

más importa indicar son: la de 60° , que corresponde próximamente á una pendiente ó declive de 4 de base por 7 de altura, y que es inaccesible á la infantería; la de 45° , ó 1 de base por 1 de altura, de muy difícil acceso á la infantería; la de 30° , de 7 de base por 4 de altura, inaccesible á la caballería; la de 15° , ó 4 de base por 1 de altura, inaccesible á la artillería y á los carruajes; y por último, la de 5° , cuya base es próximamente de 12 por 1 de altura, de fácil acceso á los carruajes.

181. Todo lo que se ha dicho respecto de los reconocimientos militares se aplica también á las exploraciones que un viajero instruido, práctico y laborioso hace en regiones poco conocidas. Aunque en este caso es más vasto el campo de investigación, también por lo general pueden prepararse mejores medios de acción y usar de ellos de una manera más tranquila. Siempre que sea posible, debe el explorador recorrer más de una vez cada sendero, cerrando por medio de grandes polígonos, las líneas de su reconocimiento, ó terminándolas en puntos de posición bien conocida, como ciudades de importancia, montañas notables, etc., ó mejor todavía en puntos que fije astronómicamente. Por imperfectos que parezcan, ó que sean realmente los métodos que se emplean en una exploración rápida, no debe desdeñarlos un hombre instruido cuando no pueda hacer otra cosa, con tal que no deduzca de los resultados más que las consecuencias que estrictamente se deriven de su grado de exactitud; siempre presentará de esa manera una base para el conocimiento físico-geográfico de un país como el nuestro, en que hay tanto inexplorado. Precisamente para emplear con discernimiento y acierto los métodos aproximativos, es necesario estar muy versado en la aplicación de los exactos; y puede decirse que el resultado de un trabajo de reconocimiento mide en cierta manera el grado de pericia é instrucción de su autor. Los ingenieros son casi las únicas personas instruidas que viajan en la República; y por consiguiente el porvenir de nuestra topografía, de nuestra geografía, de nuestra flora, de nuestra fauna, etc., están en sus manos.

PARTE SEGUNDA.

AGRIMENSURA.

CAPITULO I.

PRINCIPIOS GENERALES.—MEDIDAS AGRARIAS.

182. La determinación de la superficie de un terreno supone conocidos, ya por la medida directa, ya por medio del cálculo, los elementos de la figura que lo limita, lo que equivale á decir que supone levantado su plano por cualquiera de los procedimientos que ampliamente se han expuesto en la Parte Primera de este libro. Sin embargo, debo añadir que cuando el objeto con que se mide el terreno es únicamente el de valuar su superficie, el levantamiento se ciñe generalmente á los elementos que son estrictamente indispensables para hacer determinada la figura, prescindiendo de todos los detalles que pueda contener, y por eso se ven con bastante frecuencia planos en que no constan más que los linderos de las propiedades; pero como la diferencia entre un levantamiento completo y otro que tenga por exclusivo objeto la determinación del contenido ó superficie del terreno, sólo consiste en que en el primer caso entran detalles que en el segundo son innecesarios, siempre supondré que se conocen por lo menos los elementos más precisos para determinar y por consiguiente para construir el polígono. No teniendo ya que ocuparme en

la parte referente al levantamiento, será necesariamente corta la exposición de los métodos de la agrimensura propiamente dicha.

