

5. Estudio caso: León, Guanajuato.

Se debe hacer todo tan sencillo como sea posible, pero no más sencillo.

Albert Einstein



Desde la década de los años 50, el municipio de León, Guanajuato se ha convertido en un importante polo de desarrollo en la zona del Bajío, atrayendo inversiones para las áreas industrial y agrícola principalmente. Es el corredor industrial más importante de la región y una de las zonas agrícolas más productivas del país, llegando a ser conocido como el granero de México por su importante producción.

Al ser un centro de trabajo, la zona urbana del municipio de León se ha expandido hacia las áreas de cultivo y parte serrana. El proceso de urbanización ha modificado el ciclo hidrológico local, incrementado las zonas impermeables de la región, haciendo más intensos los escurrimientos de agua pluvial, provocando inundaciones y encharcamientos en los puntos más bajos, afectando continuamente a la población. Ésta problemática ha rebasado la capacidad de desalojo de los sistemas de alcantarillado, que no han sido diseñados considerando las nuevas áreas de aportación y escurrimiento.

Por otro lado, el desarrollo económico de la región ha generado el incremento en la demanda de agua para las distintas actividades productivas. Por lo cual es necesario llevar a cabo acciones encaminadas a garantizar su preservación y abastecimiento.

El agua de lluvia ha sido hasta ahora un recurso no utilizado, aún teniendo el conocimiento de que su calidad la hace aceptable para consumo humano; convirtiéndola además, en un recurso aprovechable para infiltración directa o inducida con el fin de contribuir a la dinámica de recarga. Sin embargo, es importante considerar que la calidad del agua puede ser modificada en función de efectos antropogénicos de la zona donde precipita. Y como se mencionó, se debe tomar en cuenta la problemática y deberá ser solucionada como parte de un esquema de manejo de cuencas.

En este trabajo se hace una propuesta del aprovechamiento de agua pluvial en planicies y/o zonas serranas del municipio de León, mediante la implementación de sistemas que permitan mejorar su calidad para posteriormente inducir su infiltración al subsuelo y de ésta manera permitir su incorporación a los acuíferos locales.

5.1. Zona de Estudio

5.1.1. Ubicación

En el estado de Guanajuato el 60% de la superficie, corresponde a zonas montañosas que actúan como las principales zonas de recarga del sistema



acuífero. La superficie restante, llamada el Bajío Guanajuatense, es topográficamente plana y en ésta se asienta la zona del municipio de León. Se ubica en la zona poniente del estado y colinda con los municipios de San Felipe, Guanajuato, Silao, Romita, San Francisco del Rincón y con el Estado de Jalisco, Figura 5.1. El municipio de León, contaba en el año 2005²⁹, con una población de 1,317,465 habitantes. Su territorio comprende una superficie³⁰ de 1,883.20 km².

Con el objetivo de situar en un contexto general la problemática, se describe a continuación de manera breve la fisiografía, hidrografía y geología de la zona.

Figura 5.1 Ubicación del municipio de León.



Elaborado con información de INEGI, 2005.

²⁹ II Censo de Población y Vivienda, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2005

³⁰ Fuente: E-local. <http://www.e-local.gob.mx>



5.1.2. Fisiografía

El área de estudio queda comprendida dentro de dos grandes provincias fisiográficas: La Mesa central y el Eje Neovolcánico o Faja Volcánica Transmexicana. Esta última provincia representa la mayor parte de la superficie, mientras que el dominio de la Mesa Central está restringido a la Sierra de Guanajuato³¹.

En el área el principal rasgo orográfico está constituido por la sierra de Guanajuato. Ésta sierra tiene aproximadamente 85 Km de longitud y una anchura de entre 15 y poco más de 20 Km. Se alza a unos 12 Km al Este de Lagos de Moreno y se extiende en dirección SE por la zona norte de León hasta cerca de 15 Km hacia el SE de la ciudad de Guanajuato³².

La Figura 4.2 presenta un mapa fisiográfico de la zona de estudio y área circundantes. En el mapa se señalan las divisiones correspondientes a las provincias y subprovincias fisiográficas que se encuentran en el área de estudio (según las claves y divisiones utilizadas por el INEGI), así como los diferentes sistemas de topoformas que se hallan en ellas.

