

Capítulo 23

MEJORAMIENTO AMBIENTAL DE UN RÍO URBANO: EL CASO DEL RÍO JUNCTION CREEK SUDBURY, ONTARIO, CANADÁ

Resumen

La región de Sudbury tiene una larga tradición minera, que comenzó en el año de 1883, al ser descubiertos grandes depósitos de cobre y níquel. Para el año 1888 el primer “Alto Horno” inició sus operaciones en el área y se llevó a cabo la primera fundición de mineral que provenía de la mina Copper Cliff. Otras minas fueron desarrolladas y explotadas. Ya para finales del siglo, la industria minera estaba bien consolidada, lo que permitió el desarrollo económico de esta región del norte de la Provincia de Ontario en el Canadá.

Actualmente el principal mineral explotado es el níquel, y en menor cantidad el cobre, zinc y en mucho menor cantidad cobalto. Un gran número de minas continúan en operación, pero la más grande es operada por la compañía INCO y es la mina Copper Cliff. La contaminación generada por la extracción, la separación mecánica, la fundición y la refinación han causado contaminación en el medio ambiente con metales pesados, además de la acidificación del suelo, con la consecuente erosión del mismo. Casi 7,000 lagos fueron contaminados y cientos de hectáreas desposeídas de vegetación y de fauna.

El embalse del Río Junction Creek no fue contaminado por la explotación minera. Esta contaminación se empezó a monitorear y a documentar a partir de los años sesentas. Y no fue sino hasta los años setentas que la compañía INCO empezó a mostrar interés en controlar las descargas de flujos hacia la Junction Creek al suroeste de la ciudad de Sudbury.

Otro de los problemas ambientales que hasta la fecha no se ha solucionado comenzó en los años 20. La Compañía ferroviaria Canadian Pacific adquirió una planta de Creosoto, producto químico utilizado en el tratamiento de vigas para vías de ferrocarril. La planta fue cerrada pero la contaminación ha continuado hasta nuestros días.

En el año 1999 un grupo de ciudadanos decidieron agruparse para hacer frente común al problema de contaminación de este importante río urbano que atraviesa la ciudad de Sudbury. Con apoyo del Municipio de la ciudad, las industrias mineras INCO, Falconbridge, así como la de los ciudadanos y comerciantes de la ciudad, el comité logró hacer transformaciones radicales en este río urbano. El Comité lleva por nombre “Comité de intendencia del río Junction Creek”; está formado por ciudadanos, trabajadores de la industria minera, de la Universidad Laurentian, del Gobierno Municipal, Provincial y Federal; de comerciantes, de voluntarios de distintas clases sociales y otros; todos unidos con el deseo de mejorar el medio ambiente para las generaciones futuras.

Introducción

La región del municipio de Sudbury es conocida mundialmente por su complejo metalúrgico. Dicho complejo es uno de los más grandes del mundo y por consecuencia, la región, bajo la influencia de este complejo, es una de las más contaminadas de la Tierra. Con sus 17,000 ha de tierras infértiles y sus 7,000 lagos contaminados, Sudbury ha sido uno de las fuentes más importantes de emisión de dióxido de azufre del mundo (Pearson, *et al* 1995). Pero esta situación cambió cuando en los años sesentas, el gobierno Provincial empezó a imponer límites anuales a la emisión de dióxido de azufre a las compañías mineras. Este programa provincial estaba dirigido a incrementar la calidad del aire de la región. La Compañía INCO se vio en la necesidad de construir una Chimenea de 381 m que fue la más alta chimenea del mundo hasta

hace pocos años. Esta súper chimenea fue construida y terminada en 1972 en el pueblo de Copper Cliff donde se encuentra el “Alto Horno” de la compañía INCO (Potvin, *et al* 1995).

La combinación de varios factores contribuyó de una manera significativa a incrementar la calidad del aire en la región. Los factores fueron principalmente el incremento de la dispersión de los contaminantes en la atmósfera, la reducción importante de las emisiones de dióxido de azufre y el hecho de que varias plantas de fundición obsoletas fueron cerradas (como la planta de pirrodita de la compañía Falconbridge). La concentración de dióxido de azufre disminuyó drásticamente en un 50% a partir de 1972. Durante los ochentas la media anual de la concentración de dióxido de azufre se mantuvo debajo de las normas provinciales, es decir, de 0.020 ppm. Sin embargo, a pesar de estos logros, se siguen teniendo fumigaciones esporádicas que requieren que el “Alto Horno” se ajuste a las condiciones atmosféricas diarias y, si es necesario, cerrarlo completamente por varias horas. (Freedman *et al.* 1980)

Entre 1973 y 1981, aproximadamente 15,000 toneladas por año de material fueron liberadas a la atmósfera (Ontario Ministry of Environment. 1982; Ozvacic 1982). Estas emisiones incluían aproximadamente 1,800 toneladas de hierro, 700 toneladas de cobre, 500 toneladas de níquel, 200 toneladas de plomo y 100 toneladas de arsénico en una base anual (Ozvacic 1982). Pero en 1990, el total de emisión fue de 216 toneladas al año; esto es el 10% de los niveles que se tuvieron en 1970 (Potvin, 1995). Además del daño que se produjo en el ámbito terrestre a la vegetación, así como la acidificación de los suelos, causaron mortalidad en las plantas, decoloración de las hojas y reducción del crecimiento en el pino blanco (*Pinus strobus*), y del abedul blanco (*Betula papyrifera*) (Skelly *et al.* 1987).

