales (EMPA) la “huella ecológica” de ese teléfono le repercute a la Tierra en el consumo de miles de kilogramos de minerales o petróleo, así como otros tantos miles de litros de agua y decenas de metros cúbicos de aire.

La explotación de los recursos naturales primarios (minería y sus refinerías, la producción de petróleo y gas, la producción de fibras-celulosa) para el desarrollo de la Era Electrónica-Digital hoy se ve complementada con una nueva fuente de insumos o materias primas. Hablamos del reciclado y recupero de materiales posindustriales o pos-consumo. Estos son los desechos de la producción o el consumo que se vuelven a utilizar como materias primas. Algunos como las fibras o plásticos tienen usos limitados. Otros, como los metales, pueden reutilizarse indefinidamente.

La industria del recupero-reciclado posindustrial y pos-consumo, como fuente renovable de materias primas, ya ha logrado su desarrollo en otras latitudes mediante la implementación de regulaciones, normativas, políticas, buenas prácticas, financiamiento de investigaciones, incentivos e impulsos económicos. El recupero y reciclado del hierro, cobre, aluminio, plomo y plásticos le está permitiendo a algunos países hacer frente a la **escasez o a los costos crecientes** de algunos de los recursos naturales y materias primas estratégicas. Algunos países ya han montado cadenas de valor para nutrir a sus economías con desechos.

### **1.1 Tirando oro a la basura: “la minería inversa”**

En este libro planteo cómo gestionar los impactos ambientales de la Era Electrónica-Digital, más allá de la evolución en el conocimiento y la evolución de los programas lógicos del *software* y la era digital. El tema es cómo seguimos abasteciendo a la Era Electrónica cuando algunas prospecciones mineras indican un agotamiento de ciertos metales y sobre la escases en su disponibilidad futura. Inclusive cuando se dan movidas geopolíticas y algunos conflictos que han llegado incluso a tensar relaciones entre potencias (entre Japón, EEUU y China por las tierras raras y diversos metales críticos).

En tal sentido, la aceleración en la demanda junto con la democratización en el consumo de los recursos naturales, están llevando a que:

- a) Tiendan a agotarse por el crecimiento exponencial del lado de la demanda; por una economía global basada en una modalidad de las dualidades consumo-desecho y de use-tire; así como en explotaciones insostenibles, de ciclo abierto e ineficiente.
- b) Enfrenten costos de extracción primaria (mayoritariamente basada en la minería e industria petrolera) que ya se alcanzado sus los límites en cuanto a disponibilidad de recursos o el acceso a los yacimientos.

- c) Sufran los incrementos en cuanto a la generación riesgos (tecnológicos, financieros, económicos y ecológicos) así como la conflictividad social del entorno de dichos proyectos.
- d) Se generen importantes impactos y pasivos ambientales a lo largo de su ciclo de vida desde su producción primaria.
- e) Y que, considerando como ejemplo la “huella ecológica” de una roca aurífera con, pongamos por caso, una ley aceptable de oro de 10 ppm (partes por millón o gramos por tonelada), implica que por cada 10 gramos de oro puro extraído, desecharemos 999.990 de gramos de roca ácida lixiviada con cianuro; a lo cual hay que sumar todos los consumos de m<sup>3</sup> de agua, kW de energía y otros recursos, así como la generación de residuos en los ciclos concatenados de industrialización, distribución, comercialización, uso y disposición final.

Cuando tiramos un celular, un electrodoméstico o una pila al tacho de basura, todo lo que esté dentro de la bolsa de los residuos domiciliarios es recolectado por el camión del “servicio de recolección municipal indiferenciado” y enterrados en un relleno sanitario o basural municipal. Podemos decir que en este caso estamos haciendo “*minería inversa*”. Es decir, enterramos en los basurales de nuestros vecindarios o incineramos en plantas de residuos industriales metales como cobre, estaño, aluminio, hierro, oro, plata y diversos plásticos (esto es, petróleo industrializado).

Lo paradójico es que cuando hacemos minería inversa en sitios o relleno no aptos para contener lixiviados, o la quema no controlada (a nivel de emisiones y disposición de cenizas) de los RAEE, no sólo perdemos recursos muy valiosos, sino que también dispersamos por nuestro entorno (suelo, acuíferos y aire), riesgosos contaminantes como los metales pesados como el mercurio, cadmio, bromo entre otras sustancias riesgosas y/o tóxicas. Y éstos contaminantes se infiltran que llegan al agua que tomamos o a los cultivos y ganado de los cuales obtenemos nuestros alimentos, y empiezan a acumularse en nuestros tejidos incrementando los riesgos de contraer enfermedades tales como el cáncer, síndromes varios y riesgo de malformaciones.

Debo aclarar que no tengo una posición *per se* en contra de las actividades petroleras y mineras. Al menos, siempre y cuando estén desarrolladas bajo políticas y procedimientos que usen las mejores tecnologías disponibles y que respondan al manejo de riesgo y controles ambientales. No tengo dudas de que seguiremos dependiendo en gran parte de estas industrias para nuestro desarrollo, considerando una población y demandas crecientes, y para reponer los metales y polímeros que consumimos y desechamos en nuestra vida cotidiana.

Dicho esto, quisiera fijar mi posición: no puede haber un desarrollo económico equitativo e inclusivo sin la producción primaria de la minería y el petróleo, entendidos estos como la extracción del recurso natural del suelo para su posterior procesamiento. Sin embargo, creo que sólo podremos alcanzar un desarrollo sostenible, cuando complementemos y potenciemos el abastecimiento primario de los recursos naturales con el aporte creciente de insumos provenientes del

reciclado y recupero secundario, a gran escala y que adopte buenas prácticas ambientales. Reciclar no es una moda verde o pasajera. Mas bien, es el camino para hacer sostenible la economía, democratizar el acceso a los recursos, generar valor agregado y eficiencia productiva, y lograr la inclusión social.

## **1.2 La “guerra fría” por los minerales, otra que Avatar**

La taquillera película Avatar, del cineasta James Cameron, construye un relato sobre un consorcio minero-militar que explota, en un hipotético planeta Pandora un “súper-mineral”. Éste insumo es vital para resolver la crisis energética y de desarrollo de la Tierra. Si bien el film está ambientado en el año 2154, hoy en día no hay que viajar a la velocidad de la luz para descubrir que las superpotencias y las empresas líderes proveedoras de la Era Electrónica-Digital desde hace siglos envían a sus avatares a estudiar míticos yacimientos como El Dorado o reales como los yacimientos andinos de cobre, oro y plata o los de tierras raras en el Congo y Brasil. Son los recursos, stupid... remataría el ex presidente Bill Clinton, o quizás lo hubiera pensado, quizás, su contrincante George Bush que movía los hilos mundiales en torno al acceso a los yacimientos petroleros.

El liderazgo de la economía y la innovación tecnológica no sólo es por el financiamiento, el conocimiento, las patentes y el manejo de las industrias creativas. Sin los “súper-minerales” (y, pues claro, los minerales comunes) no hay liderazgo en el desarrollo global. Esta es la idea que acompaña las decisiones geopolíticas que adoptan las naciones que manejan la inversión minera, el refinado de metales y la Industria de los Materiales, incluyendo los nanotecnologías. Regiones como el Mercosur ampliado con Chile y Bolivia, son grandes jugadores en el mercado de la provisión de éstos insumos. Pero, aun la región debe pensar e implementar estrategias para incrementar el “know how” y valor agregado que pueden obtenerse a partir de sus yacimientos mineros primarios y de los desechos reciclados de la economía secundaria o del recupero.

Podemos decir que la Era Electrónica Digital, tiene su “Guerra Fría de los minerales”. El acceso a los recursos naturales e insumos forma parte de la agenda política parte las superpotencias EEUU, China, Japón, Corea y la Unión Europea. El resto, incluyendo a nuestros países de América latina, somos los habitantes de la Tierra de Pandora o El Dorado. En la medida que los países del Mercosur salgan de niveles intolerables de pobreza y marginación, deben integrarse al desarrollo del valor agregado de la minería y el reciclado de los RAEE.

Para ello, los países del Mercosur deben desarrollar estrategias políticas desde su realidad regional, marcos jurídicos que fije reglas claras e integradoras, promover el fortalecimiento institucional de las áreas involucradas, desarrollar de recursos humanos e I+D, crear sistemas integrados de gestión tanto para la minería primaria como para el recupero y reciclado secundario, promover las inversiones sectoriales y radicaciones de industrias.

Hoy Sudamérica es una importante fuente de recursos estratégicos, pero mayoritariamente exporta concentrados o metal doré al mercado global, y quema y entierra la mayor parte de los desechos valorizables al final del ciclo de vida de los

aparatos electrónicos, autos, trenes, aviones y otros desechos que pueden ser reciclados, recuperados y usados como insumos de nuevos procesos industriales; o bien exportados a refinadoras o empresas de nanotecnología de vanguardia, hasta que se creen clústers o nodos regionales especializados en el procesamiento, obtención, síntesis, refinado y desarrollo de I+D o “Silicon Valleys”, para darle mayor valor agregado a los materiales o elementos primarios (mineros) como secundarios (del reciclado y recuperado).

Mientras que los costos económicos y ecológicos de la producción primaria (petróleo y minería: ver precio de barril de combustible, el gas, el oro y el cobre) han mostrado grandes fluctuaciones y una tendencia a incrementarse en las últimas décadas; los costos de la producción secundaria originada en la recolección diferenciada pos-consumo, la logística reversa de desechos valorizables, *scrap* y chatarras, y los procesos y costos del reciclado; por el contrario, tienden a bajar.

Como insistiremos en este libro, los yacimientos o “Pandoras” de la Era Electrónica y Digital no sólo están en la faz de la Tierra, meteoritos y otros planetas. En forma creciente nuestros desechos y, sobre todo, la chatarra electrónica o “*e-scrap*”, serán una fuente vital para el liderazgo económico de los próximos años. La minería convencional ya se está integrando a la minería urbana o de pos-consumo y reciclado. A fin de cuentas, las propiedades físicas y químicas son las mismas, pero los costos serán menores para reciclar que los crecientes costos energéticos, ambientales y sociales de la minería del subsuelo.