El área correspondiente a la Mesa del Centro incluye solamente a la subprovincia de Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato o Altos de Guanajuato, en tanto que las porciones centro, sur y poniente del área pertenecientes a la Faja Volcánica Mexicana³³, quedando incluidas casi enteramente en la subprovincia del Bajío Guanajuatense, .

Aparecen en el mapa zonas y claves pertenecientes a la subprovincia de los altos de Jalisco, que también es parte de la provincia del Eje Volcánico, aunque ésta subprovincia ya no está dentro de los límites del área de estudio, sino que forma parte de la subcuenca del Río Turbio³⁴.

La orientación de los elementos orográficos del área está estrechamente relacionada con las principales estructuras regionales que influyen fuertemente en los patrones de escurrimiento. De esta manera, son de notar las orientaciones NW-SE, como la sierra de Guanajuato así como de una serie de

³¹ COREMI, 2004.

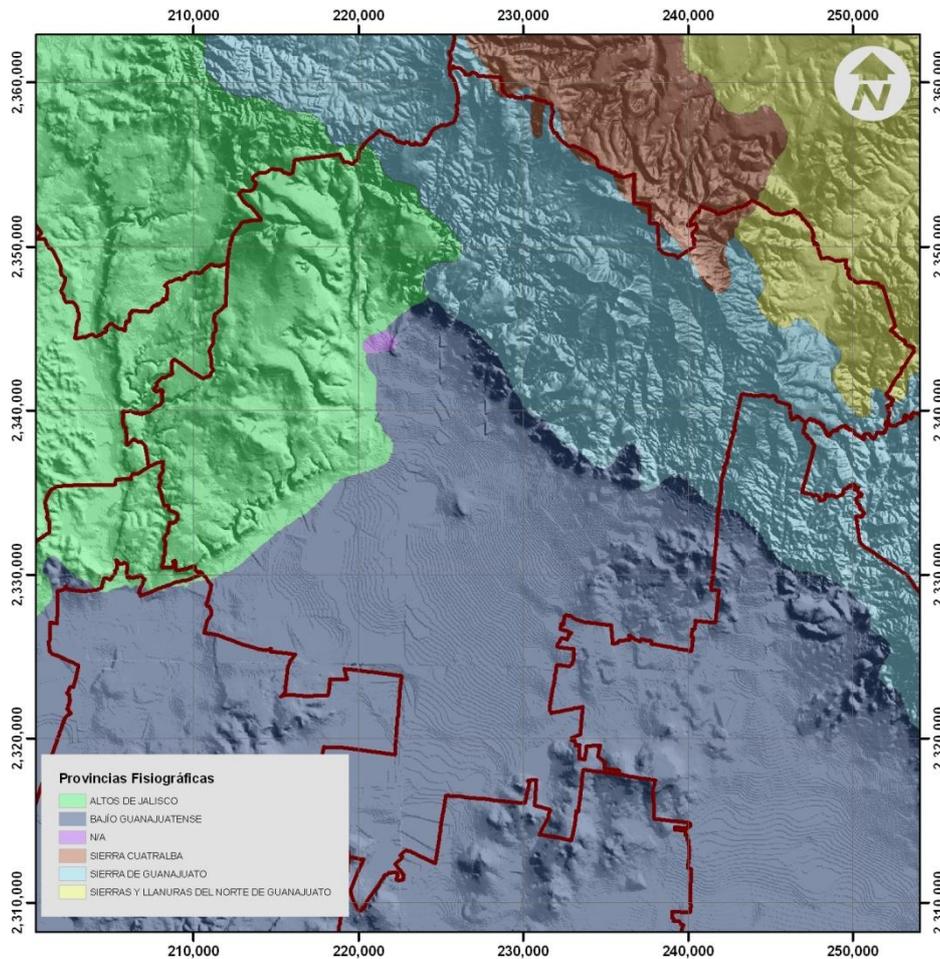
³² Ídem.

³³ Salas, p. 12.

³⁴ Ídem.

aparatos volcánicos Plio-Cuaternarios³⁵. Otros focos de este tipo se encuentran formando lomeríos dispersos en la zona NW del valle de Silao-Romita.

Figura 5.2 Mapa fisiográfico de la zona.



Fuente: Elaborado con información de INEGI.

Estos aparatos se aprecian formando pequeños grupos separados entre sí, distribuidos según una dirección NW-SE. A su vez cada uno de estos grupos de aparatos muestra una alineación ENE-WSW en el extremo oriente del área.

