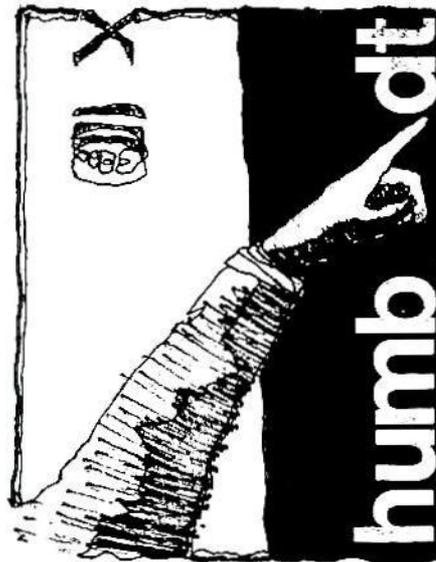




HUMBOLDT Y LA INGENIERÍA MEXICANA

HORACIO RAMÍREZ DE ALBA*



Cosmos es una palabra apropiada para dar inicio a cualquier escrito relacionado con Federico Alejandro de Humboldt (1769-1859), debido a que es el título de su libro más importante.¹

Su redacción la inició a los setenta y tres años, en 1832; Humboldt, se proponía, según sus propias palabras, "La ambiciosa tarea de describir el universo material por entero, cuanto sabemos del firmamento y de la tierra, desde las nebulosas espirales hasta la geografía de los musgos y de las rocas graníticas, todo ello comprendido en un sólo tratado y expresado en un lenguaje vivo que estimule los sentimientos".

Se editaron cuatro volúmenes de su obra entre 1845 y 1858, y se publicaría el quinto en forma póstuma, con el material que el sabio tenía en preparación, antes de que la muerte le sorprendiera a los 90 años de edad. Considerado como uno de los libros científicos más bellos y apasionantes jamás escrito, el objetivo que el propio autor se había fijado quedó plenamente satisfecho.

El 14 de septiembre de 1997 se cumplieron 288 años del nacimiento de este ilustre personaje que tuvo lugar en Berlín, Prusia (hoy Alemania). Su niñez y juventud se desarrollaron dentro de una familia adepta a la ilustración, noble y de recursos. Se debe recordar que Carlos Guillermo barón de Humboldt (1767-1835), hermano mayor de

Alejandro, fue un gran sabio, filósofo y político. Sus *Escritos políticos* han sido traducidos a los principales idiomas y consultados actualmente.

El tema de Alejandro de Humboldt y su extensa obra no pierden actualidad, aún asombra su gran capacidad de trabajo y sus aportaciones en bastos y variados campos del conocimiento. Esto quedó demostrado recientemente por la gran afluencia de visitantes a la exposición "Alejandro Von Humboldt en México", auspiciada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia y presentada en el Antiguo Arzobispado, hoy museo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

La preparación de Humboldt comprende cursos de hacienda y economía política en la Universidad de Francfort (1787); de botánica, tecnología y práctica industrial y griego en la Universidad de Berlín (1788); de filosofía, historia, matemáticas, geología, ciencias físicas y naturales en la Universidad de Go-

ttingen (1789); economía en las escuelas de comercio de Büsch y Ebelging en Hamburgo (1790); y de minas y geología en la Academia de Minas de Freiberg (1791-1792). Su afición a los viajes y a las exploraciones se inició durante su estancia en Gotingen, debido a su amistad con G. Foster, naturalista que acompañó a Cook en uno de sus viajes, y a que fue allí donde conoció y estudió los relatos de las grandes exploraciones, principalmente la de Malaspina.

En la Academia de Minas de Freiberg fue discípulo de Werner, que tanto influiría en su pensamiento, así como condiscípulo de Andrés del Río, científico español con quien se encontró doce años más tarde en la capital de la Nueva España, y cuya relación sería de gran valor en los inicios de la ingeniería mexicana, como se explicará más adelante.

Para conocer la personalidad, formación y logros de este personaje se pueden consultar muchas y pormenorizadas obras bibliográficas. Posiblemente los rasgos más característi-

* Facultad de Ingeniería, UAEM. Toluca, México. Teléfonos: (72) 14 08 55 y 14 07 97 (también fax). Correo electrónico: hra@coatepec.uaemex.mx. Agradezco al Dr. Eduardo Loria por invitarme a participar en la divulgación de la vida y obra de Humboldt y al Profr. Ricardo Ramírez de Alba por facilitarme información y por sus valiosos comentarios.

1. Un libro con este mismo título que ha merecido elogios es el de Carl Sagan, científico recientemente fallecido.

cos de su forma de ser y pensar, se puedan captar al leer el prefacio que hace a su *Cosmos*. En el anexo 1 se presenta una transcripción de la traducción de este prefacio, a cargo de Francisco Díaz Quintero.

Sus biógrafos coinciden en señalar como rasgos fundamentales su inquieta actividad y gran talento. Poseyó dotes excepcionales para captar, comprender, relacionar y generalizar; es considerado coloso de la información y la divulgación científicas bien entendidas. Goethe refirió en una carta a Eckermam (Miranda, 1995: 88) lo siguiente:

“Alejandro de Humboldt ha estado conmigo algunas horas esta mañana ¡Cuán extraordinario hombre es! Aunque lo conozco desde mucho tiempo, siempre me sorprende algo nuevo en su compañía. Puede decirse que carece de rival en su amplia información y conocimiento de las ciencias existentes. Posee también una versatilidad de genio que jamás ha sido igualada. Cualquiera que sea el objeto tratado, le parece completamente familiar y derrama profusamente sobre nosotros tesoros de sus arsenales de conocimiento. Parece una fuente viva, de la que emanan muchos arroyos, suministrando a todos los llegados un trago fresco y vivificante.”

Los críticos de sus obras en diferentes épocas identifican que no estuvo tan bien provisto de facultades para la investigación científica y los estudios profundos, lo cual, señalan, se traduce en su obra donde no escasean las hipótesis aventuradas y las tesis superficiales. Sin embargo, también es reconocido que su amplia capacidad de trabajo le permitió abordar las principales ramas del conocimiento, logró amalgamarlas y correlacionarlas, y dio una mayor dimensión a la ciencia de su tiempo, al grado de que varios de sus planteamientos han merecido la atención de los estudiosos, aun en la

actualidad. También se debe mencionar que fue un magnífico dibujante, lo cual le permitió ilustrar sus propias obras.