La sedimentación de los lagos en Sudbury ha revelado ser un instrumento importante para determinar los efectos dañinos que la industria minera ha causado a los lagos de Sudbury. La acidificación de los lagos comenzó en 1920 en los lagos cercanos a los “Altos Hornos”, aumentó entre 1950 y 1960 debido a la fuente de emisión de dióxido de azufre liberado en la atmósfera. Las técnicas de paleolimnología permitieron trazar la historia de la contaminación de los lagos, por medio de la información presente en los sedimentos. Estos datos han sido utilizados como parte integral en los programas de monitoreo y evaluación ya que podemos utilizarlos como indicadores de las condiciones del ecosistema y los cambios que este ha sufrido durante los últimos años. Estos datos también permitieron detectar y cuantificar los cambios en la calidad del agua de los lagos desde las condiciones pre-industrial hasta el día de hoy (Dixit *et al* 1995).

Programa de restauración de las tierras y lagos del municipio de Sudbury

Restauración de las tierras

En el año 1974, la municipalidad regional de Sudbury (2,800 km²) comenzó un programa de rehabilitación de las tierras y lagos. El municipio decidió invitar a un grupo de consejeros para dialogar en un foro abierto sobre el futuro ecológico del municipio. Este foro dio origen a una estrecha colaboración por parte de varios grupos interesados en el medio ambiente. Entre ellos había representantes de la Universidad, la industria minera, el gobierno provincial y federal, así como el público en general. Una de las primeras labores que este grupo llevó a cabo fue el de identificar las áreas que necesitaban una atención urgente y prioritaria. Al mismo tiempo parcelas experimentales fueron establecidas en varios lugares para probar aditivos y mezcla de pastos. Estos experimentos demostraron que era posible una recuperación rápida de la vegetación en la región. Otros se llevaron a cabo en parcelas localizadas cerca de dos escuelas primarias y los resultados fueron muy satisfactorios. Para 1978 el Municipio comenzó un programa de restauración de toda la región, ese mismo año una de las compañías mineras locales despidió temporalmente a 3,500 empleados. El municipio buscando soluciones económicas para apoyar a los desempleados consiguió financiamiento para contratar a estudiantes y trabajadores durante el verano, para que realizaran faenas diversas necesarias para la restauración; esta fue una excelente oportunidad para utilizar a los individuos en una causa común (Lautenbach, 1987). La restauración no se llevó de una manera fácil desde el punto de vista técnico, debido a los grandes desafíos tales como un pH, variando de 3.0 a 4.5; el análisis de laboratorio demostró que el crecimiento de las raíces de las plantas era difícil debido a la toxicidad del suelo con concentraciones de cobre, níquel y aluminio muy altas (Winterhalder, 1984). Se necesitaba crear un ambiente de autosuficiencia en el ecosistema, la utilización de plantas tolerante a los suelos ácidos, utilización de plantas nativas y

restaurar los ciclos de los elementos nutritivos entre otros (Beckett et al 1990). Para aumentar el pH de 3 al menos a 5, se aplicaron 10 toneladas de limo por hectárea y fueron aplicadas varias semanas antes de la fertilización y de la siembra. En cuanto a la fertilización se refiere se aplicaron entre 390 a 400 kg por hectárea y el fertilizante utilizado fue 6N-24P-24K. Se sembraron cinco tipos de gramíneas y dos tipos de leguminosas. 20% *Agrostis gigantea*, 10% *Festuca rubra*, 20% *Phleum pratense*, 15% *Poa compressa*, 15% *Poa pratensis*, 10% *Lotus corniculatus* y 10% *Trifolium hybridum*. Dos años más tarde se plantaron arbustos y árboles con especies como *Pinus banksiana*, *Pinus resinosa*, *Pinus strobus*, *Picea glauca*, *Larix laricina*, *Quercus borealis* y *Robinia pseudocacia* (Winterhalder. 1983) Los resultados que se obtuvieron con el programa de restauración fueron sorprendentes a tal grado que en la conferencia internacional de Río de Janeiro en 1992, la ciudad de Sudbury recibió un reconocimiento por el éxito obtenido a través de su programa de restauración (Lautenbach et al 1995).