La dificultad que ocurre desde luego es esta: los procedimientos de la planimetría suministran la proyección horizontal del terreno, y en consecuencia los elementos de esta proyección, la que teniendo necesariamente una superficie menor que la del terreno que representa, debe dar un resultado erróneo al tomar el contenido de la una por el del otro. Este hecho es irrecusable; pero además de la dificultad, ó por mejor decir, de la imposibilidad de representar en un plano una superficie no desarrollable como lo es la de un terreno más ó menos accidentado, hay otras razones que sancionan la práctica de medir la superficie horizontal en lugar de la natural, y hoy está prescrito así por las leyes de todos los países. Desde luego el valor del terreno depende del de sus producciones; y como si no todas, la mayor parte de las plantas productivas crecen verticalmente y no perpendicularmente á la superficie natural del suelo, resulta que en extensiones iguales se producen sensiblemente el mismo número de plantas en una superficie horizontal que en una inclinada. Aun tratándose de terrenos incultos es esto una verdad; pero con más razón lo es en los cultivados, puesto que las siembras se hacen con cierto orden para que las plantas crezcan equidistantes entre sí, y su equidistancia se señala en el sentido horizontal. Por otra parte, mientras más inclinadas son las tierras, presentan mayores dificultades para el riego y para el cultivo, á la vez que son más fácilmente deslavadas por las lluvias, por lo que en general valen siempre menos que las horizontales; y cuando tienen una inclinación muy considerable, que es el caso en que la superficie real difiere más de su proyección, es precisamente cuando tienen menos valor, pues en esas condiciones raras veces son laborables ó dan un producto insignificante respecto de su contenido. Por todas estas razones se ha juzgado con fundamento que la proyección horizontal da á conocer la *superficie útil* del terreno, ó bien que si la de éste es en realidad mayor que la de aquélla, en compensación es un hecho que el producto efectivo de las tierras es el que provendría de una área igual á la proyección horizontal.

La medida de esa superficie puede hacerse por métodos gráficos ó por métodos analíticos: los primeros suponen construido el plano de la figura, del cual se toman los datos necesarios con ayuda de la escala; mientras que para aplicar los segundos no es absolutamente indispensable un plano exacto, pues siendo su único objeto el de guiar las operaciones numéricas, se obtiene el mismo resultado con un simple croquis del terreno. Además de esto, en el primer caso se necesita, no sólo una construcción ejecutada con el mayor esmero, sino también en una escala bastante grande para que puedan medirse con suficiente precisión las líneas que se necesiten, pues obteniéndose las superficies por medio del producto de dos distancias, es claro que cualquier error que haya en éstas tiene mucha influencia en los resultados. No sucede lo mismo cuando se aplican los procedimientos analíticos, en atención á que no se toma dato alguno directo del plano ó del croquis.

183. Establecidos estos principios generales, y antes de entrar en pormenores, demos á conocer las *medidas agrarias*, ó las unidades de superficie en que se valúan los terrenos. Adoptado en la República como legal el sistema decimal de medidas, comenzaré por las de éste, para indicar después sus relaciones con las del sistema antiguo y con las medidas inglesas, por necesitarse con bastante frecuencia la reducción de unas á otras.

Todas las unidades del sistema decimal se derivan del *metro* que, como es sabido, representa la *diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre*, ó sea del arco de meridiano comprendido entre el ecuador y el polo. Lo que caracteriza esencialmente este sistema, es que partiendo de la primera unidad que es el metro, todas las demás, crecientes ó decrecientes, están en relación décupla, quiere decir, que cada una es diez veces mayor que la que la precede en el orden creciente, ó que la que la sigue en el decreciente. Esta es absolutamente la misma combinación que la de nuestro sistema de numeración.

Las unidades crecientes se designan con nombres compuestos del de la unidad fundamental y de voces griegas antepuestas, que expresan la relación de cada unidad á la primitiva. Estas voces son: *deca*,

hecto, kilo, miria, etc., que significan respectivamente diez, cien, mil, diez mil, etc., y así se dice *decámetro, hectómetro, kilómetro y miriámetro* para designar longitudes de diez, cien, mil, diez mil metros.

Las unidades decrecientes tienen nombres en que también entra como componente el de la primitiva, pero en los cuales es latino el de la relación; así es que se anteponen las voces *deci, centi, mili, decimili, etc.*, que significan décimo, centésimo, milésimo, diezmilésimo, etc., y se dice *decímetro, centímetro, milímetro, decimilímetro, etc.*, para expresar longitudes de la décima, la centésima, la milésima, la diezmilésima, etc., parte del metro. El uso, sin embargo, ha consagrado las palabras *diezmilímetro y cienmilímetro* en vez de *decimilímetro y centimilímetro* que acaso serían más propias.

