

JOSEPH SÁENZ DE ESCOBAR Y SU OBRA.

Celia Salazar Exaire
Instituto Nacional de Antropología e Historia

Conjuntamente con el proceso de colonización del Nuevo Mundo se inició un traslado de los principios tecnológicos y científicos conocidos en Europa, los cuales se fueron incorporando a los conocimientos locales que ya desde antes de la conquista se tenían, de tal manera que a la par del mestizaje humano se fue gestando un intercambio de conocimientos que fueron constituyendo una ciencia con características particulares, ya no europea únicamente, ni tampoco solo indígena, sino fue surgiendo una ciencia también mestiza.

En la Nueva España, como se sabe, el acceso a la educación estaba limitado para ciertas clases que dependía del origen de las personas, de tal manera, que en forma general los indígenas solo recibían instrucción religiosa y artesanal, mientras que los españoles y criollos se les admitía en los colegios de “educación superior”, en donde se tenía acceso al conocimiento de las ciencias y la filosofía, debido a que se trataba de una educación que se impartía en los monasterios y conventos pues en esta época las instituciones religiosas eran las que tenían a su cargo la instrucción; en especial, desde el siglo XVI los jesuitas se distinguieron por tener a su cargo la educación, lo cual realizaron a través de sus colegios, donde se enseñaba lógica, física y metafísica. En física se aprendían las teorías aristotélicas sobre la naturaleza y los principios de los seres físicos, sobre las causas, el movimiento, el tiempo y el espacio¹.

En 1553 se crea la Real y Pontificia Universidad para impartir estudios superiores con planes de estudio similares a los de la Universidad de Salamanca, por lo que se impartían cátedras de Teología, Sagrada Escritura, Cánones, Retórica, Gramática y Artes. Dentro de las artes se enseñaba lógica, matemáticas, física, astronomía y ciencias naturales. En la medida en que se fue consolidando el Virreinato de la Nueva España, la difusión de las ciencias fue siendo más amplia, a pesar de la rigurosa vigilancia del Santo Oficio de la Inquisición, que no permitía la introducción de libros que atentarán contra la fe cristiana. Esta difusión tuvo gran aceptación sobretodo entre los criollos, que podían tener acceso a las instituciones de educación, así durante el siglo XVII tres personajes criollos fueron los más destacados científicos, Fray Diego Rodríguez, Carlos Sigüenza y Góngora y Sor Juana Inés de la Cruz², quienes a través de sus escritos nos dejan ver la difusión que tuvieron en la Nueva España las obras de algunos teóricos clásicos como Copérnico, Descartes, Kepler, Cristóbal Clavio, entre otros.

A finales de este siglo, una figura se incorpora a este grupo que es don Joseph Sáenz de Escobar, abogado de la Real Audiencia de México y Guadalajara, quien realizó grandes aportes a la historia de la Ciencia y la tecnología en la Nueva España. En este trabajo se estudiarán algunos aspectos de este criollo y sus aportes al estudio de las medidas útiles en la agricultura a través de su obra titulada *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas y el tercero de medidas de agua*”, fechada en 1706.

El siglo XVII español fue una etapa de empobrecimiento debido a las guerras que se habían mantenido con Francia, Holanda, Inglaterra y el Imperio Otomano; es también una época en la que todavía están presentes las consecuencias de la expulsión de los moros, que provocó una crisis en la agricultura y el comercio, ya que al no haber producción fue necesario comprar en el

¹ Ramos Lara, María de la Paz. *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología/Universidad Autónoma de Puebla, 1994, p. 22.

² Trubalse, Elias, *El círculo rojo*, México, FCE/SEP, 1984.

exterior todos los productos, de tal manera que la industria insipiente se estancó. Este panorama dio origen a un esfuerzo por encauzar los conocimientos científicos hacia fines prácticos que pudieran resolver la situación económica en el inicio del desarrollo del capitalismo³. Los conocimientos científicos se enfocaron a resolver problemas prácticos, por ejemplo en la astronomía los nuevos saberes pudieron ser aplicados a la náutica, la industria minera se benefició con el descubrimiento de las bombas y esto propició el acercamiento al saber del vacío y las leyes de los gases que más tarde sería usadas para el perfeccionamiento de la máquina de vapor⁴.

El siglo XVIII en la Nueva España fue una etapa de cambios, cuyo origen esta determinado por el traslado de la corona de la casa de Austria a la de Borbón quienes iniciaron un gobierno, que a pesar de seguir unido a la iglesia, favoreció la introducción de los nuevos principios procedentes de la Ilustración, los cuales iniciaron la aplicación de las ciencias puras para mejorar las técnicas de producción en todos los ámbitos, cuyos avances fueron considerados símbolos de progreso⁵.

Uno de los aspectos en los que se presentó este desarrollo fue en la minería debido a que era uno de los pilares de la economía del Virreinato, por lo que se puso especial interés en el estudio de todo aquello que pudiera mejorar la producción de los minerales y ayudar a resolver los problemas que se presentaban en la extracción y beneficio de los metales. Así uno de los problemas que se tuvo que resolver fue cómo desaguar las minas, para lo cual se idearon bombas hidráulicas que permitieran subir el agua para que el trabajo fuera posible dentro de la mina. Además existieron aportes de personajes novohispanos como el método de Patio, a través del que se resolvió el problema del beneficio de los metales y que fue desarrollado por Bartolomé de Tapia. En el siglo XVIII novohispano, el desarrollo de la ciencia siguió hacia delante, pues esta época se vio beneficiada por los adelantos científicos que fueron difundidos a través de las obras de José Antonio Alzate y Ramírez, José Ignacio Bartolache, Diego de Guadalajara y Tello, Juan Benito Díaz de Gamarra, José Mariano Mocíño, Francisco Javier Gamboa, Antonio de León y Gama y Joaquín Velásquez Cárdenas de León⁶.