Este artículo no pretende aportar algo nuevo sobre el personaje o su obra, sino retomar algunos puntos que, según el que esto escribe, tienen relación con la ingeniería y en particular con la ingeniería mexicana. Asimismo, divulgar el conocimiento generado por Humboldt y agregar un grano al homenaje que le debemos los que de alguna forma hacemos del conocimiento humano un modo de vida.

Se tratará de ofrecer información, así como algunas reflexiones, sobre tres aspectos a los que Humboldt se dedicó: su trabajo dentro del Real Seminario de Minería de la Nueva España, su participación en el problema de desagüe de la ciudad de México, y sus observaciones e ideas relacionadas con los terremotos y el vulcanismo.

I. En el Real Seminario de Minería

Después de su visita a varias regiones de Sudamérica, llega al puerto de Acapulco el 27 de marzo de 1803 y parte del puerto de Veracruz el 7 de marzo de 1804, por lo que pasó casi un año en la Nueva España, en que realizó cuatro viajes de exploración científica. El cuadro 1 presenta un resumen de sus viajes y actividades durante este periodo.

Además realizó varias actividades específicas, principalmente la revisión y análisis de archivos documentales, actividad académica y social y visitas oficiales a obras e instituciones. Destaca su estancia académica y de investigación en el Real Seminario de Minería, que fue fundado el 1 de enero de 1792. En el anexo 2 se presentan algunos datos generales sobre el establecimiento y desarrollo de este colegio.

Hizo de la ciudad de México su centro de operaciones, donde pasó aproximadamente 182 días. En el cuadro 2 se presenta un resumen de sus actividades en esta ciudad. Su estancia fue muy productiva tanto para sus propósitos científicos como para el desarrollo del conocimiento en este país, gracias a su gran capacidad de trabajo y sus relaciones previas con científicos novohispanos, y principalmente por el acceso que se le dio a los archivos de la Nueva España.

Para comprender la importancia del Seminario de Minería y de la visita que hizo Humboldt al mismo, conviene recordar que el seminario, así como otras instituciones de la Nueva España, fueron producto de la Ilustración que llegó en forma tardía (alrededor de 1750) con algunos jesuitas innovadores. Labor que continuaría el padre Gamarra, cuyos trabajos provocarían en la Real y Pontificia Universidad, a partir de 1780, la propuesta y examen de abundantes y francas tesis modernistas, que allanaron el camino a científicos como Antonio Alzate, Velázquez de León, Zúñiga y Ontiveros, Gama y Bartolache.

El rey Carlos III, déspota ilustrado, apoyó este movimiento en las colonias. Por ejemplo, con la expedición de la Cédula Real del 1 de julio de 1776, que establecía a los mineros en gremio dentro del Real Tribunal de Minería de la Nueva España. Este documento se basó en una propuesta que en 1774 hicieron Joaquín Velázquez de León y Lucas Lassga al propio monarca, en una representación a nombre del gremio minero, con dos propósitos: regular la actividad minera en la Nueva España y fundar un colegio para la enseñanza a jóvenes de las ciencias aplicadas a la minería. Para reforzar esta acción, la Corona Española envió

CUADRO 1

VIAJES DE EXPLORACIÓN CIENTÍFICA DE HUMBOLDT EN LA NUEVA ESPAÑA

VIAJE	DURACIÓN	DISTANCIA (KM)	PRINCIPALES ACTIVIDADES
ACAPULCO A MÉXICO, POR TIERRA COLORADA, CHILPANCINGO, BALSAS, TAXCO, CUERNAVACA, HUITZILAC Y SAN AGUSTÍN DE LAS CUEVAS (TLALPAN)	22 DE MARZO AL 11 DE ABRIL DE 1803	450	<ul style="list-style-type: none"> • TOCA PUERTO EN LA FRAGATA ORÚE (O LA ATLANTE) • VISITA AL FUERTE DE SAN DIEGO • ESTUDIA LAS CORRIENTES DE LOS RÍOS PAPAGAYO Y MEZCALA (DE LAS BALSAS) • INSPECCIONA LA MINA DE PLATA MÁS ANTIGUA DE MÉXICO EN TAXCO (ESTABLECIDA EN 1522) • TRAZA EL PERFIL DE LA RUTA "EL CAMINO DE ASIA" • COLECCIONA PLANTAS Y ANIMALES • RECIBE CARTA DEL VIRREY ITURRIGARAY EN HUITZILAC
MÉXICO A REAL DEL MONTE POR PACHUCA Y REGRESO	15 AL 27 DE MAYO DE 1803	350	<ul style="list-style-type: none"> • VISITA Y ESTUDIA LAS MINAS DEL REAL DE PACHUCA, REAL DEL MONTE, LA REGLA, LA VIZCAINA, XACAL Y ENCINO • ASCIENDE AL CERRO DE LAS NAVAJAS • ESTUDIA MEDICIONES EN ATOTONILCO EL GRANDE Y ACTOPAN
MÉXICO A GUANAJUATO, AL VOLCÁN DE JORULLO Y REGRESO POR TOLUCA	4 DE AGOSTO AL 10 DE OCTUBRE DE 1803	1,250	<ul style="list-style-type: none"> • VISITA LAS MINAS DE VALENCIANA, MELLADO, RAYAS, VILLALPANDO Y BELGRADO • VISITA AGUAS TERMALES Y GEISER DE COMANJILLA • VISITA DEPÓSITOS MINERALES DE LA CHICA (PUNTO MÁS AL NORTE QUE VISITÓ) • VOLCÁN DE JORULLO, MIDE SU ALTURA (1,301M) Y HACE OBSERVACIONES GEOLÓGICAS • EXCURSIÓN AL VOLCÁN XINANTÉCATL, MIDE LA ALTURA DEL PICO DEL FRAILE (4,672 M) • DETERMINA LAS COORDENADAS DE LA CIUDAD DE TOLUCA DESDE EL CONVENTO DE SAN JUAN DE DIOS • VISITA EL ÁRBOL DE LAS MANITAS, BONPLAND LO CLASIFICA COMO "CHEIROSTOMON PLATANOIDES"
MÉXICO A VERACRUZ POR CHOLULA, PUEBLA, PEROTE Y JALAPA	20 DE ENERO AL 7 DE MARZO DE 1804	500	<ul style="list-style-type: none"> • EN PUEBLA CONOCE A DON MANUEL DE FLON CONDE DE LA CADENA, CONSTRUCTOR DEL PRIMER PARARRAYOS EN LA NUEVA ESPAÑA • VISITA LA PIRÁMIDE DE CHOLULA • DESDE SAN NICOLÁS DE LOS RANCHOS, MIDE TRIGONOMÉTRICAMENTE LAS ALTURAS DEL POPOCATÉPETL Y LA IXTLACIHUATL • OBSERVA LAS FUMAROLAS DEL POPOCATÉPETL • ASCIENDE AL NAUHCAMPATEPETL (COFRE DE PEROTE) MIDE LA ALTURA (4,088 M) • SE ENTREVISTA CON EL INGENIERO ESPAÑOL GARCÍA CONDE QUE DIRIGE LOS TRABAJOS DEL CAMINO XALAPA-VERACRUZ • OBSERVACIONES GEOGRÁFICAS, METEOROLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS EN VERACRUZ • TRAZA EL PERFIL "DEL CAMINO DE EUROPA" • VISITA EL FUERTE DE SAN JUAN DE ULÚA • EMBARCA EN LA FRAGATA "LA O" RUMBO A LA HABANA