Metal en toneladas	Acero	Aluminio	Cobre	Plomo	Oro
<b>Total acumulativo de la producción mundial</b>	32.000 millones de T de acero crudo	573 millones de T	409 millones de T	204 millones de toneladas	140.000 toneladas
<b>Consumo mundial anual</b>	894 millones de toneladas	26 millones de toneladas	16,5 millones de toneladas	6,2 millones de toneladas	3.948 toneladas
<b>Crecimiento estimado anual %</b>	0,8 %	3 %	2,9 %	1,1 %	4,3 %
<b>Parte del consumo total que proviene del reciclado de chatarras de dichos materiales (%)</b>	EEUU 79 % Europa 55 % Asia 52 % Resto 46 %	EEUU 35 % Europa 31 % Asia 25 % Resto 29 %	Mundial 35 % Alemania, Bélgica y Suecia + 40 %	EEUU 70 % Resto 55 %	Mundial 35 %

**Imagen N° 1. Producción, consumo y participación del reciclaje o producción secundaria para acero, aluminio, cobre y oro. Fuentes: datos propios, CRU International y United States Geological Service –USGS- 2005**

Para algunos metales, como el acero, aluminio, cobre, plomo y oro, el consumo industrial de metales secundarios (o sea, aquellos provenientes del reciclado, recuperados y vueltos a fundir o refinar), año a año aumenta su participación en comparación con los mismos metales provenientes de la minería primaria, incluso para algunos metales el mercado secundario ya superan el 50% del total del

consumo industrial. A más desarrollo de las economías, más reciclado o mayor minería urbana o recuperación secundaria. En Estados Unidos y Alemania, más del 70 % del acero y más del 35 % del cobre y el aluminio provienen de las chatarras.

La economía del mañana será chatarrera o no será. Y esto es algo que, en lugar de sonrojar a los países más desarrollados es algo que es promovido desde sus gobiernos e internalizado por la población, que entrega sus RAEE, autos usados y chatarras a centros de reciclaje. Millones de alemanes, suecos, coreanos, japonés, norteamericanos y belgas no pueden estar equivocados.

El cobre, el aluminio, el estaño, la plata, el paladio, el galio, el níquel o el oro, aún en mínimas concentraciones, presentes en la computadora con la cual escribí este libro, pueden ser la “reencarnación” de un cable, un clavo, una lata, una moneda, una alhaja, de la vajilla, de una cañería o un picaporte, que alguna vez fueron desechadas, recolectadas, recicladas y vueltas a usar. Pregunto, ¿es tan complicado entender ésta economía circular?... ¿O, por el contrario, lo difícil es en convencer a Productores, Gobiernos y Consumidores/Usuarios de nuestros países que la economía del “uso y descarto” no va más? ¿Qué parte no estamos entendiendo del desarrollo sostenible y la Era Electrónica y Digital?

El desafío de la “economía sostenible y chatarrera” será, pues, crear cadenas de valor y economías de escala, a través de sistemas integrados de gestión para recolectar y reciclar nuestros desechos electrónicos, autos, demoliciones, trenes, barcos, puentes y demás fuentes la minería urbana. Y en la medida que recuperamos y reciclamos, le bajamos la carga contaminante a los rellenos sanitarios y basurales. Dos pájaros de un tiro, así de simple, así de complejo cuando queremos encarar cambios sostenibles desde el Cono Sur de América.

La Nave Espacial Tierra tiene su recursos limitados, y podemos pensar en ir a buscar Pandoras extra-terrestres. Pero cuando una chatarra electrónica, de un automóvil, o de cualquier otro bien de consumo es quemada o enterrada en rellenos sanitarios no seguros o quemados en basurales; le estamos legando a nuestros hijos y futuras generaciones una costosa deuda en formato de pasivos ambientales. El cambio hacia el desarrollo sostenible, la integración regional y la erradicación de la pobreza y el subdesarrollo, no es sólo una cuestión económica sino que es, también, un cambio cultural y de cómo nos paramos cada uno de nosotros frente a la producción y el consumo, y analizamos nuestros impactos ambientales.

### **1.3 ¿Por qué la minería primaria impacta más que la gestión de la chatarra?**

Cuando vemos las tendencias de los países más desarrollados que promueven el reciclado de todos sus desechos y chatarras, cuando incluso vemos que éstos países importan chatarras o scrap del resto del mundo, algo nos están diciendo. La tabla N° 1 muestra éste crecimiento, y queda claro que en la economía del ciclo cerrado, a mayor consumo de metales secundarios o material reciclado, no sólo mejor para la ecología, sino que también mejor para la economía. La chatarra es



más fácil de procesar, es más barata, e impacta menos en el ambiente en comparación con la minería primaria.

Para dimensionar el impacto de la minería, que aporta una parte significativa y relevante de los materiales que soportan y permiten nuestra vida cotidiana (como telecomunicaciones, electrodomésticos, vehículos o trenes, por ejemplo), veamos los datos de un Informe de Impacto Ambiental de la firma Barrick Gold, realizado para el proyecto binacional Chileno-Argentino denominado Pascua Lama. El mismo es uno de los 614 proyectos mineros de la Argentina, pero que ha tenido medidas de veto interpuestas por pueblos originarios del lado chileno. El proyecto está destinado a producir, a lo largo de su ciclo de operación unas 14,4 millones de onzas de oro (que equivalen a 447 toneladas del metal precioso). Ello implica, según lo declara por los desarrolladores de Pascua-Lama que, deberán:

- ✓ Dinamitar y remover unos 1.806 millones toneladas de roca de montaña.
- ✓ Consumir en forma directa 170 millones m<sup>3</sup> de agua, seguramente mucho más en forma indirecta.
- ✓ Utilizar 379.428 toneladas de cianuro de sodio, sin lugar a dudas, unos de los contaminantes más riesgosos para la salud.
- ✓ Utilizar 493.500 toneladas de explosivos.
- ✓ Consumir 943 millones de litros de gasoil.
- ✓ Disponer de 22 millones de litros de nafta.
- ✓ Consumir 57 millones de litros de lubricantes.
- ✓ Disponer de 110 MW de electricidad a lo largo del proyecto.

Veamos otros números, por cada gramo de oro extraído en el yacimiento de Pascua Lama, se precisará:

- Remover 4 toneladas de roca;
- consumir 380 litros de agua,
- disponer de 3,6 KWh de electricidad (similar al consumo semanal de un hogar argentino medio),
- consumir 2 litros de gasoil,
- 1,1 kg. de explosivos y
- 850 gramos de cianuro de sodio.

En tanto, a partir de una tonelada de teléfonos celulares, se pueden recuperar 280 gramos de oro, 1.700 gramos de plata y 180.000 gramos de cobre (18 %), entre otras decenas de elementos y materiales compuestos como hierro, aluminio, zinc, estaño, otros metales preciosos y tierras raras. La minería urbana o gestión de la chatarra usa desechos que hoy enterramos o quemamos como materia prima. Los costos de tratamiento por tonelada de celulares no llegan a 2.000 dólares por

tonelada, y a lo cual debe agregar el refinado posterior que será variable en función de los materiales que quiera recuperar.

Hoy países como Alemania, Bélgica, Suecia, Canadá y Japón, importan estos “desechos” y pagan muy bien por tonelada. Nosotros en el Cono Sur, aún los llamamos residuos peligrosos, a pesar que la propia Convención que regula el movimiento de éstos residuos promueve el concepto de reciclabilidad, valorización y recupero de insumos productivos.

Cuando un alto horno de Brasil o Argentina consume chatarra de hierro, o cuando una fundición de cobre de Chile usa chatarra de ese metal; éstos países se ahorran los impactos o pasivos ambientales generados al dinamitar montañas, triturar las rocas, lixiviarlas con cianuros o hacer una logística costosa para un concentrado del 10-20 %. Más cuando la chatarra de cobre o hierro puede tener una pureza del 99 %. La huella del carbono, la huella del agua, la huella ecológica y la huella socioeconómica de los chatarreros es una pequeña fracción frente la de la minería primaria.

Ok, es correcto, seguiremos dependiendo por décadas de la explotación minera. Pero la economía que se viene, debe agregar chatarreros, recicladores, refinadores y “mineros urbanos” a la provisión de materia prima para seguir siendo competitivos y sostenibles en una economía verde, electrónica y digital. Este modelo depende también de un marco jurídico, inversiones, el desarrollo conjunto de sistemas integrados de gestión de los RAEE que integre a en las soluciones a los Productores, Autoridades y Consumidores/Usuarios, ideas, innovaciones, emprendedores, divulgadores, consultores, asesores, fiscalizadores...es decir, toda una “retro-industria” que recolecte-gestione-demanufacture-remanufacture-recicle-recupere y de valor los desechos electrónicos como nuevos insumos.

El debate que planteamos en este libro apunta a resolver, en cierta medida, el siguiente dilema: ¿hasta cuándo podemos seguir produciendo los aparatos y dispositivos de la Era Electrónica y Digital al servicio de mejorar nuestra calidad de vida y nuestra economía, pero a costa de dilapidar millones de toneladas de recursos que comienzan a escasear frente a la demanda actual que no para de crecer? ¿Hasta cuándo seguiremos tolerando los impactos y la contaminación minera-petrolera, para luego del consumo volver a enterrar minerales y petróleo, transformado la periferia de nuestros entornos urbanos en vertederos de nuestra irracionalidad en el manejo de los recursos naturales no renovables?

#### **1.4 La Ley de Moore, la paradoja de Jevons y los Límites del Crecimiento**

El microprocesador o el circuito integrado es “la neurona de silicio” de la Era Electrónica. En la manufactura de un circuito integrado se combinan millones de componentes electrónicos y constituye la “unidad central de procesamiento” o CPU que conforman el cerebro de los aparatos electrónicos. El circuito integrado es el encargado de ejecutar los programas, vinculando desde el sistema operativo hasta las aplicaciones de usuario. Ejecuta instrucciones programadas en lenguaje a cada

nivel realizando operaciones aritméticas y lógicas, tales como sumar, restar, multiplicar, dividir, hace ecuaciones lógicas binarias y accede a la memoria.

Desde el enunciado de la Ley de Gordon Moore (el número de transistores en circuitos integrados por pulgada se duplicaba cada año y medio) a hoy, el acceso y la compra anual de nuevos aparatos electrónicos pasaron de un par por familia, a decenas. Nuestros hogares, áreas de esparcimiento, industrias y oficinas se fueron, de a poco poblando de AEE, y ya casi nos cuesta vivir sin ellos (sin un teléfono celular a mano, ni un Tablet o notebook, una TV, una radio, una heladera o un ambiente climatizado). Éste incremento del consumo y abaratamiento de los productos de ciclos de vida cada vez más cortos, tiene como contrapartida un incremento de la participación de la basura electrónica en los basurales o rellenos sanitarios, desde el 1% de los primeros sondeos al 5-6% del total de residuos sólidos urbanos desechados, como ya se advierte en rellenos de los países desarrollados.

Mientras que un neoyorquino descarta cerca de 30 kg. de residuos electrónicos al año, un porteño o un paulista descarta en promedio 6 o 7 kg. por año. Pero la tendencia es que la generación de RAEE se equipara para arriba dada la democratización y universalización del acceso a los AEE. También inciden los ciclos de vida más cortos de ciertos aparatos, la Ley de Moore, la obsolescencia programada, las modas pasajeras (veamos la rapidez del recambio de tablets, cámaras de foto, MP3-4, teléfonos, consolas de juego, impresoras y otros dispositivos) y la denominada paradoja de Jevons.