Dentro de este ambiente de impulso a las ciencias aplicadas, fue donde se desarrolló precisamente Sáenz de Escobar, ya que su obra está fechada en 1706 podemos suponer que le tocó vivir el fin del siglo XVII e inicio del XVIII, momento en que había una gran preocupación por parte de la Corona de aumentar la producción minera del Virreinato, interés que propició la Creación del Real Seminario de Minería. Este favoreció a que se presentara un desarrollo en la creación de nuevos métodos de beneficio, además del invento de artefactos para desaguar las minas, así como de sistemas de ventilación y molienda. Así se desarrollaron nuevas obras de carácter científico-práctico, que tendrían el objetivo de resolver los problemas que se presentaban no solo en la minería, sino también en lo referente al repartimiento de aguas y tierras para la agricultura, ya que en el terreno agrario existían muchos problemas al hacer el reparto de las tierras, que fueron solucionados con obras como la de Sáenz de Escobar, que con la ayuda de las matemáticas pretendía dar solución a los problemas de medidas de tierras, minas y aguas⁷. Nuestro autor, para escribir la obra consultó a varios científicos de la época como Juan de Caramuel y Lobkowitz⁸, Athanasius Kircher⁹ y Kaspar Schott¹⁰.

³ Ramos, op. cit., p. 104.

⁴ *Ibid.*, p. 105.

⁵ *Ibid.*, p. 29.

⁶ Ramos, op. cit., p. 31.

⁷ *Ibid.*, p. 66.

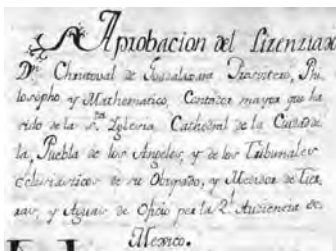
⁸ Caramuel, Juan de, *Mathesis biceps: vetus et nova*, 3 vols., Campana, 1670.

⁹ Kircher, Athanasius, *Musurgia Universales sive ars magna Consoni et Dissoni*, Typis Ludovici Grignani, Roma 1650.

Joseph Sáenz de Escobar fue un jurista criollo nacido alrededor de 1658¹¹ que escribió este tratado a finales del siglo XVII y principio del XVIII. La obra está considerada como una de las más valiosas sobre la historia de la ciencia y la tecnología en la Nueva España¹² ya que el autor se basó para su realización en tratadistas europeos y en su amplia experiencia en atender problemas jurídicos relacionados con errores en el otorgamiento de mercedes de tierras, aguas y minas.

El objetivo que tuvo Sáenz de Escobar al realizar su obra queda plasmado en las primeras fojas del manuscrito, al exponer que lo hace *para instrucción de corregidores, alcaldes mayores, receptores y medidores de tierras de esta Nueva España*, así a través de su obra buscaba resolver que la asignación de tierras se dieran correctamente sin usurpar a nadie de lo que le pertenecía; buscaba responder a las necesidades de contar con un manual donde se estableciera la forma de realizar la medida del terreno y que tomara en cuenta que los campos no eran totalmente planos y tampoco homogéneos, por lo que era menester sortear declives del terreno y elevaciones, así como superficies que tuvieran lagos o ríos.

Otra razón por la que siendo abogado Sáenz de Escobar, se interesaba por los aspectos de agrimensura fue que seguramente en muchas ocasiones se tuvo que enfrentar a problemas de usurpación de tierras, por lo que para tratar de evitar esta problemática es que dirigió su obra a los medidores de tierras en el primer tratado del que se conforma su obra. Por tanto, el manuscrito trata de auxiliar a los medidores, en los problemas legales de la propiedad de la tierra, ya que para su legitimación era necesario saber cuales fueron los límites que marcaban la propiedad de una persona y para ello se debía realizar un levantamiento topográfico y se harían mapas, que facilitarían que las transferencias de bienes raíces se hicieran con toda legalidad. Sin embargo, esta obra nunca fue publicada en la época colonial, a pesar de contar con la autorización que se requería para que cualquier libro fuera impreso, ya que estaba establecido que para que una obra se publicara, debería ser vista y aprobada por el Consejo Real de las Indias¹³. La autorización para que este trabajo se imprimiera fue dada por el Lic. Don Cristóbal de Guadalajara, importante canónigo de la Catedral de Ciudad de los Ángeles.



¹⁰ Schott, Kaspar, *Pantometrum Kircherianum*, hoc est instrumentum geometricum novum a celeberrimo Viro P. Athanasius Kirchero ante hae in vetum, nunc decem Libris, universam paene practicam geometricam complectentibus explicatum demonstrationibus illustratum, Wudzburg, Hertz, 1660.

¹¹ Nickel, Herbert J., -Joseph Sáenz de Escobar y su tratado sobre geometría práctica y mecánica. Un manual sobre geometría aplicada para personas no calificadas en la materia, escrito en la Nueva España (México) alrededor del año de 1700", en *Historia y Geografía*, UIA, No. 15, 2000, p. 247.

¹² Trabluse, Elias, *El círculo roto*, México, FCE/SEP, 1984, p. 198.

¹³ Menéndez y Pidal, Ramón, *Recopilación de las leyes de los reynos de Indias*, Madrid, Ed. Cultura hispánica, 1973, f. 123v.