Restauración de lagos

Con pH menores a 6, muchas especies de plantas y animales acuáticos sufren daños severos y muchas de ellas desaparecen por completo (Schindler et al 1990). En el año 1980 había en la provincia de Ontario 19,000 lagos con estas condiciones, es decir pH menor a 6. Un tercio de estos lagos se encontraba en Sudbury o en las cercanías de esta ciudad. Estos lagos fueron acidificados por las emisiones de dióxido de azufre constantes producidas por las fundidoras locales (Dixiti et al 1995). La solución a este problema era la de cortar la fuente que mantiene el pH bajo. Un esfuerzo importante fue llevado a cabo al reducir las emisiones de dióxido de azufre en la atmósfera. Otra solución fue la de neutralizar la acidez de los lagos por medio de la adición de limo y de sustancias básicas como hidróxido de calcio y/o carbonato de calcio (Yan et al 1990). Ocho lagos cercanos a las fundidoras fueron seleccionados para llevar a cabo experimentos para mejorar el pH. Los experimentos mostraron un mejoramiento en el pH de los ocho lagos, y consecuentemente de la calidad del agua. En el fondo de los lagos las bacterias, el fitoplancton y las algas litorales respondieron rápidamente y directamente a la calidad del agua. En la superficie la repoblación de la fauna respondió favorablemente (Gunn et al 1988, Gun et al. 1990). Especies tales como *Gavia immer*, los patos (*Anas rubripes*; *Anas platyrhynchos*), empezaron a repoblar los lagos (McNicol, et al 1995).

Mejoramiento de los lagos urbanos

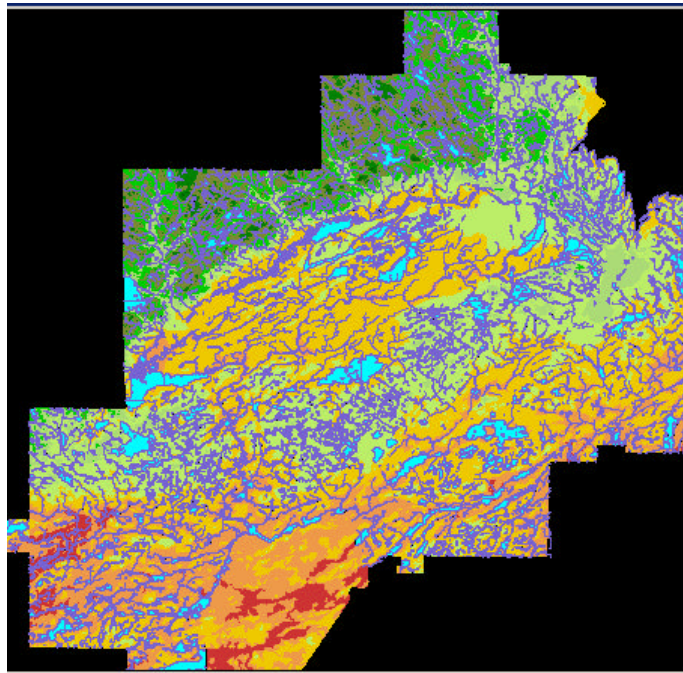
Dentro de los límites del municipio se encuentran al menos 33 lagos con una superficie que varía de 10 a 1,331 ha y con una profundidad máxima de 3 a 36 m. Estos lagos forman 10% del total del área de la estructura glacial y que hace de Sudbury uno de los lugares con una de las más altas concentraciones de lagos urbanos del mundo (Gunn & Séller, 1995). Se identificaron seis factores que afectan la química y la biología de los lagos urbanos dentro de esta ciudad industrial: acidificación, contaminación por metal, eutrofización, alteración de las orillas de los lagos, introducción e invasión de especies exóticas y finalmente alteración hidrológica. (Jeffries et al 1984). A pesar de que todavía se cuenta con muchos problemas, los lagos urbanos de Sudbury comienzan a mostrar un mejoramiento neto y tangible. Existen aproximadamente 30 especies de peces que se han introducido o reintroducido con excelentes resultados, especies tales como *Micropterus dolomieu*, *Esox lucius*, *M. Salmoides*, *Salvelinus namaycush* y *Stizostedion vitreum* entre otras (Gunn & Séller, 1995).

La hidrología del embalse de Sudbury

El drenaje del agua superficial de la región de Sudbury está determinado por tres Sistemas mayores, todos ellos se dirigen inevitablemente hacia el lago Huron.(Card. 1978). El primero es el sistema del río French que tiene como tributarios principales el subsistema del río Wanapitei y del lago del mismo nombre. En segundo lugar se encuentra el sistema del lago Panache, y que va desembocar a través del río Whitefish al lago Hurón. El lago Panache se alimenta de la descarga de una serie de lagos: Daisy, Richard, McFarlane y Long Lake. (Wang. 1978).Y finalmente el tercer sistema, el del río Spanish que es el más importante y que cuenta con cinco subsistemas: Onaping, Vermilion, Whitson, Levey Creek y la Junction Creek (Pearson, 2002). El subsistema del río Junction Creek está dividido en dos secciones: la primera es Upper Junction Creek que cubre una área de 15,643.6 ha y que va en dirección noreste-suroeste a partir de pueblo Garson hasta el pueblo Copper Cliff; la segunda es Lower Junction Creek con sus 6,866.6 ha y que va de Lively hasta Whitefish y se encuentra al sur de la Upper Junction Creek también en dirección noreste - suroeste (Co-operative Freshwater Ecology Unit).