Como las unidades deben ser proporcionadas en magnitud á las extensiones que con ellas se miden, resulta que el metro puede considerarse como la unidad más conveniente para valuar longitudes pequeñas; el decámetro y el hectómetro para las que son un poco mayores; mientras que el kilómetro y el miriámetro deben considerarse como unidades itinerarias, ó propias para valuar grandes distancias.

184. Según el principio de la generación de las áreas, se deduce que creciendo las unidades lineales del sistema decimal como 1 á 10, las superficies semejantes, formadas sobre esas unidades, crecerán como 1 á 100. Así, por ejemplo, el cuadrado que tiene por lado un decámetro contiene 100 metros cuadrados; el que tiene por lado un hectómetro contiene 100 decámetros cuadrados; el que tiene por lado un kilómetro contiene 100 hectómetros cuadrados, etc. El cuadrado construído sobre un decámetro es la unidad de superficie agraria, y se llama *ara*; el construído sobre un hectómetro se llama *hectara*, que como se ha visto y su nombre lo indica, contiene 100 aras; el construído sobre un kilómetro lleva el nombre de *miriara*, puesto que contiene 100 hectaras ó 10000 aras. El metro cuadrado, considerado como parte de la unidad agraria, se denomina algunas veces *centiara*, por ser en efecto la centésima parte de la ara.

Las superficies de corta extensión se valúan generalmente en aras, las medianas en hectaras, y las considerables en miriaras. Para medir las grandes superficies geográficas convendría tal vez hacer uso

de la unidad construída sobre un miriámetro, que se llamaría *hectomiriara*, y tendría por consiguiente 100 miriaras, ó 10000 hectaras, ó bien 1000000 aras.

De todo lo expuesto se infiere que dada una superficie expresada en cualquiera de esas unidades, puede expresarse en otra unidad con variar simplemente el lugar del punto que separa la parte entera de la decimal. Así, para expresar la superficie dada en unidades inmediatamente mayores se moverá el punto dos lugares hacia la izquierda; mientras que para expresarla en unidades inmediatamente menores, se mueve dos lugares hacia la derecha. Representando las diversas medidas agrarias con las letras mayúsculas iniciales de sus nombres, supongamos, por ejemplo, que se tenga una superficie de 518046347 metros cuadrados: si se quiere expresar en aras será: $s = 5180463^{\wedge}.47$; si se desea que indique hectaras, escribiremos: $s = 51804^{\text{H}}.6347$; y para que exprese miriaras tendremos: $s = 5180^{\text{M}}.46347$. Podría expresarse también en todas las unidades á la vez, incluyendo las centiaras, á saber: $s = 518^{\text{M}}04^{\text{H}}63^{\wedge}.47$, que se leería: *quinientas diez y ocho miriaras, cuatro hectaras, sesenta y tres aras y cuarenta y siete centiaras.*

Siempre que los factores que producen una superficie se expresen en metros, ésta resultará en metros cuadrados ó centiaras; pero es evidente que puede obtenerse inmediatamente en cualquiera otra unidad haciendo que los factores expresen la unidad lineal correspondiente. Sean, por ejemplo, 3249^m.0 y 524^m.5 los factores de una superficie: ésta será de 1704100.5 metros cuadrados; pero si se quiere que desde luego exprese hectaras, los factores deberán ser 32^H.49 y 5^H.245. Si éstos se expresan en kilómetros, tendremos..... $s = 3^{\text{K}}.249 \times 0^{\text{K}}.5245 = 1^{\text{M}}.7041005$, quiere decir, que la superficie resultará en miriaras.

185. El antiguo sistema de medidas derivado del español, tiene el inconveniente de que sus diversas unidades no guardan entre sí una relación constante, y aun en algunos casos sus relaciones no pueden expresarse en números enteros. Para indicar las reducciones de las medidas de un sistema á las del otro, demos á conocer las principales unidades del antiguo.