a científicos de renombre para hacerse cargo de la dirección y la impartición de cursos, entre ellos a Fausto de Elhuyar, que en 1786 es nombrado director general de minería de la Nueva España y presidente del tribunal del ramo; Andrés Manuel del Río, quien fue nombrado catedrático del Colegio de Minería en 1794, donde enseñó mineralogía, orictognósia (paleontología), geonósia (ciencia de las rocas) y arte de minas, y Luis Fernando Linder, fue nombrado catedrático de química en el mismo colegio en 1796.

De esta manera Humboldt encontró un terreno propicio para sus propósitos, por lo que la entonces Nueva España y el Seminario de Minería resultaron beneficiados con la visita del científico. Quizá a eso se deba que Humboldt, quien en un principio había planeado estancia de cinco meses en la Nueva España, le dedicara poco menos de un año. Esto queda más claro con el siguiente párrafo (Miranda, *op. cit.*: 97):

“Por eso puede calificarse de venturoso el encuentro de Humboldt y México. De lo que ambos pusieron en esa afortunada conjunción resultaría el *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, óptimo fruto de dos plenitudes y sazones, la del autor y la del país por él estudiado.”

Las actividades que realizó Humboldt en el seminario, fueron la revisión y análisis de información, elaboración de cartas y mapas de la Nueva España, conferencias, redacción de notas para cursos, participación en los exámenes prácticos de los alumnos y como sinodal de exámenes para la obtención de títulos facultativos, además de intercambiar ideas e información con los catedráticos del seminario.

El gobierno virreinal, el ayuntamiento de la ciudad, el tribunal de minería y el seminario del mismo ramo, pusieron a disposición de Humboldt sus archivos, bibliotecas y laboratorios. Esta experiencia y la información recabada por el investigador en sus viajes de estudio por el

interior, así como otra información que reunió ya de regreso a Europa, dieron origen a su obra *Ensayo político*, que dedicó a Carlos IV.

Varios de los cuadros, cartas y mapas que constituyen esta obra fueron elaborados por estudiantes del seminario bajo su dirección; como respuesta, Humboldt les ayudó en su preparación de exámenes y en su formación en general. Resultado de ello fue la formación de un vivero de prometedores expertos con sólida preparación científica, algunos nombres de este grupo son: C. Chovell, V. Valencia, J. Roxas, J. J. Rodríguez, V. Herrera y M. Ruiz de Tejada. Algunos de ellos destacarían posteriormente como catedráticos del propio seminario y otros en la práctica de la minería; dentro de este grupo se contarían varios que abrazaron e impulsaron el movimiento de independencia.

Conviene mencionar que el Real Seminario de Minería se considera el antecedente de la Escuela Nacional de Ingenieros, que se transformaría

en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. El carácter nacional de estas instituciones necesariamente influyó en la formación de otras en el interior del país.

Aún se conserva el edificio donde funcionó el seminario en sus orígenes y donde Humboldt trabajó (actualmente calle de Guatemala No. 90) y en fecha reciente fue rehabilitado por la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería (SEFI). También se conserva la casa donde se alojó Humboldt (Uruguay No. 80) y existe una placa de mármol alusiva. Posteriormente, el seminario se trasladó al edificio del Palacio de Minería (aunque ya el edificio anterior era conocido por ese nombre), obra del maestro Manuel Tolsá y donde funcionó por muchos años la Escuela Nacional de Ingenieros.

A raíz de los festejos del bicentenario de la enseñanza de la ingeniería en México en 1992, cuando fue entregada la obra de reconstrucción del inmueble donde estuvo el seminario y donde trabajó Humboldt, el ingeniero Víctor M. Mahbub Matta, presidente de la SEFI (UNAM, 1994a: 53), expresó:

“Aquí en Guatemala 90, se instaló el primer laboratorio de química; se descubrió el vanadio; se tradujo al español antes que en España, el Tratado de química de Lavoisier; se enseñó por primera vez el cálculo diferencial e integral; se aplicó el método científico de manera formal y trabajó el barón de Humboldt durante su estancia en México.”

Por su parte, el Dr. Gustavo Otto Fritz de la Orta, en su contribución al congreso *200 años de la fundación del Real Seminario de Minería de la Nueva España* (UNAM, 1994b: 29), menciona lo siguiente:

“Más tarde, se harían aplicaciones del modelo de la máquina de vapor o máquina de fuego, que en sus días había sido explicada y puesta a andar

por el propio Barón de Humboldt, durante su fecunda visita a México y particularmente al Real Seminario de Minas, a cuyo edificio se le denominaba ya Palacio de Minería.”