El subsistema del río Junction Creek es el objetivo central de estudio del presente trabajo. El río es considerado como un río urbano ya que atraviesa la ciudad de Sudbury en dirección noreste-suroeste. Este río ha sido tema de varios estudios no sólo por la alta contaminación que presenta sino también por que fue el origen de las constantes inundaciones que la ciudad de Sudbury sufrió a través de los años, como fue el caso de la inundación de la primavera de 1998, que provocó que se cerrara el tráfico y que se tuvieron que utilizar sacos y bolsas de arena para proteger las propiedades cercanas al río (Kirchhefer, S.A. 2000)

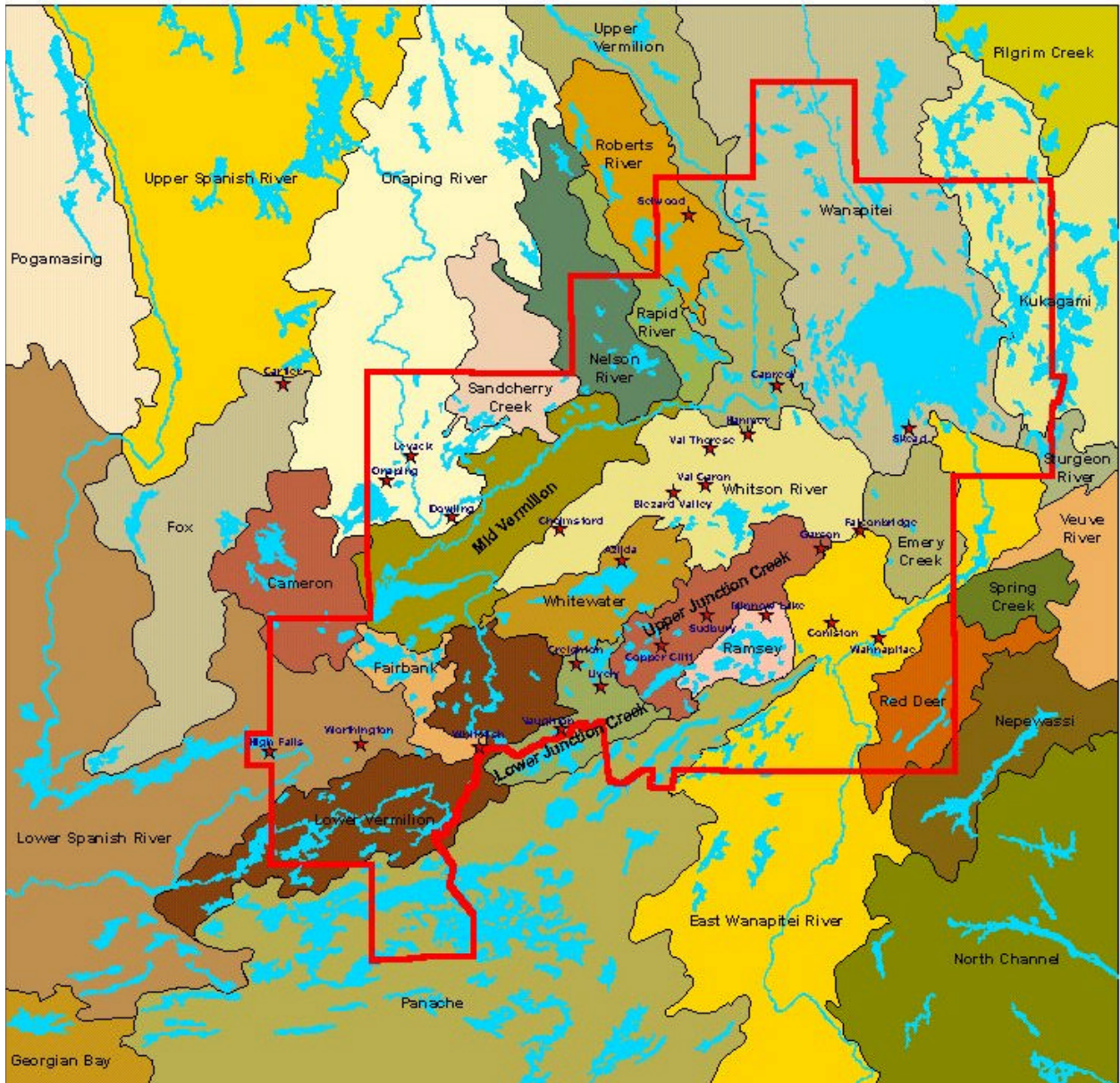
El río Junction Creek cristalino de aguas transparentes fue contaminado por metales pesados, y otras sustancias como el creosoto. El río fue utilizado durante varios años como drenaje, todos estos contaminantes hicieron que el río perdiera su belleza natural, su fauna y flora.