El economista William Stanley Jevons planteó en su libro “La Cuestión del Carbón” en 1865, que *“los incrementos por la eficiencia que genera el avance tecnológico llevan a un mayor consumo”*. Esto es, a mayor eficiencia en la producción de un bien de consumo, menor será su costo y, por ende, mayor su demanda. Entonces, muchos de los avances de las empresas en la eficiencia productiva y la eficiencia energética, así como la miniaturización (teléfonos móviles que pesaban 5 kg y ahora 0,12 kg), se dan en simultáneo con el acceso de miles de millones de personas a los AEE.

A la Paradoja de Jevons la denominamos, en este libro, como la “democratización y universalización” del acceso a los aparatos o dispositivos electrónicos. En Buenos Aires o San Pablo, por cada habitante hay dos líneas de telefonía celular y cada hogar tiene más de 40 aparatos o dispositivos eléctricos y electrónicos. Analicemos el boom democratizador y universal del acceso a los aparatos electrónicos y su relación con la paradoja de Jevons:

- A comienzos de la década del `90, unos pocos cientos de miles de habitantes del planeta tenían teléfonos móviles, los que pesaban 4 o 5 kilogramos cada uno. Hoy, miles de millones tienen teléfonos cuyo peso promedio es de unos 120 gramos.
  
- De una media por hogar de 8 a 10 aparatos o dispositivos electro-electrónicos, en las clases medias de América latina en el 2000 (sin contar a los equipos de

iluminación), hoy se está alcanzando a una media global de 40 AEE por hogar. Más temprano que tarde, un hogar chaqueño, tendrá la misma cantidad de aparatos electrónicos, seguramente algunos de menor calidad y precio, que el de un porteño, y éste último tendrá la misma cantidad de AEE que uno sueco. El mundo del consumo estará segmentado por calidades y marcas, pero no por cantidad de aparatos a los cuales accedemos.

- Las oficinas, industrias, centros de entretenimiento, medios de transporte y gran parte de la economía se están poblando de dispositivos y equipos de la Era Electrónica-Digital-Robótica. En tanto el trabajo se mecanizó, electrificó y digitalizó.
- Se produjo un creciente recambio del libro y el diario de papel por el *i-Pad* y los eBooks. Las nuevas generaciones dejaron de consumir diarios y libros, por noticias interactivas de las redes sociales, siendo el teléfono el principal soporte de información, conectividad, comunicación e interacción social;
- Y no todo es Informática y Telecomunicaciones en la “colonización” de aparatos o dispositivos electrónicos de nuestra vida cotidiana. Nos hemos rodeado de expendedores automáticos, los cajeros automáticos/ATM, sistemas de vigilancia en casas o la vía pública, los sistemas modernos de iluminación vía LED, las herramientas electrónicas de hogar, el uso masivo de aire acondicionado-calefacción y las hornallas eléctricas, los juegos y juguetes electrónicos y hasta la medicina electrónica y/o el juego (que pasó de ser ruleta, dados y naipes a máquinas tragamonedas y apuestas online).
- Pero para que hubiese una democratización en el acceso a los AEE, primero se debe pasar por la universalización de la electrificación. A comienzos de la década del '80, cerca del 50% de los chinos, los indios, y varios países latinoamericanos no tenían acceso a electricidad. Hoy el incremento de la electrificación se está expandiendo a todos los usuarios urbanos y rurales.

Región	Población sin electricidad en millones	Tasa de Electrificación
África	589	40,0 %
Asia	809	77,2 %
América Latina	34	92,7 %
Oriente medio	21	89,1 %

Países desarrollados	3	99,8 %
Mundial	1.456	78,2 %

**Imagen N° 2. Acceso a la electricidad, según el Outlook Mundial de Energía:**  
[www.worldenergyoutlook.org/database\\_electricity/electricity\\_access\\_database.htm](http://www.worldenergyoutlook.org/database_electricity/electricity_access_database.htm).

Volvamos a Jevons: el crecimiento geométrico de la productividad y los menores costos dispararon las ventas de los aparatos eléctricos y electrónicos, así como las el consumo de cables de electricidad y telecomunicaciones, y, por ende, la demanda de materias primas usados para su manufactura. Sin embargo, para la mayoría de los AEE, los costos de las materias primas significan una fracción que suele ser inferior al 20% del precio de venta del aparato. En tanto que para los aparatos de más alta gama, no llegan ni siquiera al 5%. En la ponderación del precio de venta de los AEE, priman las patentes a las Marcas, los costos laborales, la logística, la comercialización y los gastos en punto de venta.

Sin embargo, y a pesar de no tener una incidencia superior al 20 % en el costo de cada aparato, las materias primas tienen una dinámica propia y son transados en mercados híper complejos de futuros, derivados y precios spot, que pueden no responder a la Paradoja de Jevons, y considerando su potencial agotamiento o el mayor costo de extracción, “a mayor demanda, pueden incrementarse sus costos”, e incluso dispararse como hoy ocurre con el oro, el paladio, el cobre y las tierras raras, considerando precio de sólo apenas 10 años atrás.

Al incrementarse los costos del acceso a las materias primas base y estratégicas, su incidencia afectará al desarrollo futuro de las industrias de manufactura de los AEE, así como en la definición de qué jugadores seguirán en carrera. Considerando un crecimiento geométrico de nuestra demanda de AEE, la cadena valor cruje cuando las tasas de extracción de los recursos naturales “sólo” crece de manera aritmética. Ahhh, las teorías de denostado pastor Thomas Malthus, que la pifió mal en su *Ensayo sobre el principio de la población* (1798), pero que pueden ser adaptadas al crecimiento de la población y la oferta de los recursos minerales. Cuando la demanda de materiales estratégicos supere a la oferta, los precios subirán, los sustitutos de menor calidad marcarán dos o tres tipos de consumidores con distintas prestaciones y, seguramente, recrudecerán las disputas por los recursos, origen de la mayor parte de los conflictos bélicos de la Historia.

Ya se han comenzado a registrar algunas disputas y reposicionamientos geopolíticos respecto de algunas materias primas o elementos fundamentales para el desarrollo del *hardware*. Si todo habitante de la Tierra tuviera el derecho a comprar, supongamos 4 aparatos electrónicos por año y otros *kits* un triple en consumibles (6 pilas, 2 baterías, 4 lamparitas, 2 cartuchos de impresión, etc.), no tendríamos materias primas para poder manufacturarlos. El conocimiento no tiene límites, las materias primas sí. Al menos hasta que alcancemos otras “Pandoras” (planetas con materias primas aprovechables), o hagamos de la “minería urbana” y el reciclado un hábito y un servicio básico, como proveer agua, el saneamiento y la

recolección de residuos sólidos urbanos. Para ello, hacen falta políticas, educación, empresarios y desarrollo de cadenas de valor.

La Asociación de Industria de Semiconductores estima que cada año y, por cada habitante de la Tierra, se producen unos mil millones de transistores (lo pongo en números para tomar dimensión: 1.000.000.000 por 1 habitante). Estos transistores son los bloques unitarios o “neuronas de silicio” con los cuales se manufactura un semiconductor y cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. Ahora, si multiplicamos la producción de transistores *per cápita* que se producen por año por los 7.000 millones de habitantes: 7.000 millones x 1.000 millones equivale a  $7 \times 10^{18}$  algo como, digamos realmente una enormidad: un 7 seguido de 18 ceros, o millones de millones de millones.

Esto significa que la unidad crítica que le da funcionamiento a la Era Electrónica y Digital, las neuronas de silicio, se replican de a millones por segundo en todo el mundo. Y que estos transistores, además de conocimiento y patentes, requieren del abastecimiento de materias primas, algunas de las cuales comienza a estar acotadas o ya tocaron sus límites de disponibilidad en la Nave Espacial Tierra.

No sólo el petróleo tiene sus días contados, ni tampoco ha sido la única mano oculta que ha desatado conflictos geopolíticos e inclusive conflictos bélicos, invasiones y enormes daños ambientales. Diversos metales estratégicos para el desarrollo de la Era Electrónica-Digital como el cobre, metales del grupo del platino, el oro, la plata, el germanio, galio o las tierras raras pesadas, como el coltan (palabra que surge de las tierras raras o lantánidos **columbio** y **tantalio**), neodimio y cerio, comienzan a escasear o son motivos solapados de disputas entre países. Quizá, a su vez, son también la causa de niveles de degradación ambiental inaceptables para la sustentabilidad y el desarrollo de la vida. Estos escenarios geopolíticos ya tienen varios tableros en rojo de alerta.

Cuando tiramos una batería recargable o una plaqueta electrónica (de un juguete, una PC, una alarma o un autoparte), el camión contratado por el Municipio lo lleva con el resto de los residuos sólidos al basural o relleno sanitario. Lo que está haciendo es el proceso inverso de la minería o producción petrolera: pone bajo tierra plásticos (petróleo transformado) y minerales como hierro, cobre y aluminio. Por otro lado, el tubo de rayos catódicos de un monitor o una TV es un objeto muy resistente, hecho de vidrio y óxido de plomo o bario. Aunque es frágil porque con una simple caída puede quebrarse, para los componentes naturales del suelo es una tarea titánica transformarlo y requerirá miles de años en volver a ser una arena degradada. Pero el peligro está en que al degradarse en un basural o ecosistema, el denominado fósforo del monitor liberará metales pesados altamente tóxicos como mercurio y cadmio.

Y uno se pregunta: ¿hasta cuándo éste derroche? ¿Creemos que nuestro consumismo se basa en no reponer lo que le sacamos a la Tierra? ¿No vemos los impactos de la minería y el petróleo en el ambiente y sus costos crecientes? ¿Nuestros hijos podrán vivir sin esos materiales? ¿Tendrán que venir las generaciones futuras a nuestros basurales municipales a buscar todo lo que barrimos bajo la alfombra? ¿Será nuestro legado a las generaciones futuras un

mundo agotado, arrasado y contaminado por nuestra vagancia a la hora de separar y reciclar en forma masiva nuestra chatarra electrónica?

La capacidad del Planeta Tierra de absorber un incremento exponencial de la contaminación compleja (como compuestos con metales pesados, retardantes de llamas bromados o compuestos clorados, por ejemplo) y, a la vez, abastecer de materias primas para sostener la explosiva expansión del consumo de dispositivos o aparatos sobre los que funciona la Era Electrónico-Digital está tocando los límites de disponibilidad sostenible y de capacidad de carga.