—...Antes de darlo a la estampa remitírmelo desde México, para que con la inteligencia y práctica que e tenido en estas materias (en especial de tierras y aguas) y le reconociere y abiendo llegado a mis manos un tratado tan docto y curioso desde luego me pareció muy útil y provechoso si no necesario por la inopia que se halla en estas partes de semejantes escritos pues hasta ahora el motor que se ha aplicado a la inteligencia y práctica de estos ministerios tan necesario por lo cual es muy digno de alabanza y estimación tratando estas materias por su naturaleza arduas y difíciles con tanta cualidad que cualquier con mediana inteligencia de la geometría y aritmética las puede ejecutar sin saltar a lo que se requiere: pues siendo todo tan sutil y ingenioso no solo satisface a estos requisitos de la matemática sino que enseña las cauciones que tocan a el hecho y al derecho con singular energía juntando con las agudezas de la jurisprudencia con que cumplan con su obligación en estos ministerios y asi juzgo será de mucha utilidad pública y digna no sólo de alabanza sino de mucha estimación dándose a las prensas y que se le deben de justicias las gracias y las licencias para ello y en fe de ello lo firmé. Ángeles Septiembre 30 de 1706 años. Lic. Cristóbal de Guadalajara¹⁴.

A pesar de que no se publicó la obra, es de suponer que sí tuvo una gran difusión debido a la existencia de siete copias¹⁵, las cuales se encuentra localizadas en diferentes acervos tanto nacionales como extranjeros, como la Universidad Iberoamericana que en su Archivo Histórico posee dos copias, la Biblioteca Nacional de México en su fondo reservado tiene la fechada en 1706, el Archivo General de la Nación cuenta con una de mediados del siglo XVIII, en el Archivo Histórico de la Biblioteca Nacional de Antropología se localiza otra de las copias, en la Biblioteca Nacional de Madrid se ha localizado una más y por último en Estados Unidos en la Bancroft Library de Berkeley se ubica otra¹⁶.

El uso de este tratado puede comprobarse porque ya a fines del siglo XVIII fue utilizado por Francisco Javier Gamboa en sus «Comentarios a las Ordenanzas y Minas» publicado en Madrid en 1761¹⁷ y más tarde fue citado por Mariano Galván en sus «Ordenanzas de tierras y aguas ó sea formulario geométrico judicial para la designación, establecimiento, mensura, amojonamiento y deslinde de las poblaciones y todas suertes de tierras, sitios, caballerías y criaderos mayores y menores y mercedes de agua» publicado en 1868.

DE LAS MEDIDAS DE LAS TIERRAS.

Al ser una de las preocupaciones de Sáenz de Escobar resolver los problemas que se enfrentan los alcaldes y medidores de tierra, a continuación se expondrán algunos elementos que el autor aborda en cuanto a este elemento.

El primer tratado de la obra de Sáenz de Escobar, que versa sobre las medidas de tierras, constituyó un aporte fundamental para los agrimensores que debían realizar las mediciones de terrenos que se vendían o se cedían en el siglo XVIII, para llevar al cabo esta tarea necesitaban tener una base teórica en geometría, que les permitiera saber como medir áreas irregulares en cuanto a alturas, profundidad y dimensiones y esto es a lo que está dedicado este tratado de geometría aplicada, en el que se insiste en la importancia de medir los terrenos irregulares en forma triangulada, reduciendo las figuras poligonales de la tierra a triángulos porque se pueden medir de manera más fácil. No solo se trataban problemas técnicos en el manuscrito, ya que

¹⁴ Sáenz de Escobar, Joseph, *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados, el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas y el tercero de medidas de aguas*, México, 1706.

¹⁵ Nickel, Herbert J., «Joseph Sáenz de Escobar y su tratado sobre geometría práctica y mecánica. Un manual sobre geometría aplicada para personas no cualificadas en la materia, escrito en la Nueva España (México) alrededor del año de 1700», en *Historia y Geografía*, UIA, No. 15, 2000, p. 245.

¹⁶ Con referencia a las copias existentes del tratado de Sáenz de Escobar, es importante informar que inclusive se ofrece una copia fechada en 1706, por Internet por la empresa Philadelphia Rare Books and Manuscripts por un precio de \$25,000.00 dólares.

¹⁷ Nickel, op. cit., p. 250.

también se abordaban aspectos teóricos muy de moda en la época, como era resolver la cuestión de la *cuadratura del círculo y la trisección de un ángulo*¹⁸.

En este primer tratado se intentó dar la solución a los problemas a los que se enfrentaban los agrimensores, corregidores y medidores de tierras, quienes al no tener conocimientos de geometría realizaban incorrectamente la distribución de los terrenos, está constituido por un estudio de matemáticas que incluye una sección de geometría, para explicar la importancia de las líneas y superficies, ángulos y figuras con las que se debía elaborar los mapas topográficos.

Otro de los temas tratados en la obra son las medidas de longitud utilizadas y sus conversiones para que sirviera de apoyo a los agrimensores, debido a que en la Nueva España los campos son de formas muy diversas con dimensiones irregulares que problematizan su medida, ya que estaban formados por líneas rectas y curvas, por planas e irregulares por lo que plantea que:

—...es preciso ocurrir a la regulación y cómputo aritmético o geométrico por la medida de su área o superficie para ajustar cuántos sitios o caballerías caben en aquel campo polígono de figura imperfecta que llamamos irregular”

Nuestro autor señala la necesidad de que el agrimensor requiere ajustar las figuras poligonales a triángulos, para que la superficie pueda ser fácil de medir y expone:

—Necesita el medidor saber sacar la área o superficie de un campo irregular como comúnmente son los más; que tienen gran variedad de vueltas y ancones, ya cuadrados, ya triángulos, ya circulares, ya tortuosos y otras muchas formas, no es dable ni hay paciencia para medir cada cosa de por sí y así... se hará alrededor de la tierra la medida hasta volver a la parte donde se comenzó, y en casa, sobre una mesa o pliego de papel ayudado del pitipié, podrá formar un mapa el medidor, en lo que corresponde a los que rodeó la tierra, cuya distancia al tiempo de medir irá apuntando sin descuidarse en las circunstancias de viento así dónde fue, ángulo que formó, y distancia que midió.”¹⁹

Sáenz de Escobar proponía una manera de poder realizar la medición, para lo cual decía que lo primero que se debía hacer era la llamada vista de ojos, que consistía en una inspección ocular del sitio que se debía medir, al llegar a él se observaría el viento para ver hacia donde soplaba y el escribiente lo debía apuntar, anotando también la hora y explicaba que se debía escribir en el siguiente formato.

—...reozco que por la muestra la hora que es y hago cómputo imaginario de que al paso ordinario de una mula se anda una legua en una hora y respectivamente si al cuarto de hora se llega a la parte donde se halla alguna señal de las de los títulos u otra fija de las conocidas en aquel país, le digo al escribiente que asiente que habiendo andado un cuarto de legua desde donde salimos al norte, se llegó a un peñasco a tal señal, y desde allí según el viento por donde se prosigue caminando a medio viento se continúa apuntándose en el papel y cada cosa separada. De esta suerte a la vuelta, acabada la diligencia, se puede, a la noche, por los mismos apuntes, formar una tosca mapa, y con muy corta diferencia la medida, y cuando se haga será con grande comprensión, y se podrá disponer, muy ajustado, un mapa auténtico”.

Uno de los aportes de la obra de Sáenz de Escobar es precisamente las detalladas ilustraciones que se incluyen en el manuscrito que nos acercan a comprender el avance de la

¹⁸ Trabulse, Elias, *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, México, FCE/El Colegio de México, 1994, p. 69.

¹⁹ Citado por Trabulse, Elias, *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, México, FCE/El Colegio de México, 1994, pp. 70.

técnica del siglo XVII una de ellas es la mesa plana conocida como “holómetro”, la cual facilitaba realizar el dibujo de líneas sobre un papel; otro instrumento que nos muestra es la regla dióptrica, el compás y un instrumento inventado por el jesuita Athanasius Kircher, que consistía en un agujón magnético que estaba inserto en un círculo graduado dividido en 360 grados que permitía realizar triangulaciones para medir los terrenos.²⁰

El autor recomendaba que para realizar las medidas de tierra, lo primero que se debía hacer era revisar bien los documentos que acreditaran su posesión, según lo que marcaban las ordenanzas para posesiones de tierra y así evitar litigios sobre un sitio, teniendo cuidado de observar que los linderos estuvieran bien especificados en los títulos de propiedad²¹. Una vez cubiertos los requisitos legales, era menester realizar una vista de ojos, en donde iban a estar presentes el medidor y el juez, prevenidos con los instrumentos necesarios para realizar la medida; estos eran una *auja*, cartabón ordinario, un cordel, una regla en la que se señalaran las medidas de la vara castellana. Nuestro autor nos explica como debía hacerse la diligencia.

—En esta prevención al salir de la posada más inmediata de la tierra, de que se ha de hacer la vista de ojos, observar el viento para donde me guía, y el escribiente desde la mula y sin necesidad de apearse lo apunta, reconozcan la muestra, la hora que es y haga un conjunto imaginario de que al paso ordinario de una mula se anda una legua en una hora y respectivamente si de cuarto de hora se llega a la parte donde se halla alguna señal de los de los títulos, le digo al escribiente que asiente que habiendo andado un cuarto de legua desde donde salimos al norte se llega por ejemplo a un peñasco o a tal señal por donde se prosigue caminando a medir visto se continua apuntándose en el papel y cada cosa separada”²²

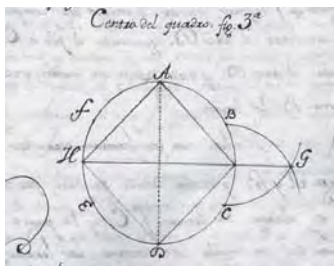
Con los datos conseguidos se podía hacer esbozo de un mapa con el fin de ubicar la propiedad. En la medición, el primer problema geométrico que Sáenz aborda es localizar el centro de un terreno, debido a que una vez ubicado era posible delinear la figura del sitio y realizar la medida. La manera como se debía hacer esta labor queda explicada por el autor a continuación:

—Dicho el círculo entero con el campo es cierto que sin abrirla ni cerrarla se ajustan seis compases o se señalan seis puntos en la circunferencia y poniendo en cualquiera de ellos la regla y arrimándole el punto del centro queda de círculo dividido en dos partes iguales para dividir cada método en otras dos partes iguales que es lo mismo que dividir todo el círculo en cuatro partes iguales, se pone la una punta del compás fija en uno de los dos puntos que en la media esfera quedan y fuera de ella se forma una parte de arco y pasando el pie del compás al otro punto se hace otro arco que cruza el primero y desde el punto de la cruz hasta el centro se pone la regla y se pone la línea diametral y queda la esfera dividida en cuatro partes y después es con línea recta de punto a punto de cada línea se hace el cuadrado perfecto como se manifiesta en la figura siguiente en la cual se divide el círculo en seis partes iguales que son A B C D E F de la figura en la cual tirando la línea desde A hasta D formando el arco G y la línea G H queda el círculo dividido en cuatro puntos y con la línea AH:HD:DG: y GA incluso en la esfera se forma cuadro perfecto”. (fig. 2)

²⁰ Trubulse, op. cit., p. 71.