También se puede destacar que Humboldt, por su don de gente, se relacionó con prácticamente todos los intelectuales, artistas y políticos de la ciudad, por lo que no pudo faltar su relación con el arquitecto Manuel Tolsá. Es muy probable que hayan deliberado sobre el proyecto para el edificio del Palacio de Minería, que le fue encargado a Tolsá por el Tribunal de Minería, encontrándose en plenos trabajos de construcción en las fechas en que Humboldt estaba en la ciudad. Lo que sí está documentado es que Tolsá invitó a Humboldt a ver los trabajos de su escultura ecuestre de Carlos IV, el famoso “caballito”; durante las maniobras para subir la escultura de 450 quintales de peso (20,700 kilogramos) a su pedestal, se presentó un accidente; se rompieron los andamios y se vino abajo la mole metálica, percance que estuvo a punto de ser trágico para los dos personajes.



II. El desagüe de la ciudad de México

La cuenca donde se asienta la ciudad de México presenta características singulares: es endorreica, es decir cerrada (aunque ya cuenta con cuatro salidas artificiales); se encuentra rodeada de macizos montañosos, algunos de ellos de gran altura y belleza, y a una altura de 2,270 m sobre el nivel del mar. Los recursos materiales, la belleza de la zona y su alto simbolismo, resultaron un fuerte imán para los grupos humanos que paulatinamente se han asentado en esta región hasta convertirla en la más poblada del mundo.

Las mismas características de esta cuenca implican graves problemas que se ven incrementados al aumentar la población. Al hacer referencia a algunos de estos problemas relacionados con la ingeniería se cuenta en primer lugar el del agua, que por su abundancia en algunas épocas del año causa inundaciones, pero que en general resulta escasa para el consumo humano. También están los relacionados con el subsuelo, que por su composición provoca hundimientos, dificultad para cimentar estructuras y la amplificación de las ondas sísmicas. Y ahora, posiblemente el mayor de todos: el de la contaminación en todos los órdenes.

Es interesante notar que estos problemas no han desalentado el crecimiento y desarrollo de la población, que parece ser capaz de adaptarse a todo; problemas que le sirven de motivación para buscar y encontrar formas de enfrentarlos o por lo menos paliarlos. La ingeniería mexicana, particularmente la civil, debe gran parte de su desarrollo, prestigio e identidad a esa constante lucha por buscar soluciones a los aspectos técnicos que conllevan los problemas mencionados.

Muchos de los personajes de México de todas las épocas, así como sus más destacados ingenieros, han estado relacionados de alguna forma con esa problemática. En el cuadro 3 se resumen las principales obras emprendidas con relación al problema de drenaje y desagüe de la cuenca. En esta relación tiene un lugar importante Alejandro de Humboldt, quien durante su estancia en la Nueva España fue invitado a conocer el problema y a emitir sus recomendaciones. En su ensayo dedica una parte importante del capítulo VIII del libro tercero a este asunto, donde presenta una relación pormenorizada de las obras emprendidas hasta entonces desde épocas prehispánicas; presenta opiniones y juicios basados en el estudio que hizo de los archivos, así como de su visita a las obras entonces en proceso, y termina con apuntamientos que relacionan este problema con el transporte fluvial.

El siguiente párrafo de su ensayo (Humboldt, 1984: 146) puede servir para destacar las principales opiniones sobre el problema del desagüe:

“Cuando se estudia en los archivos de México la historia de las obras hidráulicas de Nochixtonco, se observa una continua irresolución de parte de los gobernantes, y una fluctuación de opiniones e ideas que aumenta el peligro en vez de alejar-

lo. Allí se encuentran visitas hechas por el virrey, acompañado de la audiencia y de los canónigos; papeles de oficio formados por el fiscal y otros togados; varias juntas creadas; pareceres dados por los frailes de San Francisco; una impetuosa actividad cada 15 ó 20 años; cuando los lagos amenazaban salir de madre, y lentitud y culpable descuido una vez pasado el peligro. Se gastaron cinco millones de pesos, porque jamás se tuvo valor para seguir un mismo plan; porque en el espacio de dos siglos se ha estado titubeando entre el sistema indio de los malecones o calzadas, y el de los canales de desagüe, entre el proyecto del socavón y del tajo abierto. Se dejó arruinar la galería de Martínez, porque se quiso horadar otra más ancha y profunda; se descuidó el corte del tajo, porque se disputó sobre el proyecto de un canal de Texcoco, que jamás llegó a ponerse en ejecución.”

De sus escritos relacionados con el desagüe, destaca en primer lugar la calidad y lo completo de su descripción histórica. Muchos son los trabajos relacionados con este tema que han basado sus antecedentes en esta información.

Posiblemente haya sido el primero que se percató de la capacidad y competencia del cosmógrafo e ingeniero Enrico Martínez, creador de la primera salida artificial por medio de

un túnel en 1607, reconocido en la actualidad como el primer científico y técnico multidisciplinario en la Nueva España del siglo XVII (Rodríguez-Sala, 1994).

Cuando en su ensayo (Humboldt, 1984: 157) se refiere a la obra del socavón de Huehuetoca, escribe:

“Una galería subterránea que sirve de canal de desagüe, acabada en menos de un año, de 6,600 m de largo, con una sección transversal de 10.5 m², es una obra hidráulica que en nuestros días y aun en Europa llamaría la atención de los ingenieros.”