En gran parte, esto se debe a una economía que extrae en forma insostenible, manufactura en procesos ineficientes para luego, al final del ciclo de vida de lo que consumimos o usamos, incinerarlos o hacer minería inversa (enterrar metales y plásticos en basurales municipales). Una economía de ciclo abierto, ineficiente, llena de pérdidas de materias primas y con tendencia suicida a contaminar pone en riesgo al Planeta.

Entonces, es ahí donde llegamos al desafío de montar Sistemas Integrados de Gestión de RAEE y desarrollar la Minería Urbana: la escasez de materias primas de la Era Digital sólo se podrá revertir (manteniendo un consumo sostenible y proveyendo de aparatos y dispositivos electrónicos para todos), sólo si aprendemos a recolectar en forma diferenciada, procesar, reciclar y recuperar estos materiales de la chatarra electrónica.

Cuando nos referimos a la gestión sostenible de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos no hablamos de grandes proezas ecológicas (nada de ir al Amazonas a para la tala de bosques ni al Polo a salvar focas). Más bien, de tareas y comportamientos que empiezan por nuestras casas, en nuestros lugares de trabajo y en cada Municipio. La epopeya que proponemos aquí es tan compleja como separar esos 10 o 20 RAEE que desechamos al año (3 o 4 pilas, 1 o 2 lamparitas de bajo consumo, un electrodoméstico, una herramienta electrónica, una consola de la Play, un cartucho de impresión y un teléfono celular), acopiarlos y, un día al año, ir con todos esos trastos a un Punto de Acopio RAEE.

Y en ese acto heroico (se me pone la piel de gallina cuando imagino a millones de argentinos y brasileños adoptando ésta rutina), desechar el RAEE en manos de un Gestor debidamente habilitado y parte de un Sistema Integrado de Gestión de RAEE, para que proceda a tratado, reciclado y dar disposición ambientalmente segura a los desechos contaminantes que no puedan ser reciclados. ¿Con tan poco se puede hacer tanto por la Tierra? Como dijo el presidente Barack Obama: *Yes you can!* Sí, ¡vos podés! Miles de millones de habitantes de la Tierra nos lo van a agradecer, hoy y siempre.

## **1.5 El tiempo pasa, y nos fuimos poniendo tecno**

La Era Electrónico-Digital está caracterizada por la universalización y democratización en el acceso y consumo de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE). Todos los hogares, automóviles, medios de transporte, oficinas públicas o

privadas, comercios, industrias y la economía en general, convergen hacia la conectividad de la Era Electrónica-Digital.

Como versionaría el genial cantante de Sumo, Luca Prodan, una letra original del cubano Pablo Milanés: *“El tiempo pasa, y nos fuimos poniendo tecno. El amor ya no lo reflejo como ayer. Y en cada conversación, cada beso, cada abrazo, se me impone un pedazo de razón. ¿Qué pasa con los años? A todo dices que sí, a nada digo que no, para poder confluír la terrible armonía que pone tecno los corazones”*.

El uso interactivo, fácil, rápido, efectivo y *cool de los dispositivos electro-electrónicos*; el consumo democratizador y la ubicuidad de los aparatos electrónicos nos han permitido evolucionar hacia nuevos modelos y paradigmas al modo de producción y de consumo, cómo trabajamos, cómo comunicamos, qué/cómo/cuándo: compramos, consumimos, interactuamos, convivimos, nos transportamos, aprendemos, creamos cultura o hacemos política. Nos cuesta estar un día desconectados o unplugged. Nuestros hijos y sobrinos no pueden respirar sin su teléfono celular, Tablet, la Play o un ambiente climatizado e interactivo.

Estamos creando un ecosistema donde el mundo físico, social, cultural y económico real interactúan con el ciberespacio virtual, con su sociedad y su mercado digital. El celular o la publicidad lateral de internet nos geo-referencian las compras: “si usted pasea por el Centro Comercial X, no desaproveche la oferta de las marcas A, B y C”. Si es sábado a la noche, y tenés de 25 a 30 años, y estás en Palermo, Rosario, Santiago o Rio, la “Noche”, lo mejor, está en tal disco o tenés descuentos en tal bar”.

Todo en tiempo real, mientras el “gran hermano” internet suma datos de nuestros gustos: el “me gusta” de Facebook, mis clics o mis gastos con tarjeta. Las visitas en la Web y los consumos generan perfiles sobre qué compramos; qué leemos; nuestro estado civil e intereses de contactos; y todo referenciado al lugar preciso en el estamos en cada momento. Datos y mas datos que dejamos con nuestras huellas en la Era Electrónica y Digital.

Éste proceso de democratización del consumo en al Era Electrónica y Digital ya no requiere del “viejo” ni del viejo modelo industrial ni de la comercialización tradicional. Hoy cualquier persona con una PC conectada a Internet y acceso a una tarjeta de crédito puede convertirse en fabricante de una amplia gamo de productos gracias a las nuevas impresoras 3D. Con un *software* de diseño que no requiere demasiados conocimientos técnicos, una persona puede convertir su idea en un producto desde cero. O bien, aprovechar una patente o los diseños que la comunidad comparte libremente en Internet, para replicarlos o modificarlos y transformarlos en un producto.

Si Ud. no tiene una impresora 3D en casa, puede pgar *online* con su tarjeta para que se le “impriman-fabriquen” su AEE, o cualquier bien de consumo, en el taller de impresión 3D más cercano a su domicilio. Talleres denominados “e-Talleres” donde, con la provisión adecuada de materias primas las e-máquinas, materializarán su diseño digital a un costo mucho más bajo que el de una producción artesanal. Excepto por los requerimientos y tiempos invertidos en investigación y preparación,



ese costo por "impresión" no variará si la producción es de mil, cien, o diez unidades. Siempre será más barato, aunque nunca tanto como una producción de millones basada en moldes.

La novedad ya no es más el modelo del aparato, dispositivo o producto en cuestión. Hace décadas que las fábricas chinas o maquilas del resto del mundo sólo necesitan un diseño digital para ponerse a trabajar con el equivalente industrial de las impresoras 3D. Lo nuevo es su democratización, gracias al abaratamiento de las "e-Talleres", a la simplificación del *software* y a la posibilidad de compartir los diseños por Internet. El diseño o la patente son cada vez más accesibles, porque la marca pierde el monopolio de la producción, la logística y la comercialización, cada vez será más relevante el acceso a la materia prima para poder producir lo que queremos a nuestra medida y en nuestro *e-Taller* más cercano.

Esto ya sucede con la música y el entretenimiento en general, donde antes las discográficas grababan a mis bandas favoritas, los "masterizaban", los grababan en CDs, los distribuían y luego los vendían. Sin embargo, en la actualidad no sólo cada consumidor puede bajar aplicaciones de audio o archivos de música y cualquier contenido, sino que, con una impresora 3D de un "e-Taller" se puede manufacturar su propia versión del reproductor de música, digamos un "*mi-Pod*". Ya no sólo circulan contenidos *soft* o datos, sino que es posible auto-manufacturar el *hardware* que usaré para disfrutar de mis contenidos.

Esto es, contando con una impresora 3D, cada "pro-sumidor" (un mix de productor y consumidor) puede fabricar en su casa el reproductor de audio y video personalizado, con diseños, robusticidad, gustos extras y colores preferidos, la pantalla táctil con una definición en los píxeles deseada, e incluso una batería con la duración que más se adapte a mi ritmo de vida y cargar 50.000 temas, 20.000 fotos y 100 películas. Ya no hay monopolios de contenidos ni monopolios de producción, aunque sí seguirán habiendo patentes o derechos de uso, a costos cada vez más bajos tanto por el *software* (programas, aplicaciones, etc.) como el *hardware* (el conjunto de aparatos y dispositivos electrónicos). En todo esto, las materias primas para manufacturar-en-casa también serán *commodities* originados en gran parte en el reciclado y reuso.

Ahora, los costos del acceso a las fotos, videos y música seguirán bajando porque miles de millones accederán al mismo tema o película. Pero, en cambio las materias primas con las que manufacturaré el hipotético "*mi-Pod*" o "*mi-electrodoméstico X*" se mantendrán estables o subirán en la medida que las fuentes primarias se vayan agotando. A la inversa de lo que pasa con los programas, aplicaciones o archivos digitales de audio y video, que bajan a más consumo (Paradoja de Jevons); el litio y cobalto de la batería, el cobre, oro, plata, estaño y las tierras raras de la plaqueta o el galio y el germanio de la pantalla táctil, por ser recursos naturales no renovables (a diferencia de las ideas y patentes), podrán ir aumento.

Nos fuimos poniendo tecno y ello nos permitió expandir nuestras capacidades genéticas y culturales; transformando la percepción que tenemos del ser, estar, consumir y tener. En nuestras mentes se diluyen los límites entre lo real y lo digital, y expandimos nuestro potencial genético y cultural gracias a estos AEE, cuyo

*hardware* es manufacturado mediante el uso de una extensa gama de materiales, como polímeros, metales, compuestos, aleaciones y materiales de síntesis.

Pero todas las actividades humanas y, en éste caso particular la Producción y Consumo de los dispositivos de la Era Electrónica, producen un significativo impacto ambiental partiendo desde la obtención de las materias primas (minería, procesamiento de metales y refinado de metales; petróleo y petroquímica; síntesis química y de compuestos; etc.), y la manufactura de los AEE, donde intervienen miles de productores, proveedores de piezas y partes, ensambladores, empresas de logística y comercialización, hasta su reciclado como insumo de nuevos procesos o su disposición final al cabo de su ciclo de vida útil.

Si bien en países como la Argentina, Brasil y Chile, la industria de Gestión Sostenible de los RAEE aún tiene poco desarrollo, atendiendo mayoritariamente sólo una fracción del conjunto de los mismos (los desechos de Informática y Telecomunicaciones -IT-); los Municipios empiezan a darse cuenta de que una fracción importante y contaminante de lo que recolectan en los vecindarios, centros comerciales y empresas es chatarra electrónica. Y es de esperar que una vez superado un volumen crítico de acopio municipal, converjan en desarrollar o contratar gestores de RAEE hacerse cargo de éstos desechos.

La combinación de una oferta creciente de RAEE recolectados en los municipios (recolección del descarte de vecinos), empresas (RAEE corporativo) o fabricantes (*scrap* post-industrial), así como la creación de normativas que impulsen u obliguen el reciclado, harán más atractiva la Industria de la Gestión de los RAEE. A ésta altura, ya es evidente que para que ésta Industria se desarrolle se requieren normativas específicas (en cierta medida obligatorias y de cumplimiento general – veremos por qué más adelante–), así como del acceso a tecnologías de producción más limpias (P+L) y tomar conciencia de que el recupero de las materias primas de la chatarra electrónica no alcanza por sí para el repago de una logística reversa, inclusiva para todos los RAEE y una gestión ambientalmente sostenible.