²¹ Sáenz, op. cit., f. 11.

²² Sáenz, op. cit., f. 5v.



DE LAS MEDIDAS DE LAS MINAS.

El autor al iniciar este segundo tratado nos expone su objetivo que es dar a conocer un tratado de medidas de minas, debido que hasta esa época no se había hecho ninguno que tratara sobre el problema de medidas de minas, que aplicara los principios de la geometría para medirlas tanto en su exterior como en el interior tomando como base la latitud y longitud interior, que correspondía a la superior.

En este caso también el interés que tenía Sáenz de Escobar en dar a conocer estos principios para medir las minas, estaba en relación con la experiencia que tenía como abogado en atender casos de justicia en los que se pretendía resolver pleitos sobre las medidas de las minas²³.

En este tratado, también se analizaban las ordenanzas que se habían establecido para normar la extracción de los metales. En ellas, como primer punto se indicaban los requerimientos para ser propietario de una mina, dado que como se sabe, tanto la tierra como los montes, el agua y las minas, eran propiedad del rey y con el poder que Dios y los hombres le otorgaban, podía ceder sus derecho entre los vasallos de su reino. De tal manera que una vez que se mercedaba a algún particular, éste debía mantenerla siempre *poblada con por lo menos cuatro personas, sin dejarla despoblada por cuatro meses, con la pena si no se hiciera de este modo de perderla y que se adjudicaría al primero que la denunciara*²⁴.

La importancia de conocer las medidas de minas también radicaba en que de esa manera era posible localizar el lugar más idóneo para hacer el tiro y permitir que el aire circulara, así sería posible encender lumbreras que permitieran ver y trabajar en la mina, ya que:

—...*nohay duda si no que si supieren con fundamento medir una mina hicieran con certidumbre el crucero, tiro o socabón, sabiendo cuantas varas eran las que se había de trabajar o por lo menos conocerían que el costo del crucero era muy elevado y que el tiro o socabón tenía menos costo y la mina de todos modos funcionaria*²⁵.

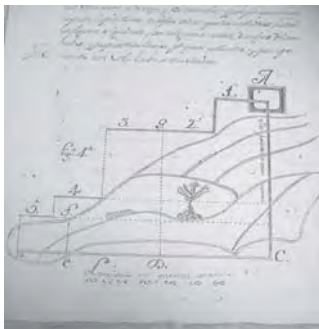
Las medidas de minas se realizaban en lo exterior y en el interior de la tierra, ya que sería una actividad muy sencilla si éstas se encontraran en una superficie de tierra plana, pero la realidad era que muchas veces se localizaban en montes y peñascos altos o en barrancas casi impenetrables; por ello era muy importante que el medidor conociera los principios de la geometría puesto que de otro modo no podría realizar la medida de una forma correcta.

²³ Ibid., f. 68.

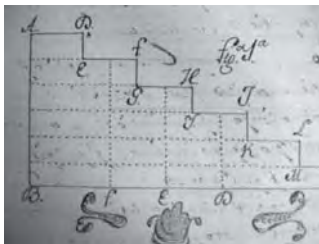
²⁴ Ibid., f. 79v.

²⁵ Sáenz, op. cit., f. 69v.

Para medir la mina se utilizaban los mismos instrumentos que para las medidas de tierra, pero como en las minas había que reparar en profundidades donde era difícil acceder, el autor pretendió explicar *con toda claridad para que el más corto de capacidad* le entendiese y para ello pone el ejemplo de la escalera de una casa, la cual diseñan los arquitectos en la pared donde ha de estar.



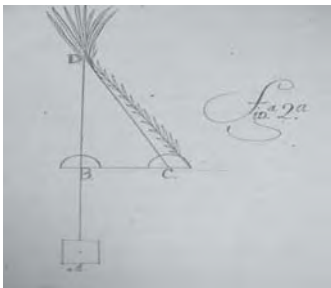
El proceso es que desde el suelo hasta el plan del descanso echan líneas diagonales que servirán para delinear los perfiles de los escalones, debajo señalan otra línea diagonal para el piso de los escalones y por último van marcando las líneas perpendiculares para la altura de cada escalón. De suerte que con las líneas perpendiculares se ajusta lo que hay de arriba para abajo y con las horizontales, puestas a nivel se manifiesta lo que dista por lo bajo la línea perpendicular del punto del primer escalón como se ve en la figura siguiente.



La superficie plana de la mina generalmente era menor y considerando valerse de un cordel con mucha molestia ateniéndolo alguna persona en el punto F bajo otra, y pasa la barranca hasta ponerse en G en lo cual se experimenta que suele el cordel enredarse en espinos, o peñas y por último no se sabe si el cordel está a nivel porque el lado F o el otro G suelen entrar más bajos o más altos.

Todo esto podría hacerlo con facilidad y con certidumbre el medidor si se valiese del semicírculo y de la regla dióptrica que se requiere para medir barrancas, anchuras de ríos y otros puestos inaccesibles.

Otra dificultad que debe resolverse en cuanto a minas, era cuando siguiendo la medida se encuentra una ancha y dilatada barranca y si suponemos que el principio de ella tiene la misma altura, que el lado de la otra banda; porque si estuviera más abajo se explicara en otros términos; y por lo áspero de la bajada y subida no puede el medidor ni con cordel medir su ancho. En este caso era preciso valerse del semicírculo graduado y con la regla dióptrica observar alguna piedra o palo o arbolillo de la otra banda de la barranca y buscando el medidor otra estación del lado donde se halla, volver con la regla dióptrica a observar la misma señal para que formando el triangulo grande de las dos líneas visuales, imaginadas y la tercera cierta de las dos estaciones, se ajuste la distancia o anchura de la barranca. Como ejemplo el autor nos pone una figura para minas donde se ve que siendo la boca A de la mina se midieron 20 varas hasta encontrar en B la barranca.