Se inclinó por la solución por Zumpango y Tequixquiac propuesta por Simón Méndez en lugar de la que se intentaba en Huehuetoca. El tiempo le daría la razón, pues al final del siglo XIX se terminaría el primer sistema de drenaje que realmente funcionó (que permitió sacar las aguas negras de la cuenca) basado en el gran canal y el túnel de Tequixquiac. Un estudio al respecto se puede consultar en Ramírez, 1995: 99-103. Humboldt se dio cuenta del riesgo que representaba la desecación de los lagos, al representar una alteración del medio ambiente, así como la pérdida de un recurso que podría significar un medio de transporte más eficiente (Humboldt, *op. cit.*: 153):

“Así se hubiera establecido una comunicación por agua desde la

CUADRO 2

PRINCIPALES ACTIVIDADES DE HUMBOLDT EN LA CAPITAL DE LA NUEVA ESPAÑA

PERIODO	ACTIVIDADES
12 DE ABRIL AL 14 DE MAYO DE 1803	<ul style="list-style-type: none"> • SE INSTALA EN UNA CASA DEL 3 DE LA CALLE DE SAN AGUSTÍN (HOY URUGUAY 80) • VISITA AL VIRREY ITURRIGARAY • DETERMINA LA ALTURA DE LA CIUDAD, EN EL CONVENTO DE SAN AGUSTÍN (2,277.3 m) HOY BIBLIOTECA NACIONAL • REALIZA ACTIVIDADES ACADÉMICAS EN EL SEMINARIO DE MINERÍA
28 DE MAYO AL 31 DE JULIO DE 1803	<ul style="list-style-type: none"> • REALIZA ACTIVIDADES CIENTÍFICAS Y ACADÉMICAS EN EL SEMINARIO DE MINERÍA (REDACTA <i>PASIGRAFÍA GEOLÓGICA</i> COMO APUNTES PARA LOS ALUMNOS) • CÍRCULO DE AMISTADES Y TERTULIAS CON NOTABLES • ES INVITADO A VARIOS ACTOS PÚBLICOS, POR EJEMPLO EL DESERTERRAMIENTO DE LA COATLICUE • REVISIÓN DE ARCHIVOS • CONOCE EL PROYECTO DE TOLSÁ PARA EL "NUEVO PALACIO DE MINERÍA"
11 DE OCTUBRE DE 1803 AL 19 DE ENERO DE 1804	<ul style="list-style-type: none"> • INSPECCIONA JUNTO CON EL VIRREY Y LOS TÉCNICOS ESPAÑOLES Y MEXICANOS, LAS OBRAS DEL DESAGÜE DE HUEHUETOCA (TAJO DE NOCHISTONGO) • PRESENTA AL VIRREY SUS <i>TABLAS DEL REINO</i> (NOTAS QUE DESPUÉS OCUPARÍA EN SU <i>ENSAYO POLÍTICO DEL REINO DE LA NUEVA ESPAÑA</i>) • CONTINÚA SUS ACTIVIDADES ACADÉMICAS EN EL SEMINARIO DE MINERÍA • ACOMPAÑÓ AL ARQUITECTO MANUEL TOLSÁ, A LOS TRABAJOS DE COLOCACIÓN DE LA ESCULTURA ECUESTRE DE CARLOS IV (EL CABALLITO) Y SUFREN PERCANCE QUE PUDO SER GRAVE

margen austral del lago de Chalco, hasta el límite septentrional del valle por un espacio de más de 80,000 m.”

Se preguntó si no sería mejor para el país retomar el sistema indio para establecer un equilibrio con el agua. Argumentaba que al aumentar la población, los problemas de transporte y agricultura, podrían ser resueltos de mejor manera si se contaba con el agua.

Se debe recordar que en Europa el transporte interno se hacía, y se hace, en gran parte por medio de canales, por lo que en su época se manejaba la posibilidad de realizar una vía fluvial desde la ciudad de México hasta Tampico, aprovechando las corrientes del río Salado, el Moctezuma y el Pánuco. Al analizar este asunto, Humboldt lo consideró irrealizable una vez que constató el gran desnivel entre uno y otro punto (Humboldt, *op. cit.*: 155):

“... no puedo llegar a persuadirme que un canal de navegación desde el llano de Anáhuac hasta las costas del mar de las Antillas sea una de las obras hidráulicas que puedan aconsejarse.”

Finalmente, se puede destacar que Humboldt se mostró contrario a las formas en que hacían trabajar a los indios en las obras de desagüe, y recomendó que para la continuación de las obras se tuviera “... más consideración a la suerte de los indios de la que hasta ahora se ha tenido”. Esto se puede ver como una muestra de sus principios y actitudes que demostró como adepto a la Ilustración, pero también como un luchador por la igualdad y la democracia. Sus biógrafos le reconocen una inmensa fe en el poder transformador y regenerador de la razón, por lo que se convierte en uno de los grandes idealistas de su tiempo.

III. Terremotos y volcanes

En todos los escritos de Humboldt se pueden encontrar datos sobre geología, vulcanología y sismología, aunque todos estos términos no eran aún usados en su época. Esto se debe a su gran pasión por visitar y observar las montañas y los volcanes. No fueron pocos a los que ascendió para medir alturas, temperaturas, hacer observaciones de las rocas, vegetación, etcétera. Se debe mencionar que fue uno de los pocos grandes viajeros que no sólo visitó las costas, sino que se internó por ríos, selvas, macizos montañosos y altas mesetas. Al leer sus libros, resalta el gran respeto y admiración que muestra por la naturaleza, principalmente por los grandes accidentes geológicos. Algunas de sus descripciones conmueven al lector llevando su imaginación a las maravillas que los ojos de Humboldt vieron:

CUADRO 3

RESUMEN DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS PARA EL DRENAJE Y DESAGÜE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