La vida tecno implica hacerse cargo de sus desechos. Las marcas o Productores (fabricantes, importadores y comercializadores) están comenzando a atender el cumplimiento de normativas y regulaciones internacionales o las propias de los países en donde operan. Claro, a veces la mano oculta del mercado también da algunos motivos para reciclar, más allá de la Responsabilidad Social y Ambiental Empresaria. Veamos, también se retiran los RAEE del mercado para reciclar porque:

a) Por un lado, los Productores o Marcas quieren manejar su activos pos-consumo, evitando que terceros los revendan, copien información, usen partes o piezas.

b) Por otro lado, las grandes corporaciones de materiales y aparatos electrónicos buscan hacer minería urbana para recuperar aquellos metales o materiales que saben que sea agotan en la faz de la Tierra, o que cada vez resultan más caros. Esto está claro en las alianzas entre refinadoras de metales preciosos, tierras raras y metales estratégicos con las grandes Marcas de la Era Electrónica.

Analicemos con un poco de criterio en el rastro de las inversiones de China, Japón, la UE, Inglaterra, Australia, Canadá y EEUU, no sólo dentro de sus propios bloques comerciales sino también sigamos la pista de en dónde y en qué sectores están poniendo sus fichas en Asia, América latina y África, y veremos qué materias primas corren riesgo de agotarse o tendrán una alta demanda en dichos bloques comerciales o bien, qué estarán necesitando en los próximos años. Dime detrás de qué recurso andas y te diré cuáles serán tus mercados futuros. China, la UE y los EEUU tienen los mejores recursos humanos, ahora necesitan garantizarse el acceso de las Pandora y los El Dorado para sus requerimientos futuros.

Sabiendo que la minería y la industria del petróleo suelen ser conflictiva y los recursos limitados; los proveedores de insumos estratégicos, los Productores, las grandes marcas y los países saben que el futuro y liderazgo de la Era Electrónica y Digital se construye sobre dos factores clave: conocimiento (patentes) y disponibilidad de materiales para producir. Ahí están los pilares del liderazgo global del mañana. En tanto, insisto en que la disponibilidad de los materiales estratégicos ya no sólo surgirá de los yacimientos mineros, sino de todos aquellos RAEE que logremos juntar en los países, pasando de gestionar un pasivo ambiental y contaminante para generaciones futuras, a un valor estratégico.

En tal sentido, los países del Mercosur podrán desarrollar sus propios clusters o consorcios regionales de procesadoras de concentrados mineros y recicladoras, en una primera fase. Para luego poder avanzar en la instalación de refinadoras y manufacturadas de insumos y nano-materiales estratégicos. También es claro que, pueden concretar alianzas con empresas de los países más desarrollados, pero participando desde una mayor fortaleza respecto del valor agregado de las materias primas e insumos estratégicos.

Por eso, los países del Mercosur deben regular la actividad petrolera y minera, sino que deben impulsar la Minería Urbana y a los recicladores, hoy informales y poco profesionales en cuanto a buenas prácticas de gestión de residuos, deben evolucionar hacia un mayor entendimiento de los valiosos recursos que pueden recuperar de los RAEE, adopción de mejores tecnologías y procesos.

En los Sistemas Integrado de Gestión de RAEE convergen las capacidades de los Productores de AEE con entes municipales de residuos, recolectores de residuos sólidos urbanos, chatarrereros y usuarios industriales de recortes/chatarras/*scrap*, cooperativas, operadores de residuos industriales, fundiciones de metales ferrosos y no ferrosos. Éstos SIG-RAEE serán los coordinadores para hacer que la Minería Urbana funcione, desplazando el problema que hoy generan los RAEE al ser quemados o enterrados por un proceso de logística reversa-acopio-demanufactura-remanufactura-reciclado-recupero-valorización. Una cadena de valor que se inicia donde antes había un problema de contaminación y pasivos ambientales.

Éste libro busca demostrar la siguiente hipótesis: es factible minimizar, controlar, mitigar, o bien, remediar los impactos ambientales y la “huella ecológica” que provoca la Era Electrónica y Digital en los gobiernos locales, que son los que reciben y se encargan de la basura doméstica. Hablamos de un beneficio ecológico para las comunidades locales al dejar de contaminar y enterrar metales pesados en

la “minería inversa”. Pero para ello se requieren un consenso político-empresario, que devenga en una estrategia para crear una cadena de valor que recolecte, procese, recicle y trate al conjunto (a todos y todas) de los RAEE. Se requiere, pues, acuerdo políticos, gremiales, empresarios y mucho, pero mucho, convencimiento y educación ciudadana para generar una empatía con el reciclado.

Habiendo hecho ciertos números, considero que el costo inicial para de implementar un Sistema Integrado de Gestión de RAEE tiene un costo inicial significativo. Sin embargo, luego permite generar utilidades, no sólo ecológicas, sino que también económicas. El desafío será, pues, integrar y lograr sinergias entre municipios, Autoridades Ambientales provinciales y nacionales, recicladores, chatarreros, operadores logísticos y de residuos peligrosos y los productores. Y serán los SIG-RAEE los encargados de la dura tarea de convencer a millones de consumidores de llevar sus desechos electrónicos a los puntos Verdes para comenzar la cadena de valor de la remanufactura o la minería urbana.

Hoy estamos muy acostumbrados a modelo del Producción y Consumo del tipo de maximizar las utilidades al menor costo y luego de la venta: “útese y descártese”. Pero debemos cambiar hacia un modelo de Ciclo Cerrado: minimizar lo que se entierra o quema, y, en cambio, maximizar el recupero, reuso y reciclado. Eso será cambiar de una modelo de Economía Global vista como una Sociedad de Responsabilidades Limitadas (Economía-SRL) por un modelo de Desarrollo Sostenible de recursos naturales limitados..

**Idea Fuerza: Debemos unir fuerzas públicos-privadas y consumidores-usuarios para desterrar la práctica “enterrar” o “quemar” los RAEE. No más *scrap* al tacho. El nuevo paradigma global es una economía de ciclo cerrado, donde las empresas adoptan buenas prácticas de gestión de sus residuos/*scrap*, buscan sinergias en cadenas de valor sostenibles y los transforman en la materia prima de nuevos procesos. Economías de bajo impacto en el ciclo de vida de los bienes y servicios que consumimos. Las soluciones al desafío de la gestión de los RAEE deben integrar a los Productores de AEE, a los gobiernos y a los consumidores-usuarios**

## **1.6 Tóxicos y/o preciosos: los desechos de la Era Electrónica**

El modelo de la Economía de Ciclo Cerrado y Sostenible requiere de Sistemas Integrados de Gestión de RAEE para hacer frente a una realidad: la “democratización del *hardware*”. Como todos somos consumidores o usuarios y, por lo tanto, desechadores de los RAEE; todos somos parte del problema y todos debemos ser parte de la solución. Ello requiere, a su vez, la implementación de políticas, normas y procedimientos para evitar, mitigar, remediar o revertir impactos ambientales-huella ecológica que son necesarias en cada una de los procesos que van desde la obtención de sus materias primas, los procesos productivos, el consumo y el pos-consumo (re-manufactura, tratamiento, reciclado y disposición final) de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE).

Qué le planteo a los decisores de los países miembros del Mercosur, y extensibles al conjunto de América latina: llegó la hora de comenzar a adoptar estrategias público-privadas para manejar los impactos de la Huella de los AEE, incluyendo la implementación desde una óptima y bajo políticas regionales, de alguna o un conjunto de las siguientes propuestas y estrategias, de mediano y largo plazo:

- Planificar el uso, prever el agotamiento, dar sustentabilidad a los esquemas de producción actual y resolver las restricciones al acceso y disponibilidad de todas aquellas materias primas o fuentes energéticas que pueden ser usadas en los AEE, integrándose a la Industria globalizada de las Era Electrónica y Digital como proveedores de insumos o productos manufacturados;
- Gestionar los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), siguiendo el siguiente orden de opciones: re-manufactura y re-uso AEE, recupero de materias primas (o Minería Urbana), reciclado y disposición final sostenible. Nunca más los residuos electrónicos al tacho de basura;
- Adoptar políticas de eficiencia energética tanto en los procesos de manufactura como en la logística, comercialización, consumo, pos-consumo y reciclado de los AEE;
- “Diseñar para el ambiente”, esto es, internalizar en las cadenas de valor productivo el concepto holístico que busca minimizar los impactos ambientales de cada etapa del ciclo de vida de los AEE, optimizando las opciones de re-uso y desmontaje para el reciclado o recupero de materias primas;
- Adoptar de políticas o prácticas de negocios que incluyen un abastecimiento sostenible de las materias primas, procesos productivos de mínimo impacto y responsabilidad extendida en el pos-consumo.

Gran parte de todo lo que vemos a diario, o lo que escuchamos y percibimos en nuestro ecosistema urbano-digital, está configurado y transmitido a través de dispositivos electrónicos. Todos los años, las familias incorporan en sus hogares nuevos aparatos y dispositivos electrónicos, destinando una parte creciente de sus presupuestos comprar éstos productos de la Era Electrónico Digital. Este incremento en el consumo, democrático y universal, se traduce en una mayor presión de extracción, industrialización y desecho (tanto posindustrial como posconsumo) de metales, plásticos, compuestos y aleaciones de todo tipo y color.

Hay un tema que hace más preocupante a ésta tendencia. A diferencia de las materias primas demandas para construir infraestructuras como autopistas,

edificios, puertos y represas (cemento, acero, aluminio, asfaltos y madera); los AEE requieren en su proceso productivo de ciertos elementos (minerales y metales) o aleaciones de materiales complejos: como ser, metales preciosos, metales estratégicos, tierras raras y materiales de síntesis guardados bajo secreto industrial. Y, ahí entramos en el quid de la cuestión: algunos de éstos insumos y materiales se agotando y tiene costos imposibles de costear por todos y todas. Pero también, generan desechos sometidos a control global por ser metales pesados, cancerígenos, tóxicos o riesgosos para la salud.

Entonces, lo paradójico de la Era Digital es que entre sus aparatos o dispositivos conviven metales altamente peligrosos para la salud y el ambiente, pero también metales preciosos y estratégicos. La lógica del no tirar nunca más RAEE al tacho es doble: evitar que trazas de metales como el cadmio, plomo, bromo o los PCB contaminen el ambiente, pero también recuperar trazas de otros metales de alto valor económico. Hay que ser ciego, o terco, para no ver por qué nuestros países requieren de Sistemas Integrados de Gestión y una Industria Gestora de RAEE, los que deben estar a la altura de insertarse en las cadenas de valor ya montadas en los países del OCDE (desarrollados) para valorizar todos aquellos metales estratégicos, metales preciosos/del grupo del platino y tierras raras desechadas al tacho de basura luego del consumo de los aparatos electro-electrónicos.