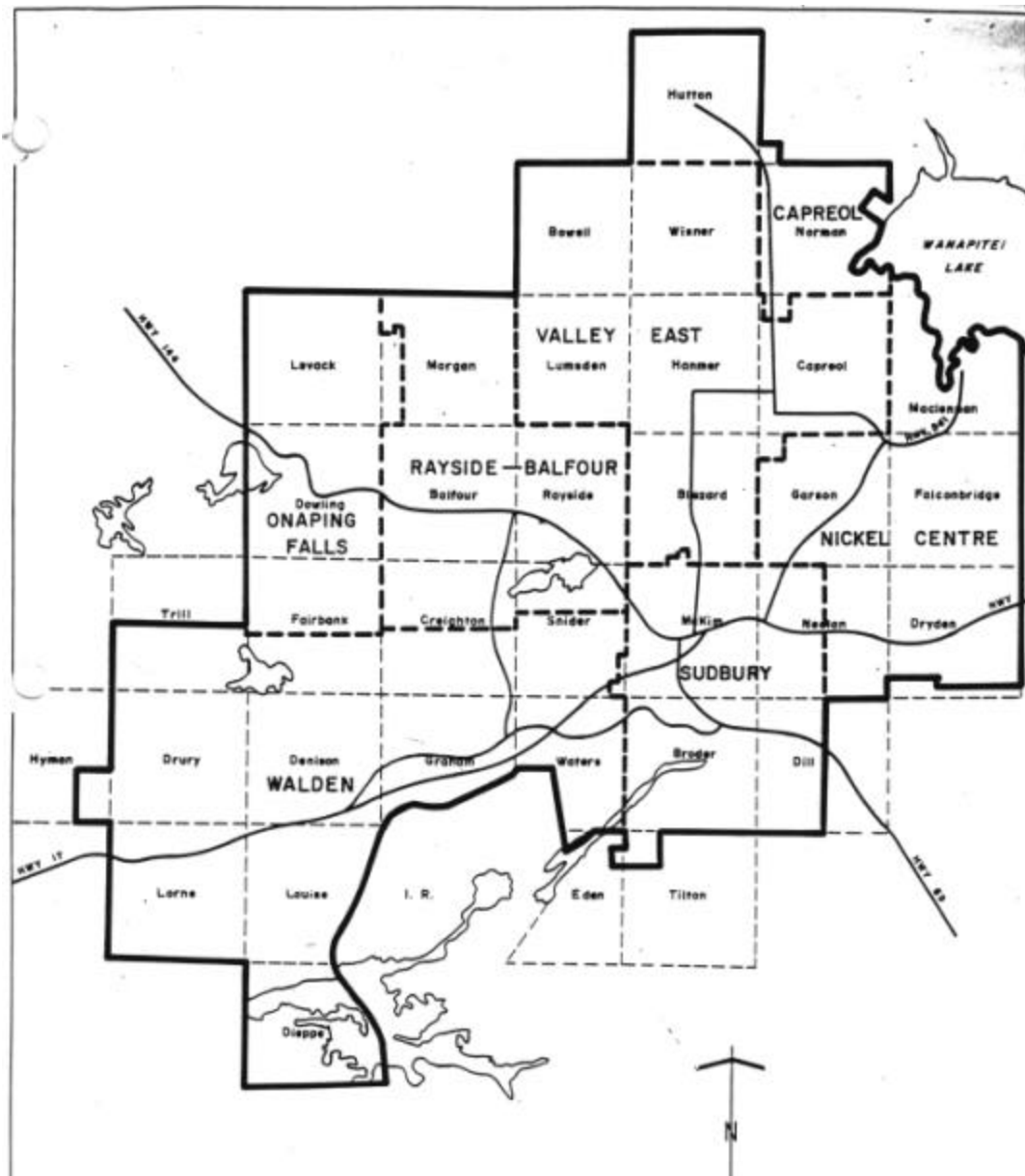


Localización geográfica y datos hidrológicos

El embalse del río Junction Creek comprende aproximadamente 329 km cuadrados. El curso principal tiene una distancia aproximada de 52 km de largo comenzando en la mina Grason y atraviesa la ciudad de Sudbury para desembocar en el pueblo de Walden que se encuentra en la boca del río Spanish que va a verter su contenido en el lago Huron. Aproximadamente el 50 % de la tierra cercana del río Junction Creek es propiedad privada. Para evitar las constantes inundaciones en el centro de la ciudad, provocadas por el desbordamiento de la Junction Creek, se construyó un túnel de 762 m en 1966.

El río Junction Creek tiene cinco tributarios importantes: Maley Creek, Garson Creek, Frood Creek, Nolin Creek, Copper Cliff Creek. La descarga máxima observada en la Junction Creek fue de 29.7 m³/s en 1963. La Junction Creek tiene un desnivel de 105 m desde sus comienzos en la mina Garson hasta la desembocadura en el río Spanish. El río Junction Creek varía en angostura de 2 m en la parte más ancha que es en el brazo Oeste y de 30 m en la desembocadura al lago Kelly. Existen varias presas de retención para prevenir las inundaciones, las más importantes son la presa de Maley, la de Clarabelle, la de Frood y la de Nickeldale.