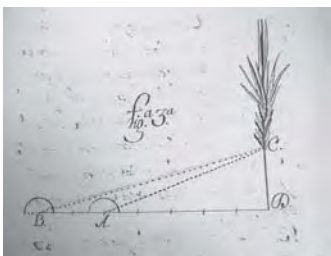
Después a distancia de 15 varas se mudó el medidor a la estación C donde el semicírculo y dióptrica observa el mismo arbolito por la otra banda, pasando la visual por 60 grados; y reducido a un pitipié y pintura, como la propuesta resuelve que desde B hasta D hay 30 varas que tiene de ancho la barranca y consiguientemente que desde la boca A de la mina a el arbolito hay 50 varas.

Otra dificultad es que no solo se encuentra lo ancho, áspero y dilatado de la barranca, sino que se reconoce ser de la otra banda el sitio más bajo o más alto, que el de la banda donde el medidor se halla, y es necesario ajustar con fijeza cuanto es el exceso de profundidad o altura porque es preciso que la medida se haga a nivel.

Para resolver esta dificultad en uno y otro caso servía el semicírculo graduado con la elección de dos estaciones y solamente se muda de postura el semicírculo porque para lo plano se pone echado paralelo, su plan al oriente y para la profundidad o altura se pone parado. De suerte que la línea del diámetro quede perpendicular.

Para medir una altura se eligen dos lugares y conocida la longitud de una línea y los lados de dos ángulos se puede conocer la línea imaginada y perpendicular; y también se ajusta la longitud de la línea que sirve de basa y va a formar ángulo recto con la perpendicular.

Para saber como se hace la medida, el autor nos ofrece un ejemplo de la medida de una mina que se encuentra en una barranca donde el medidor llega y reconoce que el otro lado es más alto como se demuestra en la figura siguiente.



Las dos estaciones AB y el arbolito que se observa de la otra banda es C puesto el medidor en A observa con la regla dióptrica el arbolito C parando el semicírculo graduado con el semidiámetro del que está paralelo y nivelado a el horizonte y reconoce que la línea visual imaginaria pasa por ejemplo por 20 grados dejando puesta señal en el punto A, se retira el medidor al punto B, donde puesto el semicírculo parado de la misma forma observa con la dióptrica el mismo arbolito C, pasando la línea visual por ejemplo por quince grados y mide la distancia entre AB por ejemplo de 20 varas²⁶.

DE LAS MEDIDAS DE AGUA.

El último tratado de la obra se refiere a la forma de medir el agua cuando se otorgaban mercedes reales a algún vecino, que era el mecanismo para adquirir los derechos sobre el agua. Para realizar esta medición se nombraba a un juez medidor que era auxiliado por un maestro en agrimensura, quien debía realizar una vista de ojos, al igual que en el caso de las medidas de tierras, éste reconocimiento se basaba en la observación del lugar donde nació el agua, para después establecer cual sería la forma de conducirla hasta el lugar donde se requería. Al realizar esta labor era muy importante verificar que el terreno tuviera la declinación necesaria para que el agua corriera hasta donde se deseaba conducirla, así en el manuscrito se establecía que el terreno debía tener un declive de un cuarto de vara²⁷ por cada cien, ya que para conducir el agua se aprovechaba la fuerza de gravedad. Cuando se trataba de un terreno irregular Sáenz propone utilizar acueductos mediante los cuales el agua podía pasar a través de las lomas para llegar hasta las propiedades.

Sáenz de Escobar nos dice que para realizar la medición del agua se debía elegir el mejor segmento de tierra en tiempo de secas tomando en cuenta el nivel de la tierra, ya que este debía ser uniforme en todo el espacio de manera que el agua corriera en forma recta. También eran necesario saber la profundidad del nacimiento del agua para lo cual, el autor nos muestra un instrumento que consistía en un marco de madera con números marginales en los lados laterales, así señala:

*... pues con esto y multiplicando la latitud por la altura viva del agua quedará medida la amplitud de la sección, advirtiendo que este producto que sale de la multiplicación de un lado por otra, avra de partirse el área de la naranja, sulco, etc....*²⁸

²⁶ Sáenz, op. cit., fs. 80-88.

²⁷ Vara: medida lineal que equivale a 0.838m.

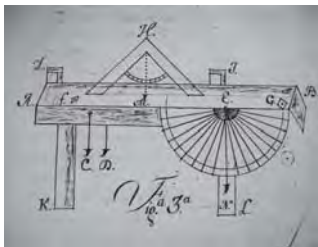
²⁸ Sáenz, op cit., f. 129.

Otro instrumento que era empleado para medir la velocidad del agua estaba constituido por un cilindro que debía tener la misma altura del agua con una abertura en la parte inferior de un dedo cuadrado²⁹, este cilindro se llenaba de agua sin disminuir la cantidad que se administraba por arriba, entonces se calculaba el tiempo en que una cantidad de agua salía por la abertura y era capaz de llenar un cubo de latón y de esa manera se establecía la velocidad del agua que corría por un río³⁰.

Además del anterior, nos presenta Sáenz de Escobar el llamado libra acuática. Este instrumento también servía para conocer el nivel del terreno y consistía en un cajoncillo nivelado que estaba lleno de agua, cuya superficie se consideraba plana.