Mientras que las Autoridades Ambientales regulan, a lo largo del ciclo de vida de los AEE, la liberación al ambiente y los riesgos para los trabajadores, la presencia de metales pesados regulados por leyes nacionales y la Convención de Basilea; los “mineros urbanos” buscan recuperar otros metales, que pueden estar en pequeñas concentraciones como el oro, la plata y los metales del grupo del platino –MGP–, como el propio platino, paladio, rutenio, rodio, osmio y el iridio, además de las tierras raras como el cerio, el itrio y el neodimio.

Para algunos metales del Grupo del Platino o las Tierras Raras el *stock* en uso actual supera a las reservas probables. Algunos países ya consumen más chatarra de hierro, cobre y aluminio que concentrados mineros. Por eso hablamos de minería urbana: cuando comienzan a escasear los recursos naturales nos quedan los activos minerales que hoy estamos usando. La Unión Europea, Japón, Corea, EEUU, Canadá, Rusia, Sudáfrica y China han entrado en una disputa por las fuentes de abastecimiento de éstos materiales estratégicos para la Era Electrónica y Digital, ya sea de su obtención mediante la minería convencional-refinada o mediante el reciclado-recupero-refinado o minería urbana. Cuando países como Alemania, Bélgica, Suecia, Japón y Canadá abren sus puertas a la chatarra electrónica es porque están haciendo minería urbana.

Por otro lado, cuando muchos de estos compuestos son enterrados en basurales y rellenos sanitarios, o incinerados en plantas no adecuadas, pueden llegar a liberar al medio ambiente diversas sustancias altamente contaminantes. Una vez que los RAEE entran a reaccionar con los líquidos del lixiviado de los rellenos sanitarios y basurales, o sufren quemadas en basurales municipales, o los recicladores informales los rompen y dispersan sus compuestos, la contaminación bio-acumulativa se

dispersa afectando tanto la salud y el bienestar de los ciudadanos, como también a los ecosistemas y a la biodiversidad.

Las **plaquetas electrónicas, vidrios activados (LCD), pilas y baterías** pueden contener elementos extremadamente contaminantes y que no se degradan totalmente, como el mercurio, el cinc, el cromo, el arsénico, el plomo o el cadmio. Todos estos desechos, una vez puestos en un relleno sanitario pueden degradarse, pero seguirán teniendo una carga tóxica durante más de mil años. El mercurio es el metal más nocivo. En contacto con agua produce metil-mercurio, compuesto que se concentra en las cadenas alimentarias produciendo graves desórdenes del sistema nervioso en los seres vivos. Según estudios especializados, una micro pila de mercurio puede llegar a contaminar 600.000 litros de agua, una de zinc-aire 12.000 litros, una de óxido de plata 14.000 litros y una pila común 3.000 litros. Los países del Mercosur han comenzado a restringir, al igual que la Europa o América del Norte, la presencia de esos contaminantes en las fuentes de energía portátil, así como el resto de aparatos electrónicos, automóviles y materiales de construcción.

A lo largo del siglo XXI, la evolución tecnológica tendrá sus límites tanto en la velocidad de innovación y creatividad, como en la capacidad de implementar sistemas mineros, productivos, de reciclado, refinados y procesamiento que mantengan un fluido abastecimiento de los metales y compuestos estratégicos. En este escenario, los países del Mercosur deben comenzar a planificar su abastecimientos y flujo de materiales estratégicos, determinando qué materiales obtener de la minería y cuáles de la minería urbana o reciclado, y avanzando en la cadena de valor de refinado y obtención de compuestos, nuevos materiales y aleaciones para la Era electrónica.

Los países industrializados han adoptado fuertes medidas y estrategias que promueven soluciones con un enfoque sistémico que se aproxima a la gestión de los RAEE, considerando la intervención en todo el ciclo de vida de los aparatos electrónicos; desde la cuna a la tumba (desde la minería y el pozo de petróleo, las industrias básicas, las productoras de materias primas o compuestos para elaborar aparatos electrónicos y las industrias de AEE propiamente dichas). Además, se han adoptado las recomendaciones para la minimización de los residuos y maximizar el recupero de materias primas al final del ciclo de vida útil para bajar la dependencia de terceros países.

## **1.7 Son los recursos, *stupid*...**

Películas geniales como Avatar, Wall-E u Odisea del Espacio 2001, nos llaman la atención respecto del crecimiento en la demanda de recursos naturales y el espacio para arrojar los desechos de nuestro consumo. Y, a la vez, nos alertan sobre las limitaciones de acceso y los riesgos o aumentos de la conflictividad tanto ambiental como social del proceso de obtención de recursos naturales de la Tierra, sobre todo cuando el agotamiento es notorio. La Nave Espacial Tierra tiene sus recursos limitados e, históricamente, dicha escasez puede llevar a las naciones a conflictos o, inclusive, guerras.

La Era Electrónico-Digital sigue requiriendo, para funcionar, materias primas y energía, que con una población creciente empiezan a escasear, al menos sólo considerando sus yacimientos o fuentes naturales. Parafraseando a Bill Clinton, cuando en la campaña presidencial le gritó a George W. Bush: *It's the Economy, Stupid!*, podemos decir, que detrás de las políticas de reciclado y gestión ambiental “están los recursos escasos”. Cambiar un paradigma lleva su tiempo, pero en este caso de la Gestión de los RAEE, como diría en cantante español, “nos sobran los motivos”. Desde parar de contaminar a recupero de metales que, como veremos, suben en forma sostenida los mercados de materias primas del mundo.

Más de la mitad de los materiales que componen el conjunto de los AEE son metales o polímeros complejos, cuyos precios mantienen un crecimiento sostenido en la última década (el precio del oro pasó de U\$ 340 a tocar picos de U\$ 1800 por onza troy, y el cobre de U\$ 2000 a más de U\$ 9.000). Estos valores pueden bajar un poco, pero con al demanda sostenida, universal y democrática de aparatos electrónicos, autos, trenes, aviones y demás, será impensado que vuelvan a los niveles de precio del siglo XX. Todos queremos mejora nuestra calidad de vida con más y mejores aparatos electrónicos.

El incremento de la demanda se traduce en una mayor industrialización y manufactura de los nuevos equipos electrónicos, tanto para los equipos de Informática y Telecomunicaciones (IT) como para la electrónica de consumo, autopartes, robótica industrial, expendedores automáticos, aparatología médica e inclusive los electrodomésticos. Y resulta claro que a mayor consumo de AEE, mayor será la demanda cobre, aluminio, zinc, magnesio, cadmio, berilio, selenio, cromo níquel, oro, plata, metales del grupo del platino y tierras raras, así como diversas aleaciones y sílice. La presión no sólo va por los 7.000 millones de habitante que somos, sino porque todos queremos más aparatos electrónicos, y tender al consumo de un neoyorquino o un belga. Este consumo geométrico en la demanda de materias primas coincide con restricciones sociales y ambientales para las mineras y las industrias pesadas metálicas.

Como ya mencionáramos, no todas los materiales con los cuales se manufactura o se insertan en los RAEE son “buenos muchachos”. Algunos elementos como el cadmio, plomo y mercurio, que por su alto peso molecular y características fisicoquímicas son usados en los semiconductores, lámparas y baterías, están presentes en gran parte de los AEE. Estos metales pesados pueden ser muy tóxicos y cancerígenos aún en concentraciones muy bajas, y se pueden acumular en la cadena alimentaria y afectar a los seres humanos.

Por ello, las políticas del Mercosur tienen a reducir o limitar, e incluso prohibirlos para ciertos usos, e impulsar la investigación y desarrollo para lograr sustitutos menos riesgosos. Sin embargo, para ciertos usos aún no tienen reemplazos a la vista. Por ejemplo, el mercurio, que está comprobado científicamente que es riesgoso para la salud en contacto con el cuerpo afecta el sistema nervioso, el cerebro y el aparato reproductor, cumple funciones irremplazables como su altísima eficiencia energética en la iluminación de LCD de TV y monitores. Además se lo usa en los *displays* de los teléfonos celulares, baterías, circuitos impresos de todo tipo



de equipos y hasta en las lámparas de bajo consumo y en los tubos fluorescentes. Entonces, si debemos seguir usando al mercurio como al resto de los metales pesados o algunas otras corrientes de sustancias sometidas a control por su riesgo ambiental, no podemos luego enterrarlos en basurales.

El mercurio explica uno de los dilemas de la Nave-Espacial-Tierra: es fundamental para gran parte de los equipos electrónicos de uso cotidiano como los teléfonos inteligentes, notebooks, baterías y equipos de iluminación, pero es muy contaminante, aun en pequeñas concentraciones. La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU., la EPA, estima que un LCD de 32 pulgadas contienen 4 miligramos de mercurio que se usan en la iluminación de la luz fluorescente. Pero, en el proceso de manufactura se desechan otros 4 mg. Por ende, de no tratarse los residuos de la producción del LCD ni del desecho al final de su ciclo de vida, se impactaría en el ambiente con 8 mg de mercurio.

Si bien de buenas a primeras, 8 mg de mercurio parecen nada, la Agencia de Salud Ocupacional de EE. UU. considera que niveles superiores a 0,1 mg por metro cúbico de aire es inseguro. Asimismo, dicha agencia ha fijado límites de 1 parte por millón (1 mg por kg) para la comida y 1 parte por billón (1 mg por metro cúbico) de agua. De allí surge, que los 8 mg que puede generar un LCD de 32 pulgadas alcanzan para contaminar 8 metros cúbicos (8.000 litros) de agua. En síntesis, el mercurio usado en aparatos como la TV y los celulares le pone más color o definición a nuestras pantallas, pero al final de su ciclo de vida, tenemos que reciclarlos y tratarlos para que no nos terminen matando.

Otra paradoja de la Nave Espacial Tierra es el caso del tantalio, usado también en celulares, las nuevas computadoras y algunos capacitores de equipos de alta tecnología, como equipamiento militar. Perteneció al grupo de metales denominados tierras raras y obtenida de un concentrado minero llamado coltan, por su escasez en la corteza terrestre. Si bien el coltan no es tóxico, es decir, no implica riesgos para la salud en forma directa, su extracción genera terribles impactos sociales, de derechos humanos y ambientales en aquellos puntos donde se hace la minería de éstos elementos, como la República Democrática de Congo y China.

Además de los metales, el resto de las materias primas usadas para manufacturar y hacer funcionar a los equipos electrónicos son plásticos, sílices, vidrio, cuarzo y algunos elementos no metálicos. Los plásticos de ingeniería provienen de derivados del petróleo, así como todavía la mayor parte de la electricidad proviene de combustibles fósiles, básicamente petróleo, gas y carbón. Entonces, tanto por las materias primas para su manufactura como las fuentes de energía eléctrica, la huella ecológica de los aparatos eléctricos y electrónicos es algo que debemos ya empezar a resolver para darle mayor sostenibilidad, equidad e inclusión social a los habitantes de la Tierra.