La unidad lineal es la *vara*, la itineraria la *legua* de 5000 varas; la unidad de superficie la *vara cuadrada*, y las principales agrarias son: la *caballería*, que servía para valuar terrenos poco extensos, y el *sitio de ganado mayor*, que se empleaba en la medida de grandes extensiones. La caballería contiene 609408 varas cuadradas, ó sea un cuadro de 780.646 varas próximamente de lado, aunque por lo común se supone ser un rectángulo cuyos lados son 1104 y 552 varas. El sitio es exactamente una legua cuadrada, y en consecuencia tiene 5000 varas por lado, y una área de 25000000 varas cuadradas; su relación con la caballería no es entera, pues contiene 41.0234 caballerías con muy corta diferencia. Además de estas unidades, hay otras que no menciono por ser poco usadas.

La relación entre las medidas de los sistemas antiguo y moderno se deduce del valor legal de la vara mexicana, que es el de 0^m.838 (ochocientos treinta y ocho milímetros). La legua tendrá según esto, 4190^m; la vara cuadrada 0.702244 metros cuadrados; la caballería 42^m.795311, ó sea 427953.11 metros cuadrados; y el sitio 17556100 metros cuadrados, ó bien 1755^m.61 = 17^m.5561. Estas serán las cantidades que, multiplicadas por un número cualquiera de unidades del antiguo sistema, darán las correspondientes del nuevo; y por el contrario, dividiendo las de éste por esos números, se obtendrán unidades del antiguo sistema. (1) Pondré á continuación los logaritmos y cologaritmos de esos factores.

	LOG.	COLOG.
Para convertir varas en metros.....	9.9232440	0.0767560
” ” leguas en kilómetros.....	0.6222140	9.3777860
” ” varas cuadradas en metros cuadrados	9.8464880	0.1535120
” ” caballerías en hectaras.....	1.6313962	8.3686038
” ” sitios en miriaras.....	1.2444281	8.7555719

Los *cologaritmos* ó complementos logarítmicos, sumados con el logaritmo del número de unidades del nuevo sistema, dará el logarit-

(1) En una publicación sobre el sistema decimal que hice en 1862, se encuentran numerosas tablas con cuya ayuda se hacen las reducciones con la mayor facilidad por medio de simples sumas.

mo del número de unidades del antiguo; ó en otros términos, los cologaritmos servirán para hacer la reducción contraria á la que está expresada en frente de los logaritmos. Veamos, por ejemplo, á cuántos sitios equivalen 53^m.00.

Colog.....	8.75557
Log. 53.....	1.72428

	0.47985
	3.0189

Resultan, pues, poco más de 3 sitios, ó la misma cantidad que se obtendría dividiendo el número dado 53 por la relación constante 17.5561.

186. Como suelen ofrecerse reducciones de las medidas decimales adoptadas en México, Francia y otras naciones, á las unidades del sistema inglés, daré á conocer las principales de éstas y sus relaciones con el metro y las que de él se derivan.

La unidad inglesa de longitud es la *yarda*; la unidad itineraria la *milla* que tiene 1760 yardas; la de superficie es la *yarda cuadrada*; las agrarias son el *acre* que tiene 4840 yardas cuadradas para medir superficies pequeñas, y la *milla cuadrada* que contiene 640 acres para valuar grandes extensiones.

En medidas decimales la yarda vale 0^m.91438347; la milla 1^a.60932; la yarda cuadrada es igual á 0.836097 metros cuadrados; el acre equivale á 0^m.404671; y la milla cuadrada á 2^m.589895. (1) Pongo á continuación los logaritmos que servirán para convertir en inglesas las medidas decimales y viceversa:

	LOG.	COLOG.
Para convertir metros en yardas.....	0.0388716	9.9611284
” ” kilómetros en millas.....	9.7933589	0.2066411
” ” metros cuadrados en yardas cuadradas	0.0777432	9.9222568
” ” hectaras en acres.....	0.3928979	9.6071021
” ” miriaras en millas cuadradas.....	9.5867179	0.4132821

(1) En los Estados Unidos se usa el mismo sistema que en Inglaterra; pero el patrón de la yarda, aunque copiado del de la inglesa, resultó un poco mayor, porque es igual á 0^m.91443654. La yarda americana está, pues, con la inglesa en la relación de 1.000000 á 0.999942. Tomando por unidad la inglesa, la yarda americana será 1.000058. Me parece, sin embargo, que en la actualidad está adoptado en los Estados Unidos el sistema decimal, al menos para los asuntos oficiales.