Vegetación y fauna

En cuanto a la vegetación que acompaña al río Junction Creek está compuesta de espacios abiertos, campos con diversos pastos característicos de deltas, de pantano y de ciénagas, con árboles tales como los Sauces llorones, Álamos, Alisos, Arbustos entre otros. En cuanto a la Fauna que habita el río, existen varios mamíferos y aves, que se encuentran comúnmente en la región de Sudbury. Desde que el comité de intendencia del río Junction Creek ha intervenido en el mejoramiento ambiental, se han reintroducido doce tipos de peces con gran éxito.

Patrimonio cultural

El río Junction Creek forma parte del patrimonio histórico de la ciudad ya que fue utilizado por los indígenas de la Primera Nación Whitefish como medio de comunicación en el comercio de las pieles.

Varios sitios históricos se encuentran cerca del cause del río, por ejemplo, la colonia Flour Mill donde se establecieron los primeros pobladores franceses de Sudbury, la estructura de una antigua granja de cultivadores polacos, y los restos de lo que fue una pequeña pero importante colonia finlandesa.

Problemas hídricos históricos del el río Junction Creek

Los problemas presentados son: fuerte erosión en sus orillas, degradación de la cualidad del agua, contaminación industrial, inundaciones, basura, daños a la fauna y a la vegetación así como descargas de aguas de lluvias directamente drenada al cause del río, ya que esta agua no puede infiltrarse directamente al suelo debido a que ésta cae en superficies impermeables de carreteras, de construcciones, y de lotes de estacionamientos. Esta situación ha sido una preocupación del comité al constatar que estas aguas transportan residuos domésticos, de productos de limpieza de automóviles, de aceites, de la sal utilizada para fundir la nieve en invierno, desechos de pesticidas, de pinturas, solventes y productos químicos. Todas estas sustancias son transportadas hacia el Río Junction Creek contribuyendo a la contaminación del agua. Otro problema importante es el del uso del suelo: nuevo desarrollo comercial y residencial que contribuye a la erosión del río.

El río Junction Creek desemboca en el lago Kelly que se encuentra al Suroeste de la ciudad de Sudbury. Tradicionalmente este lago ha recibido las descargas de las aguas residuales tanto urbanas como industriales de 1880. Se han depositados a través de estos años una capa promedio de 18 m de sedimento. Y debido a procesos bioquímicos y químicos que son el resultado de la interacción de metales con la materia orgánica, el lago ha servido de depósito de material en lugar de que estas sustancias viajen libremente hacia la vertiente sur del Lago y continuar el cauce natural. Muestreos realizados indican que desde 1992 el delta de lago Kelly se ha estabilizado (Pearson *et al*). Como las fuentes de contaminación se han reducido, entonces el lago se ha estabilizado, existe todavía mucho trabajo por hacer pero el hecho de que el río Junction ya no contribuye a la contaminación del lago Kelly, lo que implica un paso más hacia el bienestar ecológico y medioambiental de la región.

La participación ciudadana en las soluciones

Un grupo de ciudadanos conscientes y decididos a cambiar las cosas, formó el comité de intendencia del río Junction Creek en 1998 con la idea de adoptar al río y trabajar en su mejoramiento ambiental para que las futuras generaciones puedan disfrutarlo.

La ciudad de Sudbury y sus programas de reforestación y mejoramiento ambiental y otro grupo el Earthcare Sudbury similar al comité de intendencia del río Junction Creek, se ha establecido al mismo tiempo con el objetivo principal de planificar el futuro de la ciudad a largo plazo en materia de medio ambiente.

Más tarde aparecieron otros grupos como la iniciativa 2001 sobre la calidad del agua. La industria minera también ha estado contribuyendo a encontrar soluciones a los problemas medioambientales.

Signos de esperanza

En sólo cuatro años de trabajo el Comité de intendencia del río Junction Creek en colaboración con el municipio de Sudbury y varios ministerios provinciales, así como con el apoyo de varias industrias, mineras, forestales y de transporte, han logrado transformaciones radicales en las condiciones medioambientales del río Junction Creek.

Primero, se ha logrado reducir a prácticamente a cero los desechos canalizados vía drenaje y que contaminaban el río en su vertiente norte, así como la mitad del río con sustancias ácidas provenientes de los residuos mineros de la compañía INCO. En el año 1950 fue construido un aeródromo en esta compañía, usando rocas y piedras que provenían de la mina a cielo abierto Stobie; estos desechos contenían metales pesados que alcanzaron las aguas del río Junction Creek. El comité de intendencia del río Junction Creek logró que en el año 2000 la compañía invirtiera 2.5 millones de dólares canadienses en un proyecto para derivar las aguas ácidas (que contaminaban los afluentes Copper Cliff y Nolins) y la construcción de una estación de depuración de aguas residuales industriales. Se pueden observar inmediatamente los efectos positivos de este proyecto al constatar la recolonización de especies acuáticas en el río Junction Creek.

En el año 2001, el Comité de intendencia del río Junction Creek, comenzó un proyecto de restauración de la vertiente oeste del río gracias al apoyo financiero del programa EcoAction 2000 y de la compañía INCO. Este proyecto consistió en la recolección de basura en las orillas del río, reforestación y actividades para sensibilizar a la población, cientos de árboles fueron plantados en la vertiente Flood entre los años 2001 y 2002. Se recogieron 25,000 kg de basura y se pretende continuar con esta limpia durante el verano.