## **1.8 La Era Electrónica-Digital y el consumo de materias primas**

Si uno consulta diversos libros de la Industria de Informática y Telecomunicaciones, o bien hacemos una lectura de cabo a rabo de los manuales adjuntos en cualquier aparato o dispositivo electrónico que compramos; prácticamente ninguno hace

mención a las materias primas usadas en su manufactura. A diferencia de lo que está regulado para los alimentos y medicamentos, en donde se imprime en el packaging su composición, para los AEE no se hace casi mención de los materiales que lo componen. Existe una desconexión entre el abastecimiento de materias primas y nuestra idea sobre cómo se fabrican los AEE. Pareciera que los recursos naturales fueran ilimitados para la mente de los industriales de la Era Electrónica Digital. Pero la fuerza de los precios crecientes y las restricciones en el uso de ciertos materiales los han hecho caer en la realidad.

Por muchos años, a las Industrias de la Era Electrónica y Digital se las definió como limpias, no contaminantes, basadas en el conocimiento y no por los materiales que usaba. “Más buenas que nuestra madre”. En tal sentido, si hiciéramos una encuesta, aún entre aquellos que comercializan éstos productos en el Mercosur, prácticamente nadie sabría ni cuál es la composición de al menos el 50 % de los materiales de los AEE, y mucho menos de dónde esos materiales. Ni que hablar sobre dónde operan las refinadoras, altos hornos, fundiciones, químicas y ni que hablar de las empresas de nanotecnología o materiales de síntesis que procesaron o sintetizaron los compuesto de la plaqueta madre, del cristal líquido de mi pantalla o el silíce del microprocesador mi dispositivo celular, tableta, cámara de fotos o el LED-TV.

Conocemos a las glamorosas marcas fabricantes de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés), como: Apple, Lenovo, HP, Philips, Toshiba, Sony, GE, Whirlpool, Nokia, Dell, Intel, Energyzer, Duracel, Osram, Samsung o LG. Pero, ¿qué sabemos sobre las empresas que se ubican al inicio del ciclo de vida de los AEE?: los que obtienen las materias primas y los compuestos que conforman la sustancia para fabricar los microprocesadores, transistores, plaquetas, pantallas, carcazas, motores, sistemas de refrigeración y otras piezas o consumibles

En la Era Electrónica y Digital operan una gran cantidad de empresas “detrás de escena”. No sólo empresas como Hon Hai Precision Industry Co., Ltd, un poco más conocida bajo el nombre Foxconn, el mayor fabricante de componentes electrónicos a nivel mundial y el mayor exportador de China: Apple, HP, Dell, Cisco, Acer, Nokia Sony, Amazon o Nintendo son algunas de las marcas que son manufacturadas por ésta firma taiwanesa. Pegatron o firmas más conocidas en el Mercosur como Brighstar, BGH y New San, también son las industrias detrás de las Marcas.

Pero, yendo un poco más para atrás, Umicore, Boliden, Xstrata, Aurubis, Johnson Matthey, Techemet, Sims, Stena, Multimetco, Metallo, Snam, Dowa y decenas de empresas mineras sudafricanas, rusas, australianas, chilenas, chinas e indias hoy por pocos conocidos serán activos financieros a seguir, y tratar de que puedan asociarlas con las empresas del Mercosur. Y por que no, desarrollar alianzas estratégicas, clúster de valorización de chatarras y concentrados mineros, o ya yendo un poco más arriba, dar los incentivos para desarrollar en el Mercosur una poderosa industria de materiales estratégicos, refinadoras, materiales de síntesis y nanotecnología.

Cuando analizamos la huella ambiental del teléfono celular, una heladera o una pila, vemos que generan diversos impactos ambientales a lo largo de su ciclo de

vida útil. Los impactos en el ambiente de la era Electrónico-Digital no están sólo en los aparatos que usamos y luego desechamos, sino que va desde la obtención de las materias primas, su transporte, manufactura, nuevo transporte del producto elaborado, consumo energético, repuestos hasta su desecho final. Pero también para que el teléfono celular funcione, requiero de miles de dispositivos como antenas celulares, servidores, data centers, UPS, etc. Estos aparatos son manufacturados con grandes cantidades acero, para las estructura; cobre y aluminio, como materiales conductores; un poco de metales preciosos y una pizca de tierras raras.

Ya vamos viendo cómo la Era Electrónica se interrelaciona con el mundo de las materias primas escasas. Existen algunos metales cuyo principal uso actual es en la producción de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Por ejemplo, el 80% del indio (usado en las pantallas de LCD), algo más del 50% del rutenio (discos duros), 50% del antimonio (retardantes de llama en plásticos de AEE), 35% del estaño (en soldaduras), 30% del cobre (cables, motores) y otro 30% de la plata (contacto y soldaduras). Y mirando los super-precitados metales preciosos, el 15% del paladio y el 10% del *stock* del oro mundial son usados por estas industria:

Metal	% usado Aparatos electrónicos	Aplicaciones principales	Es un subproducto obtenido del refinado de
Indio	80 %	LCD	Zinc y plomo
Rutenio	> 50 %	Discos duros	Grupo del platino
Antimonio	Aprox. 50 %	Retardantes de llama	Cobre, zinc y plomo
Estaño	Aprox. 35 %	Soldaduras	
Cobre	30 %	Cables, motores, plaquetas, etc.	
Plata	30 %	Contactos, soldaduras	Plomo y Zinc
Cobalto	20 %	Baterías recargables	Níquel y cobre
Selenio	Aprox. 20 %	Electro-ópticos	Cobre
Paladio	Aprox. 15 %	Conectores, MLCC (Multi-Layer Ceramic Capacitor)	Grupo del platino
Oro	Aprox. 10 %	Contactos, microprocesadores, chips	Cobre

**Imagen N° 3. Metales cuyo principal uso está destinado a fabricar equipos electrónicos, según un informe del EMPA, Instituto Suizo de Materiales**

Sin lugar a dudas, una creciente parte de la minería está orientada a la obtención de materiales para la producción de aparatos y dispositivos electrónicos. Obviamente, muchos de los materiales obtenidos por las mineras y, recuperados por las refinadoras, tienen acuerdos con clientes bajo estrictos secretos

comerciales. El ingreso a estas plantas sólo se puede hacer bajo estrictas normas de seguridad. Además cuentan con los mejores profesionales en metales y vienen perfeccionando sus tecnologías y procesos, no sólo para garantizar calidad en los materiales obtenidos sino las más altas normas de protección ambiental y seguridad laboral. Muy por encima de los recuperadores informales de India o China.

Las refinadoras de los metales usados en la electrónica, como Xstrata, Umicore, Boliden, Dowa o Aurubis, perfectamente pueden refinar esos metales tanto de concentrados mineros como de chatarra electrónica debidamente segregada. Estos jugadores llevan décadas investigando y desarrollando tecnologías de altísima eficiencia para la obtención y refinados de metales o compuestos estratégicos. Con la adopción de las nuevas regulaciones que obligaron, primero a los países de la UE y luego al resto de los países de OCDE, a gestionar los RAEE, inmediatamente adaptaron sus procesos para refinar plaquetas electrónicas y baterías usadas.

En tal sentido, toda la chatarra electrónica tiene mercado para reciclarse. Algunas partes o piezas podrán ser reusadas o remanufacturadas. Otras irán a altos hornos o fundiciones del Mercosur y, otra parte, a las grandes refinadoras. Los decisores políticos y consultores estratégicos del Mercosur deben comenzar a aportar herramientas políticas, culturales, sociales y económicas, para entender que los recursos mineros serán cada vez más caros, con lo cual, la minería urbana, el reciclado de chatarras electrónicas y refinado de metales usados será vital para las naciones que quieran mantener la vanguardia tecnológica y geoestratégica.

## **1.9 Las 3 R de la Era Electrónica y Digital**

En éste libro nos referimos al conjunto de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) para usar una convención global, que incluyen a todos aquellos *“aparatos que, para funcionar, necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos”*.

En tanto, definimos y englobamos al Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos bajo la sigla de RAEE), también llamados coloquialmente chatarra electrónica, e-basura o *“e-scrap”*. Los RAEE son un *“conjunto heterogéneo de aparatos eléctricos y electrónicos, así como también a los materiales constituyentes, sus componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte de los mismos, que su poseedor decida desechar o tenga la obligación legal de hacerlo. Esto último resulta muy importante y ya se irá desarrollando a lo largo del texto, y se refiere a la responsabilidad tanto del consumidor como del productor del AEE”*.

Uno de los debates reiterados entre los legisladores, abogados y los funcionarios de regulación de la gestión de los desechos, es determinar cuándo un aparato o dispositivo electrónico se convierte en RAEE, y como tal pasa a estar sujeto a control por la Autoridad de Control Ambiental. Esto es, cuándo definimos el final del ciclo de vida del AEE y a partir de la *“defunción certificada”*. Para la autoridad ambiental esto es fundamental para definir sujetos y objetos regulados, marcos jurídicos, derechos y obligaciones, tasas o tarifas, sanciones y multas.

**Idea fuerza:** el conjunto de los RAEE requieren un manejo específico y diferenciado, tanto de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) como de los residuos peligrosos. Estos desechos de la Era Electrónica Digital, debido a su potencial de aprovechamiento y valorización, deben ingresar a circuitos de re-manufactura o de-manufactura. Incluyendo en éstos procesos de *triaje*, clasificación, desmontaje, desguace, reciclado, re-acondicionamiento de piezas o partes, y/o recupero de materiales plásticos y metálicos como insumos de nuevos procesos industriales. Si bien los RAEE tienen Corrientes de Residuos Peligrosos Sometidas a control por el Convenio de Basilea y las normativas nacionales, la factibilidad de valorización, recupero y reciclado debe primar ante opciones como la termo-destrucción o disposición final en rellenos sanitarios.

El concepto de los RAEE está basado en la idea de abandono o descarte por su poseedor, lo cual no implica necesariamente que su ciclo de vida haya concluido. Gran parte de nosotros abandonó el equipo de videocasete por el DVD, y éste por el Blue-Ray o la posibilidad de bajar en la computadora o en la Tablet a las películas usando servicios tales como la red online de películas Netflix. Hemos certificado la defunción del videocasete o el DVD, aún cuando los dispositivos todavía permanecen funcionales. Ya pasaron de moda, son obsoletos, lentos o no consigo más películas porque los video se han extinguido como los dinosaurios. Ni que hablar de nuestro compulsivo recambio de teléfonos móviles, equipos de audio, cámaras de fotos y electrodomésticos antes de que dejen de funcionar. Entonces, si funcionan, ¿cuándo se convierten en residuos regulados por la Autoridad?