PERIODO Y SUPERFICIE LACUSTRE EN KM ²	FILOSOFÍA O CRITERIO	PRINCIPALES OBRAS
PREHISPÁNICO: 1,575 (ESTIMADO)	ARMONÍA CON EL MEDIO LACUSTRE. CONSTRUCCIONES URBANAS Y AGRÍCOLAS—CANALES, CALZADAS Y CHINAMPAS—EQUILIBRADAS CON EL MEDIO ACUÁTICO.	1400 CUATRO LARGAS CALZADAS CON DIQUES Y COMPUERTAS 1450 DIQUE DE 16 KM DE LONGITUD Y 20 M DE ANCHO ATRIBUIDO A NEZAHUALCÓYOTL, PARA PREVENIR INUNDACIONES Y PARA SEPARAR LAS AGUAS DEL LAGO DE TEXCOCO (AGUA SALADA) Y LA DEL LAGO DE MÉXICO (AGUA DULCE), CONSIDERADA LA PRIMERA OBRA ECOLÓGICA EN EL VALLE
COLONIAL: 900 (ESTIMADO EN 1750)	INDEFINICIÓN ENTRE DOS CRITERIOS: A) DESECACIÓN DE LOS LAGOS, DESAGÜE DE LA CUENCA B) APROVECHAMIENTO DEL MEDIO LACUSTRE PARA EL TRANSPORTE, "SISTEMA INDIO" TIENDE A PREVALECER EL PRIMERO. SE DESTINAN RECURSOS IMPORTANTES PARA EL DESAGÜE. TRAZA DE LA CIUDAD Y TIPO DE CONSTRUCCIONES INCOMPATIBLES CON EL MEDIO LACUSTRE.	1555 ALBARRADÓN DE SAN LÁZARO: 10 KM DE LONGITUD, OBRA DE CONTENCIÓN PARA PREVENIR INUNDACIONES 1607 SOCAVÓN DE HUEHUETOCA TÚNEL DE 6.7 KM DE LONGITUD Y 10.5 M ² DE SECCIÓN TRANSVERSAL, POR ENRICO MARTÍNEZ. CANALIZACIÓN DEL RÍO COAHUITLÁN, GASTO APROXIMADO 12M ³ /SEG 1630 SIMÓN MÉNDEZ, INICIA EL TRABAJO DE UN TÚNEL POR TEQUIXQUIAC, QUE NO CONTINUA POR FALTA DE PRESUPUESTO 1650 DECISIÓN DE CONVERTIR EL TÚNEL DE E. MARTÍNEZ EN TAJO ABIERTO. OBRA QUE TOMÓ 150 AÑOS Y GRANDES PÉRDIDAS DE VIDAS DE LOS TRABAJADORES 1774 PERFECCIONAMIENTO DEL PROYECTO DE SIMÓN MÉNDEZ POR VELÁZQUEZ DE LEÓN, NO SE LLEVÓ A CABO 1803 HUMBOLDT VISITA LAS OBRAS "UNA DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS MÁS GIGANTESCAS QUE HAN EJECUTADO LOS HOMBRES". RECOMIENDA LA OBRA DE TEQUIXQUIAC Y LA CONSTRUCCIÓN DE CANALES PARA TRANSPORTE. SEÑALA EL PROBLEMA AMBIENTAL
INDEPENDIENTE (1821-1900): 230 EN 1861	ANTE LAS INUNDACIONES SE BUSCÓ DAR CONTINUIDAD AL PROYECTO POR TEQUIXQUIAC. LOS ÚLTIMOS INTENTOS DE APROVECHAR EL TRANSPORTE FLUVIAL: COMPAÑÍA DE VAPORES MÉXICO-CHALCO. MODERNIZACIÓN DE LA CIUDAD.	1848 PROYECTO GLOBAL DE FRANCISCO DE GARAY POR ZUMPANGO: GRAN CANAL Y TÚNEL POR TEQUIXQUIAC 1865 EN EL IMPERIO DE MAXIMILIANO SE REANUDAN LAS OBRAS 1877 EL INGENIERO LUIS ESPINOSA, MEJORA Y ACTUALIZA EL PROYECTO 1889 A 1892 CONCESIÓN A COMPAÑÍAS INGLÉSAS Y QUIEBRA DE LAS MISMAS 1894 LUIS ESPINOSA CONCLUYE EXITOSAMENTE EL TÚNEL DE TEQUIXQUIAC, PARA 17.5 M ³ /SEG 1900 PORFIRIO DÍAZ, INAUGURA EL SISTEMA COMPLETO DE DESAGÜE
ACTUAL (1900-1990): 13 EN 1980	EXPLOSIÓN DEMOGRÁFICA. HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD POR EXTRACCIÓN DE AGUA: SE BUSCA LA SOLUCIÓN DEFINITIVA. ANTE LA CONTAMINACIÓN, SE RETOMAN LAS SOLUCIONES QUE RESPETAN EL MEDIO ACUÁTICO.	1937 A 1946 SEGUNDO TÚNEL DE TEQUIXQUIAC PARA UN CAUDAL TOTAL DE 60 M ³ /SEG 1946 A 1966 CONSTRUCCIÓN DE 29 PLANTAS DE BOMBEO YA QUE EL NIVEL DE LA CIUDAD QUEDO ABAJO DEL NIVEL DEL GRAN CANAL 1961 A 1964 CONSTRUCCIÓN DEL INTERCEPTOR DEL PONENTE PARA 25 M ³ /SEG. POR EL ANTIGUO TAJO DE E. MARTÍNEZ (TAJO DE NOCHISTONGO) 1965 NABOR CARRILLO, ADVIERTE SOBRE PELIGROS PARA EL MEDIO AMBIENTE 1967 EMISOR CENTRAL, TÚNEL DE 50 KM DE LONGITUD 7 M DE DIÁMETRO. 200 M ³ /SEG 1971 SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO (SE COMPLETA) 1981-1997 RESCATE HIDROECOLÓGICO DEL LAGO DE TEXCOCO POR EL INGENIERO G. CRUCKSHANK (PREMIO NACIONAL DE INGENIERÍA)

“Cuando este último (el cráter de un volcán) es inaccesible por ser muy profundo y escarpado, cual sucede al Ruco-Pichincha, podemos por lo menos colocarnos sobre el borde y considerar la cúspide del cono que se eleva desde el fondo del valle interior, rodeada por vapores sulfurados. ¡Magnífico espectáculo! De mí sé decir que nunca jamás se me ha presentado la naturaleza bajo más grandioso aspecto que en los bordes del cráter de Pichincha.”

Es en su libro *Cosmos*, donde Humboldt abunda y hace un análisis completo sobre los volcanes y los terremotos, dedica a estos temas todo un apartado que denomina “Relación de lo interior del globo entre las capas exteriores”.