Para conocer el nivel del terreno también se utilizaba el Chorobate que era una combinación de regla dióptrica y la libra acuática. Consistía en una regla de madera con un canal en medio algo hondo y lleno de agua para ponerlo a nivel, contaba con portezuelos que tenían perforaciones para poder observar si estaba nivelado el terreno³¹.



Para pesar el agua se mencionan los siguientes instrumentos que están citados de la obra del Padre Schott: el *quadrante*, el *quadrado*, el *astrolabio*, el *planimetro*, la *libella*, la *regla larga*, el *vaso de agua*; pesas como balanzas o romanas según la situación del centro de gravedad. La

²⁹ Un dedo de agua equivalía a 19 pajas, una paja es igual a 0.45 lit. por minuto.

³⁰ Sáenz, op. cit., f. 155.

³¹ *Ibid.*, f. 179.

libella Kirkeriana (por ser de Kirkerio), *Claviana* (por ser del padre Clavio) y todos estos instrumentos se deben utilizar para ajustar la línea en lo plano paralela al horizonte³².

Para realizar el reparto del agua se fabricaban pilas repartidoras o cajas de agua, a las que se les abrían compuertas en sus orillas. A estas compuertas se les llamaban *datas* o *tomas*, a través de las cuales el agua salía hacia un surco o zanja que era una cavidad rectangular que tenía una séptima de largo por una octava de ancho, que hacen 32 granos³³.

Se consideraba que una zanja era un conducto por donde se podía conducir el agua hacia un lugar determinado y consistía en una construcción que iniciaba en el llamado *–ncile* que era el lugar donde fue hallada el agua. Para aprovechar el líquido era necesario realizar una cavidad donde se recibiría el agua, en las bocas de recibimiento, en este sitio se pondría una puerta para poder impedir el paso del agua en el caso de tener que hacer una reparación.

Para la conducción, lo determinante era el lugar donde se hallaba el nacimiento del agua y se debía cuidar el tipo de terreno por donde pasaban las zanjas, ya que si se hallaban en un suelo impermeable no sería necesario fabricar ninguna obra; pero cuando el suelo era absorbente, si se requería realizar una obra para la zanja.

El reparto del agua durante el año se dividía en cotidiana y estiva. La cotidiana era la que se podía utilizar todos los días y estiva era la que solo se usaba en época de estío, que duraba seis meses.

El agua para el riego de caballerías se repartía por medio de la medida denominada *–surco*³⁴, tomando en cuenta que para regar tres fanegas de trigo era necesario un surco de agua, durante un día y una noche; una caballería podía contener 60 fanegas. En los ingenios o molinos se necesitaba mayor cantidad de agua, en este caso el medidor debía investigar la cantidad de agua que tenía el río u ojo de agua y la que requerían los interesados para establecer la forma de otorgar la merced³⁵.

Para realizar la distribución en las ciudades el sistema de medidas estaba compuesto por la paja, la naranja y el buey de agua, medidas que partían de una caja de agua que contenía varias tomas en las que se establecía la medida del agua que se le otorgaría a cada vecino.

El objetivo que el autor se plantea en este tratado es evitar errores insalvables que se cometían en pesar y medir el agua porque se experimentaban grandes daños o gastarse grandes cantidades en acueductos para las ciudades y haciendas de labor.

Otro de los objetivos era explicar el modo de hacer el repartimiento del agua para evitar pleitos entre dos o más interesados, en donde los jueces mandaban hacer pilas y poner tomas para que a cada uno se le diera lo que le correspondía según las mercedes otorgadas.

Al igual que en los dos tratados anteriores, vemos que debido a la experiencia que el autor tenía como abogado, poseía conocimiento de los múltiples abusos y usurpaciones que se hacían del agua cuando la merced otorgada se refería a una paja, ya que lo que se tomaba era mucho más; es por ello que era necesario conocer la ciencia de pesar y medir el agua.

Como punto teórico indicaba que la línea recta horizontal debe ser paralela al horizonte para ajustarse a una superficie plana, con un principio de la geometría y planteaba el problema de definir si el elemento agua es de características esféricas³⁶.

El autor cita a Kaspar de Schott y Nicolás Causo quienes habían estudiado las líneas tangentes respecto del globo terraqueo³⁷ y planteaba que los filósofos y matemáticos entendían

³² Sáenz, op. cit., f. 134v.

³³ Grano: medida que equivale a 05 gr., tenía una equivalencia de 6 por 4.5 pulgadas, que producen aproximadamente 194.4 lit. por minuto.

³⁴ Surco: medida de agua que consiste en una abertura de forma rectangular que tiene de largo seis pulgadas y de ancho cuatro y media pulgadas y deja fluir 194 lit. por min.

³⁵ Sáenz, op. cit., f. 144v.

³⁶ Sáenz, op. cit., f. 130.

bien estos términos, pero que los medidores no podrían entender la naturaleza esférica del agua a quien les bastaba una regla y un nivel delineado. Sáenz nos dice que:

—*Fes instrumentos dicen que señala Bitrubio par pesar las Aguas: El primero nombrado Dioptrica el segundo libra aquaria. Y el tercero Chorobate. De los quales dice ser mejor el tercero La regla dioptrica es la que se delinea en el tratado primero de tierras... Y como es instrumento comiún necesario para lo plano, y para alturas, y profundidades, no parece propio por si solo para pesar agua, asi advierte el Padre Gaspar Escoto la gran variedad con que los interpretes lo pintan, y lo mismo milita en los otros instrumentos cuyas figuras, que aña Bitrubio discurren se perdieron con el tiempo, y asi parece que la Dioptrica sria ayudada de un nivel par reglar la linea horizontal*³⁸.