Pongamos esto bien en claro: para las Autoridades Ambientales de Aplicación en materia de control de los RAEE se establece que las características que hacen que un AEE sea considerado como RAEE, en orden de prelación, son las siguientes: cuando ya no pueda ser usado para el fin que ha sido creado; por obsolescencia o recambio tecnológico; cuando su poseedor toma la decisión de descartarlo o dejarlo. En tal sentido, toda normativa RAEE que se desarrolle en cualquier país, debe privilegiar la secuencia de las 3 R de los RAEE:

- **Remanufactura o reacondicionamiento del AEE:** lo cual incluye procesos y procedimientos de re-manufactura o re-acondicionamiento, extensión del ciclo de vida del conjunto del aparato o sus partes. Muchos fabricantes o marcas tienen incorporados estos servicios en la posventa de sus AEE. En el recupero de los AEE, no sólo se habla del conjunto del equip , sino que muchas partes tienen valor de reventa, tales como fuentes de energía eléctrica, motores, plaquetas testeadas, compresores, etc. Las tareas las puede hacer el fabricante, sus servicios técnicos o terceras partes autorizadas. La realidad es que en el Mercosur, existen muchas empresas que re-manufacturan/reacondicionan todo tipo de equipos o piezas de repuesto, sin la autorización de las marcas. Esto deberá ser regulado.
- **Reciclado del AEE:** que incluye procesos de desmontaje o de-manufactura, segregación de materiales, compuestos, polímeros y metales por

tipo/color/estado, procesamiento para su reventa como metales ferrosos (hierros, chapas), metales no ferrosos (cobre, latón, aluminio, zinc, inoxidable, etc.), plásticos de ingeniería (HIPS, PC-ABS, acrílicos, PP, PS, etc.), vidrios, compuestos, etc. El reciclador desmonta, segrega y clasifica materias primas para acondicionarlos para su venta como insumo de nuevo proceso industrial. Los fabricante originales de equipo (OEM) prefieren trabaja con recicladores, que garanticen que su RAEE van a reciclado y no a re-uso compitiendo con las propias ventas.

- **Refinado y Primarización:** en éstos procesos incluimos al conjunto de procesos y tecnologías para obtener las materias primas o *commodities* es su estado comercial para comercializada al mercado industrial global. Sus precios se referencian a los de mercados de materias primas, en especial al LME (London Metal Exchange). Es decir, dependiendo de la calidad del *e-scrap* pagan sobre el LME más premios o menos reducciones por fuera del estándar. Las empresas de éste sector suelen estar concentradas, son globales, de gran escala y cuentan con altos conocimientos tecnológicos. Son las que producen la materia prima con la cual sigue funcionando la rueda de la Era Tecnológica.

## **1.10 Obsolescencia programada o final de ciclo**

Una de las grandes polémicas en torno de los Aparatos Electrónicos es el criterio de la obsolescencia programada (OP). La mitad de la biblioteca tiene argumentos para creer en la existencia intencional de la OP, en tanto, la otra mitad, la niega. Veamos: se entiende por obsolescencia programada la fecha de caducidad impuesta por los fabricantes para acortar el ciclo de vida de sus productos. Los artículos electrónicos, como todos los productos comerciales, tienen un ciclo de vida, desde su puesta en el mercado hasta su obsolescencia, rotura y caducidad, los AEE, tarde o temprano devienen en RAEE.

Sin embargo, la obsolescencia programada, hace referencia a una caducidad deliberada y concebida desde su diseño por el fabricante para que las cosas no duren más allá del tiempo deseado por ellos mismos. Así, esta caducidad se puede programar utilizando materiales menos consistentes, menos duraderos, baterías, cartuchos u otro consumibles agotables o incluso, introduciendo "*chips terminators*" con contadores que limiten el uso, recarga o remanufactura, hasta un determinado número de veces. A veces, la obsolescencia en unos pocos años también se debe a la velocidad del recambio tecnológico. Quién no acumuló y luego desechó cientos de casetes o *diskettes*, así como videograbadoras, *beepers*, *faxes*, *walkmans* o juegos electrónicos.

La lista de la tecnología que estuvo y luego, cual dinosaurios comerciales, se extinguieron: el *walkman* nació en 1972 y se comercializó a un precio desorbitante a comienzos de la década del '70 e hizo de Sony el líder mundial en audio y video. Este reproductor de audio con el tiempo fue desplazado por el *discman*, una tecnología que hoy, gracias a los reproductores de Mp3 y Mp4 (y los iPod), también quedó atrás. ¿Y el *mini-disc*? Tuvo un leve *boom* en la década de los 90, pero

nunca logró un verdadero furor. El fax también fue algo fantástico y todavía ponemos un número de fax en nuestras tarjetas personales. En 1964, se hizo realidad, aunque se popularizó recién a fines de los 70.

El **beeper** pertenecía a unos pocos, los que necesitaban ser localizados en el instante. Un breve mensaje de texto caracterizaba a este buscaperonas que fue rápidamente desplazado por los celulares. **Atari** y **Dynacom** fueron las primeras consolas de los 70. Quienes después inspirarían al **Family**, el **Sega**, el **Nintendo**, la **PlayStation** y su infinidad de descendientes. Por último, es necesario recordar el **casete**, donde no sólo se guardaban los tesoros de los cantantes, sino que también fue el inicio de las grabaciones domésticas.

Poco a poco, los consumidores nos hemos acostumbrado a asumir que los AEE son efímeros y cosas cada vez duran menos, por la rápida evolución de los equipos. Una computadora o un microprocesador de 3 años de antigüedad ya nos parecen arcaicos. O basta con ver el frenesí que generó Apple: el iPad 1 que no terminaba de llegar a la Argentina o Uruguay, cuando ya en EE. UU. lanzaban el iPad 2, luego el 3, sin darnos respiro. Y qué decir de la industria de telefonía móvil, donde nos acostumbramos a cambiar de teléfono cada 2 años.

Pero también nos pasa que percibimos una mayor fragilidad en los aparatos más modernos. Y en aquellos consumibles recargables, como son los tóner y cartuchos de impresión, nos topamos con chips puestos por el fabricante para contar la cantidad de impresiones y pasados un umbral impedir el funcionamiento del conjunto del dispositivo, a lo que llamo “chips Terminator”.

Desde las heladeras a los electrodomésticos y las herramientas eléctricas, gran parte de los equipos nos parecen endebles. Tenemos la sensación de que la chapa no es tan dura, el motor es poco potente y que su ciclo de vida es más corto. Los nuevos aparatos que compramos en la ofertas de cadenas de electrodomésticos y supermercados, en poco se parecen a esa imagen de marca que tenemos de marcas que parecían durar para toda la vida y se inmortalizaron en nuestras mentes con nombres como General Electric, Panasonic, Nikon, Oster, Siemens o IBM.

Con la globalización del *American Way of Life*, a partir de los años 50 y 60, favorecido por los medios de comunicación, especialmente la televisión y la publicidad, tanto la sociedad como el posicionamiento de los productos en nuestras mentes y lo que esperamos de ellos ha cambiado. Los consumidores, empiezan a poner en valor otras cualidades de los productos, más basadas en el consumismo y en la moda que en las cualidades de duración, dejando a un lado valores como la resistencia al tiempo. Se adquieren artículos no siempre tanto por necesidad como por puro hedonismo o para exhibirse.

Los críticos de la obsolescencia programada consideran que responde a una “conceptualización premeditada por parte de los fabricantes para crear artículos de menor calidad, que acorten sus ciclos de vida útil, con el fin de fomentar el consumismo. Cuando un producto dura menos, más fácilmente tendrá que ser repuesto por otro en el mercado. Así, el consumidor tendrá la necesidad impuesta de renovar sus electrodomésticos estropeados, o bien, de sumarse a las tendencias

consumistas de la moda para actualizar su vestuario o todo tipo de artículos. Nace la cultura de desechar, de reemplazar. Desaparece la cultura de reparar. Es más sencillo, e incluso más económico, sustituir un aparato estropeado que repararlo<sup>1</sup>.

Volvamos a las percepciones respecto de lo efímero y el “no-hecho-para-durar”. En los inicios de la revolución industrial, y hasta principios del siglo XX, los fabricantes buscaban, como cualidad inherente a sus artículos, la durabilidad. Cuanto más resistente al paso del tiempo era un producto, mayor era la valoración obtenida por los consumidores, mayor prestigio para la marca.

Pero las cosas empiezan a cambiar en los años ‘70 cuando la Ley de Moore, la democratización del consumo de AEE, la reducción universal de los precios y una búsqueda de mayor bienestar nos llevó a comprar electrodomésticos, juegos electrónicos, teléfonos, herramientas eléctricas y computadoras ya sea por necesidad, ya sea por moda y, en tal sentido, de ciclos de vida más cortos y descartables. ¿Para qué hacer algo que dure 20 años, si a los 3 ya es obsoleto? La nueva vuelta de tuerca la da la sustentabilidad. La sociedad tapada de desechos y la economía de recursos escasos nos invita a repensar y regular la obsolescencia programada y extensión del ciclo de vida de los aparatos electrónicos.

La cuestión es que, más allá de obsolescencia programada, chips Terminator o modas exacerbadas por el consumo, la realidad es que tanto el consumo de AEE como la generación de RAEE crecen y no paran de crecer. Esto nos lleva a la propuesta que quiere dejar éste libro: desde el Estado como Autoridad de Aplicación y Regulador, desde las empresas Productoras AEE y las empresas Gestoras de RAEE y desde la Sociedad Civil, se deben definir las estrategias, plantear los sistemas de gestión, diseñar las tecnologías e integrar las soluciones para hacer sostenibles la demanda de materias primas, el reciclado, la valorización del scrap y la disposición final de los desechos.

Sin desarrollar sinergias público-privadas ni un cambio en nuestra opinión pública respecto de la responsabilidad individual y colectiva de separar los desechos electrónicos de la basura doméstica para llevarlos a Centros Verdes para “alimentar” sistemas integrados de gestión de RAEE. Sin la comprensión del Estado y los Productores que deben involucrar al consumidor en ser parte de la solución en la gestión de los RAEE. Sin el desarrollo de una Industria que opere en blanco y con tecnologías verde para re-manufacturar, reciclar y tratar éstos desechos. Sin una integración del Mercosur a la generación de materias primas a partir de los desechos, pero generando el máximo valor agregado posible. Sin gestión de RAEE, como del conjunto de los desechos de la sociedad actual, entiendo que no hay futuro.

---

<sup>1</sup> Opinión de Pablo Pastor Alfonso de la consultora de Responsabilidad Social Empresaria Eticológic. <http://concienciaresponsable.blogspot.com.ar/2011/01/rse-obsoloscencia-programada-el-motor.html>