Se consiguió que el pantano Ponderosa fuera considerado como reserva natural; este Pantano se encuentra en el centro de la ciudad y juega un papel muy importante en la purificación natural del agua que pasa por ahí. La Ponderosa es el hábitat de un gran número de especies de plantas y animales. La situación geográfica estratégica del pantano hace del lugar una tentación muy grande para los planificadores urbanos y los constructores quienes ya no pueden realizar ninguna construcción en este lugar debido a que es reserva natural. Un gran éxito se ha logrado para las generaciones futuras de Sudburenses.

El símbolo floral de la Provincia de Ontario es el Trillium (*Trillium grandiflorum*), pero esta planta prácticamente había desaparecido; el Comité decidió plantar esta especie a lo largo del río Junction Creek entre las calles McLeod y Regent.

El Comité en colaboración con varias escuelas secundarias ha iniciado un monitoreo de invertebrados en el río ya que existen microorganismos que viven en el fondo. Algunos toleran mejor que otros las sustancias contaminantes. El monitoreo de estos organismos nos permite diagnosticar el estado del río. Esta es una actividad que sirve para sensibilizar al mismo tiempo a los estudiantes, que de esta manera sienten que contribuyen al bienestar del río. Algunas de las especies que se han encontrado en el río son: (*Coelenterata, Turbellaria, Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea, Isopoda, Amphipoda, Decapoda, Hydracarina, Ephemeroptera, Odonata- Anisoptera, Odonata-Zygoptera, Plecoptera, Hemiptera, Megaloptera, Trichoptera, Lepidoptera, Coleoptera*).

Debido a que los programas de revegetación realizados por el municipio y las compañías mineras no consideraron la restauración del río Junction Creek, el Comité de intendencia ha venido realizando trabajos de reforestación a lo largo del río.

Con el apoyo del Ministerio de Recursos Naturales de Notario, 6,000 truchas fueron introducidas en el río, en esta actividad cientos de familias (más de 700) de Sudbury participaron entre los años 2000 y 2001. En la primavera del 2002, la Dra. Jane Goodall reconocida por sus trabajos de conservación de la fauna en África, vino a Sudbury y participó con niños de escuelas primarias en la introducción de Truchas en el río. Además se han monitoreado doce especies de peces: *Culaea inconstans, Catostomus commersoni, Umbra limi, Etheostoma exile, Pimephales promelas, Ictalurus nebulosus, Semotilus atromaculatus, Semotilus margarita, Phoxinus eos, Phoxinus neogaeus, Notropis heteropepis y Notropis cornutus*.

En ciertas partes del río Junction Creek fueron construidos por el municipio senderos peatonales y parques que han embellecido los alrededores del río.

Conclusión

Así pues, es posible concluir que aún cuando queda mucho por hacer, se ha podido demostrar que un grupo de personas comprometidas puede lograr cambios extraordinarios. Sin embargo, hay que hacer notar la gran importancia de la colaboración entre grupos comunitarios, comerciantes, industriales y de las autoridades municipales, provinciales y federales, así como la dedicación de líderes comunitarios que participan de forma voluntaria.

El comité de intendencia ha demostrado que cuando se tiene un enfoque claro y objetivos precisos, se puede movilizar un gran número de recursos humanos y financieros por una causa común. Igualmente, es necesario entender que los cambios medioambientales toman tiempo pero si se tiene paciencia es probable obtener resultados muy satisfactorios. Pero ante todo, se señala que estos cambios de actitud sólo se pueden lograr a través de la educación en todos sus niveles, es decir, educación a los ciudadanos, al gobierno y a la industria.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer por su apoyo a: Carrie Regenstreif coordinadora del Comité de intendencia del río Junction CreeK, Franco Mariotti de Science Nord; John Gunn de la Co-operative Freshwater Ecology Unit; Peter y Bridgitte Beckett del departamento de Biología U. L.; Anne Watelet; Roger Pitblado y Raoul Étongue-Mayer del departamento de Geografía U.L.; David Pearson y François Prévost del departamento de Geología, Keith Winterhalder y Gerald Curtin del departamento de Biología; Lautenbach, William Guy Gionet y Tin-Che Wu del departamento de Planificación de la ciudad de Sudbury; Paul N. Sajatovic de la Nickel District Conservation Authority; Paul Graham y Barbara McDougall del departamento de Ingeniería de la ciudad de Sudbury. Margaret Hoar, Michelle Romaniuk, Paula Worton, Evan Hoar, Brenda Harrow, Jenny Bromage, John Lemon, Dan Hewitt, Scott Cosby, Maureen Burtch, Tracy Brooks, John Hogenbirk y Cement Farmer.