Es claro el conocimiento de los clásicos en los hombres de ciencia del siglo XVIII, un ejemplo es el conocimiento que Sáenz de Escobar tiene de Vitruvio que es uno de los más reconocidos teóricos de la arquitectura, que en su obra, en el libro octavo se establece lo referente al aspecto de la distribución y utilización del agua³⁹. En cuanto a los principios de geometría se plantea que :

—*...todo triángulo de linea recta se resuelve en los rectángulos esto es contiene dos triángulos rectángulos. La segunda: que la linea perpendicular es la que divide el triángulo en dos rectángulos que tienen juntos tanto de área como el rectángulo el de sus dos lados o costados es el perpendicular, aunque si sirviese de vasa la Hipotenusa; también se dividiera en dos rectángulos con otra linea perpendicular. Sabidas estas tres proposiciones y suponiendo por cierto, como lo es, que la linea hipotenusa es necesariamente mayor que las de los otros dos lados; digo cada lado de por si, no es muy difícil saber lo que el perpendicular debe tener de altura*⁴⁰

Con base en una serie de observaciones y prácticas en las medidas de aguas Sáenz logró establecer una tabla de medidas y equivalencias que servirían para resolver las dificultades a las que se enfrentaban los medidores de aguas. Estas medidas tenían como base los huecos por donde era posible que pasara el agua dentro de una fuente, pila o toma, a partir de ella se establecía que una naranja de agua tenía 16 granos en cuadro que equivale a una doceava en cuadro de vara y también se calculaba que tenía 8 reales de agua y cada real 18 pajas. Por lo que el área de una naranja en cuadro debía tener 256 granos. Prosiguiendo la cuenta, si una naranja en cuadro tiene 8 reales y cada real 18 pajas es cierto que multiplicando 8 reales por 18 pajas resultan 144 pajas que caven en el cuadrado de una naranja⁴¹.

Por último Sáenz incluye en su obra un apéndice a los tres tratados titulado *—Breve noticia de los senos rectos y de las líneas secantes y tangentes para los medidores que fuera de lo mecánico quisieran aplicarse a tener alguna razón más perfecta de la geometría*", apartado en el que se explica a detalle las características de los senos rectos y las líneas secantes y tangentes apartándose de su principal objetivo que era auxiliar a los medidores, corregidores y alcaldes mayores en el momento de repartir el agua para el uso tanto urbano como rural, para que esta distribución fuera más exacta y de esa manera evitar problemas por la mala distribución del agua, ya que en este apéndice se introducen principios teóricos de geometría y aritmética.

³⁷ Ibid., f. 131.

³⁸ Ibid., f. 132v.

³⁹ Vitruvio Polión, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, Madrid, Alianza Ed., 2000, p. 297.

⁴⁰ Ibid., f.160.

⁴¹ Sáenz, op. cit., f. 160.

REFLEXIÓN FINAL.

Sin duda el abogado Joseph Sáenz de Escobar, representa una época en donde se inició una transición hacia la Ilustración, en la que se buscaba acercarse a la razón sin traicionar los principios religiosos de la fe cristiana, por ello da su obra para ser aprobada precisamente a un canónigo de la Catedral de la Ciudad de los Ángeles, don Cristóbal de Guadalajara, quien argumentaba que se trataba de una obra de gran valor científico que no contradecía los principios religiosos, por lo que dió su aprobación para ser publicada, a pesar de ello nunca llegó a la imprenta.

Aunado al ejercicio de la abogacía en la Real Audiencia, Sáenz de Escobar tenía un conocimiento amplio de las ciencias exactas como son las Matemáticas y la Geometría. A través de su obra, también podemos observar que es evidente la existencia de una gran difusión de obras de teóricos europeos en la Nueva España, que sin duda estuvieron en las manos del Maestro Sáenz de Escobar y de que existía en esa época un ambiente que propiciaba el desarrollo de la ciencia novohispana, que se vería reflejado a lo largo del siglo XVIII.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

CARAMUEL, Juan de, *Mathesis biceps : vetus et nova*, 3 vols., Campania, 1670.

Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo, México, FCE/El Colegio de México, 1994, p. 69.

KIRCHER, Athanasius, *Musurgia Universales sive ars magna Consoni et Dissoni*, Typis

LUDOVICI Grignani, Roma 1650.

MENÉNDEZ Y PIDAL, Ramón, *Recopilación de las leyes de los reynos de Indias*, Madrid, Ed. Cultura hispánica, 1973, f. 123v.

NICKEL, Herbert J., "Joseph Sáenz de Escobar y su tratado sobre geometría práctica y mecánica.

Un manual sobre geometría aplicada para personas no cualificadas en la materia, escrito en la Nueva España (México) alrededor del año de 1700", en *Historia y Grafía*, UIA, No. 15, 2000, p. 245.

SÁENZ DE ESCOBAR, Joseph, *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados, el primero de medidas de tierras, el segundo de medidas de minas y el tercero de medidas de aguas*, México, 1706.

SCHOTT, Kaspar, *Pantometrum Kircherianum, hoc est instrumentum geometricum novum a celeberrimo Viro P. Athanasius Kirchero ante hac inventum, nunc decem Libris, universam paene practicam complectentibus explicatum demonstrationibus illustratum*, Wudzburg, Hertz, 1660.

TRABULSE, Elías, *El círculo roto*, México, FCE/SEP, 1984, p. 198.

VITRUVIO POLIÓN, Marco Lucio, *Los diez libros de arquitectura*, Madrid, Alianza Ed., 2000, p. 297.