Aquí muestra sus principales ideas y plantea hipótesis y cuestiones que darían pie al desarrollo posterior de estos temas al ser retomados en tiempos subsecuentes. Se debe considerar que en la época de Humboldt, no había sido aun sistematizado el conocimiento de los volcanes y los terremotos, la sismología no había surgido como tema científico y la ingeniería sísmica tendría que esperar hasta entrado el siglo XX para ser reconocida como tal. Sin embargo, al leer lo escrito por Humboldt, es posible reconocer conceptos y bases de estas disciplinas. Por ejemplo (Humboldt, 1976: 88), distingue varios tipos de ondas sísmicas y estima su velocidad en 7 a 8 leguas/min (entre 0.6 y 0.7 km/seg), que resulta una estimación muy baja con relación a lo que se conoce actualmente (las ondas superficiales viajan entre 2 y 5 km/seg). Sin embargo se debe considerar que no se tenían instrumentos adecuados. Las ondas que identificó como circulares o superficiales fueron estudiadas y explicadas recientemente. También mencionó efectos amplificadas de los temblo-

res en algunos suelos blandos, fenómeno comprobado recientemente y al cual se deben los considerables daños registrados en la ciudad de México, aun para sismos que ocurren en sitios relativamente lejanos.

También observó el efecto de terremotos en terrenos saturados, que hoy se conoce como fenómeno de licuación, tema actual de la ingeniería sísmica.

Relata experiencias sobre ruidos internos como consecuencia o como precursores de temblores, o bien como fenómenos no relacionados con los temblores. Actualmente ya no se da tanta importancia a este asunto, aunque los testigos de sismos intensos reportan frecuentemente esos ruidos.

Atribuye el origen de los sismos al calor interno de la tierra y en particular a la presión de los vapores que genera dicho calor. En algunas partes de su libro separa el fenómeno volcánico del sísmico, pero más adelante atribuye todos los tipos de temblores a la configuración volcánica.

Actualmente se reconoce que los sismos más intensos son de origen tectónico, fenómeno que es diferente al volcánico. Sin embargo, el movimiento relativo de las placas tectónicas se atribuye a movimientos de convección del material plástico interno de la tierra sometido a grandes temperaturas y presiones. De esta forma, tiene razón Humboldt al dar la mayor importancia en la generación de temblores al calor central del planeta. Desde este punto de vista la actividad volcánica también responde al mismo origen.

Es indudable que tuvo un concepto global del fenómeno de los temblores, puesto que reconoció el continuo movimiento de la corteza y la existencia de zonas del planeta con mayor actividad que otras. Consideraba que en el peor de los casos

y en cada localidad, “... solamente hay que temer dos o tres sacudidas desastrosas en cada siglo” (*ibid.*: 93), lo cual resulta congruente con los conocimientos actuales.

Por otro lado, identificó el peligro de avalanchas en volcanes activos con nieve en su cima. Fenómeno que se ha presentado recurrentemente en forma catastrófica, como en el Volcán del Ruiz de Colombia (1985) y, sin consecuencias graves, recientemente en el Popocatepetl.

Finalmente se puede decir que sus escritos contribuyeron a combatir las ideas irracionales que prevalecían en su tiempo. Como la atribución de los sismos, por ejemplo, al castigo divino o bien a fuerzas del mal.

Comentarios finales

No cabe duda que Humboldt fue un personaje ilustre de su tiempo, cuya importante labor es aún reconocida y admirada en gran parte del mundo. Supo relacionar su gran cultura y comprensión de la historia con varias y diversas disciplinas para presentar un resumen comprensivo del estado de conocimiento de su época.

Resulta interesante recordar que hizo de la amistad un verdadero culto. Entre sus más íntimos amigos contó a Bopland (naturalista francés que le acompañó en su viaje a las Américas), Kunth, Aragó y Von Haften. Tuvo relaciones estrechas con grandes hombres como Gay-Lussac, Laplace, De Candolle, Lamarck, Fourcroy, Cuvier, Goethe, Schiler y el duque de Weimar. También tuvo cierta relación con Jefferson, Napoleón, Chateaubriand, Balzac y Víctor Hugo. Aunque también se supo relacionar con la gente común, a la que trataba con respeto y deferencia, independientemente de su condición. Esto fue un aspecto que ayudó al éxito de sus viajes y estudios.

ANEXO 1

“Entrado ya en el último periodo de mi vida, ofrezco a mis compatriotas una obra que hace medio siglo comenzó por primera vez a ocupar mi pensamiento; [...] Ofrézcoles, pues, el COSMOS o sea una DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL MUNDO, con la timidez propia del que no sin razón desconfía de sus fuerzas, y procurando olvidar que las obras, por mucho tiempo esperadas, son comúnmente las que el público acoge con menos benevolencia.

Las vicisitudes de mi vida y mi pasión por instruirme en materias muy variadas, me han llevado durante muchos años, y casi exclusivamente al parecer, a ocuparme en el estudio de ciencias especiales, como la botánica, la geología, la química, la astronomía y el magnetismo terrestre; pero estos estudios, hechos como por vía de preparación para emprender con fruto largos viajes, tenían sin embargo más elevado objeto, porque mi deseo era comprender el mundo de los fenómenos y de las fuerzas físicas en su conexión y mutua influencia. Y como desde mis más tiernos años tuve la dicha de tratar a hombres de sobresaliente mérito que me favorecían con su benevolencia y sus consejos, adquirí muy luego la íntima convicción de que toda contemplación en grande de la naturaleza, así como todo ensayo dirigido a comprender las leyes que componen la física del mundo, sería siempre empresa quimérica y vana, sin una pasión veheméntísima por el estudio sólido y profundo de las ciencias naturales en todos sus diferentes ramos. [...]

Pocos viajeros han disfrutado hasta el grado que yo en sus expediciones científicas, la ventaja de no haber visto solamente costas, como sucede por lo común en los viajes de circunvalaciones del globo, sino de haber recorrido el interior de dos

grandes continentes en extensiones muy considerables, y por los parajes en que presentan más fuertes contrastes, como son el paisaje tropical y alpino de México o de la América del Sur, y el de las áridas llanuras del Asia septentrional.