Bibliografía

- Beckett, P. J and Negusanti, J. 1990. Using land reclamation practices to improve tree condition in the Sudbury smelting area, Ontario. Canada. pp: 307-320. In J. Skousen et al (eds.) Proceedings of the 1990 Mining and Reclamation Conference and Exhibition. West Virginia University.
- Card, K. D. 1978. Geology of the Sudbury-Manitoulin area, districts of Sudbury and Manitoulin; Ontario Geological Survey, Report 166, 239p.
- Dixti, S. S., Dixti, S. A., Smol, J. P and Keller, W. 1995. Reading the Records Stored in the Lake Sediments: A Method of Examining the History and Extent of Industrial Damage to Lakes. In: Restoration and Recovery of an Industrial Region. Springer-Verlag. pp: 33-35, 43.
- Freedman, B., and Hutchinson, T. C. 1980. Pollutants inputs from the atmosphere and accumulation in soils and vegetation near a nickel-copper smelter at Sudbury, Ontario. Canada. Can. J. Bot. 58 (1): 108-132.
- Gunn, J., McMurtry, M. J., Casselman, J. M., Keller, W., and Powell, M. J. 1988. Changes in the fish community of a limed lake near Sudbury, Ontario: Effects of chemical neutralization, or reduced atmospheric deposition of acids? Water Air Soil Pollut. 41:113-136.
- Gunn, J., Hamilton, J. G., Booth, G. M., Wren, C. D., Beggs, G. L., Rietveld, H. J and Munro, J. R. 1990. Survival, growth and reproduction of lake trout *Salvelinus namaycush* and yellow perch *Perca flavescens* after neutralization of an acidic lake near Sudbury, Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci 47: 446-453.
- Gunn, John and Keller William. 1995. Urban Lakes: Integration of Environmental Damage and Recovery. In: Restoration and Recovery of an Industrial Region. Springer-Verlag. pp: 257, 265.

- Jeffreis, D. S., Scheider, W. A., and Sneider, W. R. 1984. Geochemical Interactions of watersheds with precipitation in areas affected by smelter emissions near Sudbury, Ontario. pp: 196-241. In J. Nriagu. 1984. Environmental Impacts of Smelters. John Wiley and Sons. New York.
- Kirchhefer, S. A. 2000. Engineering Report on Junction Creek Water Management. City of Sudbury. Nickel District Conservation Authority.
- Lautenbach, W. E. 1987. The greening of Sudbury. *Journal of Soil Water Conserv.* 42(4): 228-231.
- Lautenbach, William., Miller, Jim., Beckett, Peter., Negusanti, John and Winterhalder, Keith 1995. Municipal Land Restoration program: The Regreening Process. In: Restoration and Recovery of an Industrial Region. Springer-Verlag. pp: 109, 112, 118.
- McNicols, Donald., Ross, Keynon., Mallory, Mark and Brisebois, Lise. 1995. Trends in Waterfowl Population: Evidence of Recovery from Acidification. In: Restoration and Recovery of an Industrial Region. Springer-Verlag. pp: 205, 207.
- Ontario Ministry of Environment. 1982. Sudbury Environmental Study Synopsis, 1973-1980. Ontario Ministry of the Environment Acidic Precipitation in Ontario Study Coordination Office, Toronto.
- Ozvacic, V. 1982. Emissions of Sulphur Oxides, Particulate and Trace Elements in the Sudbury Basin. Air Resources Branch, Report ARB-ERTD-09-82. Ontario Ministry of Environment and Energy, Toronto.
- Pearson, David and Pitblado, Roger. 1995. Geological and Geographic Setting. In: Restoration and Recovery of an Industrial Region. Springer-Verlag. pp: 5-6.
- Pearson, David. 200
- Potvin, R. Raymond and Negusanti, John. 1995. Declining Industrial Emissions, Improving Air Quality, and Reduced Damage to Vegetation. In: Restoration and Recovery of an Industrial Region. Springer-Verlag. pp: 51-52, 57.
- Schindler, D. W. 1990. Experimental perturbations of whole lakes as tests of hypotheses concerning ecosystem structure and function. *Oikos* 57: 25-41.
- Skelly, J. M., Davis, D. D., Merrill, W., Cameron, E. A., Brown, H. D., Drummond, D. B and Dochinger, L. S. 1987. Diagnosing Injury to Eastern Forest Trees. Forest Response Program. USADA. Forest Service. Pennsylvania State University.
- Wang, K. T., and Chin, V. I. 1978. Ground-water resources, northern Ontario water resources studies; Ministry of the Environment, Water Resources Branch, Water Resources Report 11b, 121p.
- Winterhalder, Keith. 1983. The use of manual surface seeding, liming, & fertilization in the reclamation of acid metal contaminated land in the Sudbury, Ontario mining and smelting region of Canada. *Environm. Technol. Lett.* 4:209-216.
- Winterhalder, Keith. 1984. Environmental degradation and rehabilitation in the Sudbury area. *Laurentian Univ. Rev.* 16 (2): 15-47.
- Yan, N. D and Welbourn, P.M. 1990. The impoverishment of aquatic communities by smelter activities near Sudbury, Canada, pp: 477-494. In: Transition: Patterns and Processes of Biotic Impoverishment. Cambridge University Press.