Estos logaritmos, combinados con los de la página precedente, permitirán reducir unas á otras las medidas inglesas y las mexicanas del antiguo sistema. Supongamos, por ejemplo, que se quiera saber cuántas varas cuadradas contiene el acre. Como se tiene el logaritmo para convertir acres en hectaras; y la hectara tiene 10000 metros cuadrados, bastará aumentar 4 unidades á la característica de ese logaritmo para obtener el que convierte acres en metros cuadrados, y resultará:

Acres en metros cuadrados	3.6071021
Metros cuadrados en varas cuadradas...	0.1535120
	<hr/>
	3.7606141..... 5762.54

El acre contiene, pues, 5762.54 varas cuadradas mexicanas. Del mismo modo pueden hacerse muchas combinaciones.

El *pie* inglés (*foot*, plural *feet*) que es la tercera parte de la yarda, es muy usado para medir distancias pequeñas, así como el pie cuadrado para superficies muy cortas. Esta última unidad es evidentemente igual á la novena parte de la yarda cuadrada.

Para facilitar las reducciones que pueden ofrecerse á medidas de otros países, tomo los siguientes datos de la obra del Cap. Lee titulada: "*Tables and Formulæ.*" Todos expresan la relación de la medida llamada *pie* en diversos países con el metro.

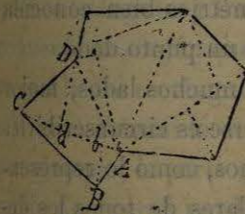
Pie de México.....	0 ^m 2793333
Idem de España	0 . 2826553
Idem de Francia (Pie de Paris)	0 . 3248394
Idem de Inglaterra y Rusia.....	0 . 3047945
Idem de Prusia y Dinamarca.....	0 . 3138535
Idem de Baviera.....	0 . 2918592
Idem de Sajonia.....	0 . 2831901
Idem de Suiza y Baden.....	0 . 3000000
Idem de Austria (Pie de Viena).....	0 . 3161109

Mr. Lee confunde el pie mexicano con el español suponiéndolos iguales; pero siendo el nuestro la tercera parte de la vara mexicana, cuyo valor legal es de 0^m.838, lo he separado del pie español.

CAPITULO II.

PROCEDIMIENTOS GRÁFICOS PARA MEDIR LA SUPERFICIE.

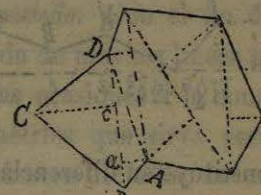
187. Según dije en el Capítulo anterior, para medir gráficamente la superficie de un terreno es preciso haber construido su plano, ó



Fig^a 140^a

por lo menos su perímetro en la mayor escala que sea posible, puesto que de él se toman las líneas necesarias para el cálculo. Esta condición, común á todos los métodos gráficos, los hace substancialmente iguales; pero como pueden seguirse diversos caminos para tomar los datos, lo dividiré en tres clases que expondré por separado.

Primer método. Este consiste en dividir los polígonos en triángulos, ya sea por medio de rectas que partan de un solo vértice *A* (figura 140^a), ya de dos ó más *A, D, E*, etc.; (fig. 141^a), ó ya en fin de un punto cualquiera *O* de su interior (figura 142^a). En seguida se trazan las alturas de los triángulos componentes, y por último, se mide con el doble-décimetro la base *b* y la altura *a* de cada uno, que reducidas á los valores que esas líneas tendrían en el terreno, según la escala de la construcción, permitirán calcular la superficie por la fórmula $s = \frac{1}{2} a b$. La suma de esas áreas parciales será, pues, la del polígono.



Fig^a 141^a