[...] Con todo, el interés que hace tiempo manifestó el público por una obra dada a luz poco después de mi vuelta de México y de los Estados Unidos, bajo el título de CUADROS DE LA NATURALEZA, hace que aún



me reste alguna esperanza de obtener su inteligencia. En aquel librito, [...] tocaba bajo puntos de vista generales algunos ramos de la geografía física, tales como la fisonomía de los vegetales, de las sabanas y de los desiertos, y el aspecto de las cataratas. Si ha sido de alguna utilidad, no tanto se debe a lo que el libro en sí podía ofrecer, cuanto a la influencia que ha ejercido en el ánimo y en la imaginación de una juventud ávida de ciencia dispuesta siempre a lanzarse en lejanas empresas. En el COSMOS, lo mismo que en los CUADROS DE LA NATURALEZA, he

procurado patentizar que no es absolutamente inconciliable la descripción ajustada y exacta de los fenómenos, con la pintura viva y animada de las imponentes escenas de la creación.

Como siempre he creído que el mejor medio de dar a las ideas nuevas toda la claridad posible es exponerlas ante el público en cursos orales, intenté este medio en dos lenguas diferentes, explicando en París y en Berlín. No he visto ninguno de los cuadernos o apuntes que oyentes entendidos sacaron entonces de mis lecciones, y he preferido no consultarlos, porque la redacción de un libro impone al autor obligaciones muy diferentes de las que lleva consigo la exposición oral en un curso público. Todo el COSMOS, salvo algunos fragmentos de la introducción, ha sido escrito en los años de 1843 y 1844; y conviene advertir que el curso de sesenta lecciones, explicado en Berlín ante dos auditorios diferentes, fue anterior a mi expedición al Norte de Asia.

La primera parte de esta obra, y la más importante en mi juicio, contiene un cuadro de la naturaleza, que abarca el conjunto de los fenómenos del universo, desde las estrellas nebulosas, hasta la geografía de las plantas y de los animales, terminando por las razas humanas. Este cuadro ya precedido de una introducción con condiciones sobre los diferentes grados de goce que ofrecen el estudio de la naturaleza y el conocimiento de sus leyes, y con una discusión razonada acerca de los límites de la ciencia del cosmos y del método con que he intentado exponerla. [...]

Observación es muy repetida, y al parecer poco consoladora, la de que envejece pronto todo aquello que no tiene sus raíces en las profundidades del pensamiento, del

sentimiento y de la imaginación; todo lo que depende de los progresos de la experiencia, y de las revoluciones que la creciente perfección de los instrumentos y la

esfera, más vasta cada día, de la observación, hacen experimentar casi de continuo a todas las teorías físicas. Las obras de ciencias naturales llevan de este modo en sí

mismas un germen de destrucción, de tal manera, que en menos de un cuarto de siglo se ven condenadas al olvido por la marcha rápida de los descubrimientos, [...]"

ANEXO 2

Algunos de los datos del Real Seminario de Minería y su importancia en la historia de la enseñanza de la ingeniería en México

- En 1774 los ilustres sabios Lucas de Lassaga y Joaquín Velázquez Cárdenas de León enviaron, en representación del gremio de los mineros, solicitud al rey Carlos III para la formación de un tribunal minero, con dos propósitos: regular la actividad minera en la Nueva España y fundar un colegio para la enseñanza a jóvenes de las ciencias aplicadas a la minería.

- El 1 de enero de 1792 se funda el Real Seminario de Minería, funciona primero en un inmueble rentado y luego en su primer sede en la calle del Hospicio de San Nicolás, ahora calle Guatemala No. 90 en la ciudad de México. Inmueble donde trabajaría Humboldt durante su visita. Esta fecha es señalada especialmente en la historia de la enseñanza de la ingeniería en México.

- De 1794 a 1796 son adscritos al Colegio de Minería catedráticos

reconocidos, como el caso del español Andrés Manuel del Río y el alemán Luis Fernando Linder, ambos fueron condiscípulos de Humboldt en la Universidad de Freiberg.

- Se encarga el proyecto para el Nuevo Palacio de Minería al arquitecto Manuel Tolsá Carrión (1757-1816), quien inició los trabajos el 22 de marzo de 1797.

- En 1803 Humboldt visita el Colegio de Minería, donde realiza importantes labores académicas y de investigación.

- A partir de 1811 el edificio del Palacio de Minería (aún no terminado) es sede del Tribunal y del Colegio de Minería.



BIBLIOGRAFÍA

Humboldt, A.

____ (1976). *Cosmos, o ensayo de una descripción física del mundo*. Biblioteca Mexicana Popular y Económica, México.

____ (1984). *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*. 4ª edición. Colección "Sepan Cuantos..." No. 39. Porrúa, México.

Miranda, J. (1995). *Humboldt y México*. 2ª edición. Instituto de Investigaciones e Histó-

ricas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Ramírez, H. (1995). "Primeros usos del concreto en México: Primer túnel de Tequixquiac", en *Ciencia ergo sum*, Vol. 2, Núm. 1, febrero. UAEM, Toluca.

Rodríguez-Sala, M. (1994). "Enrico Martínez, primer científico y técnico multidisciplinario en la Nueva España del siglo

- El 3 de abril de 1813 se termina la obra del Palacio de Minería, con un costo de 1'344,229 pesos de aquella época.

- En 1867, siendo presidente Benito Juárez, se crea la Escuela de Ingeniería con sede en el edificio del Palacio de Minería.

- En 1910 se crea la Universidad Nacional de México, por iniciativa de don Justo Sierra, forma parte de ella la Escuela Nacional de Ingenieros en el mismo edificio.

- En 1954 se traslada la escuela a las nuevas instalaciones en la Ciudad Universitaria, y se transforma en Facultad de Ingeniería en 1959.

- De 1963 a 1976, la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería rescata y reconstruye el edificio del Palacio de Minería, donde actualmente funciona la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, así como la Academia Mexicana de Ingeniería y otras sociedades técnicas relacionadas. 🏛️

XVII", en *Ciencia*, Vol. 45, Núm. 2, junio. México.

UNAM

____ (1994a). *Ceremonias Inaugurales de la Plaza y el Salón del Bicentenario*. Facultad de Ingeniería, México.

____ (1994b). *Historia de la enseñanza de la ingeniería en México*. Facultad de Ingeniería, México.