No son raros también los rasgos topográficos alineados según una dirección muy próxima a NE-SW, presente tanto en la sierra de Guanajuato como en la parte media y sur, en grupos de aparatos volcánicos recientes. Esta misma orientación se puede apreciar de manera muy clara en grandes valles tectónicos fuera del área de estudio, como ocurre al norte de la sierra de Guanajuato, en el Valle de Villa de Reyes.

³⁵ Terrenos correspondientes al Plioceno (último periodo del Terciario o Cenozoico) y al Pleistoceno o Cuaternario.



5.1.3. Geomorfología

Las distintas formas de relieve en el área son reflejo y consecuencia de la historia geológica de la región. Las unidades geológicas, al igual que las topoformas derivadas de ellas pueden agruparse en dos dominios. Por una parte se tienen sierras altas y bajas bastante disectadas, así como lomeríos de formas suaves que acusan una historia de erosión e intemperismo³⁶. Por otro lado, se tienen formas más juveniles, consistentes en mesas, abanicos aluviales³⁷, planicies de rellenos sedimentarios, así como algunas sierras altas, bajas y lomeríos de origen volcánico que muestran redes de drenaje poco desarrolladas³⁸.

El primer grupo de topoformas se presenta principalmente en la sierra de Guanajuato, ubicada en la parte Norte y NE del área; correspondientes a las unidades geológicas más antiguas, de la era Mesozoica³⁹ y de la base del Terciario⁴⁰. Estas unidades incluyen rocas metasedimentarias volcanoclásticas⁴¹, e intrusivas principalmente, así como volúmenes menores de conglomerados. La Sierra de Guanajuato se extiende a lo largo de una franja de orientación general NW-SE, coincidente con trazas de fallamientos de tipo normal e inverso. Dentro de la misma sierra pueden observarse cañadas subparalelas de orientación NE-SW, perpendiculares al tren general de la sierra⁴².

En las unidades más antiguas en la sierra de Guanajuato, el patrón de drenaje es dendrítico⁴³ y bastante denso aunque se nota claramente la influencia de las grandes fracturas y fallas mencionadas anteriormente. El drenaje es claramente más denso en las unidades geológicas mencionadas que en las rocas más recientes; sin embargo dentro de la misma sierra, se encuentran algunos cuerpos de basaltos y rocas ácidas del Terciario Superior y Cuaternario cuya morfología contrasta con la de las unidades subyacentes.

³⁶ Es el proceso o grupo de procesos por los cuales las rocas expuestas a agentes atmosféricos en la superficie terrestre o cerca de esa, cambian en color, textura, composición, dureza o forma con o sin transporte de material.

³⁷ Una extensión de material sobre la ladera de un alto topográfico, con forma de un abanico abierto o un segmento de un cono, depositado por una corriente o deslizamiento de material ocasionado por una o varias corrientes de agua.

³⁸ COREMI, 2004.

³⁹ Era geológica que va desde el final del Paleozoico hasta el Cenozoico, se inició hace 225 millones de años y finalizó hace 65 millones de años.

⁴⁰ Primer período de la era Cenozoica (antes del Cretácico de la era Mesozoica y antes del Cuaternario). Se divide en cinco épocas: Paleoceno, Eoceno, Oligoceno, Mioceno y Plioceno.

⁴¹ Material arrojado durante una erupción ya sea en estado sólido o líquido.

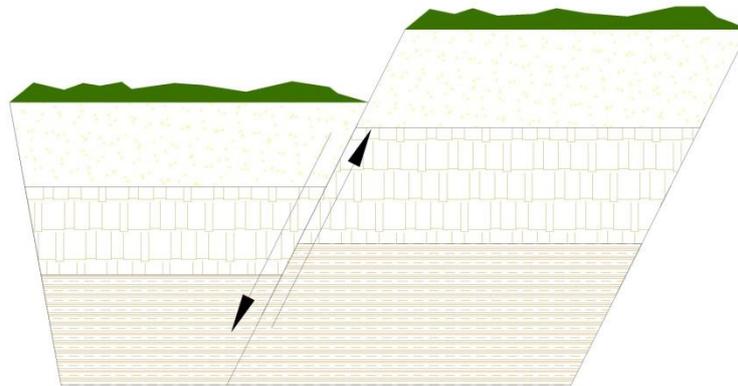
⁴² COREMI, 2004.

⁴³ En este tipo de drenaje se desprenden corrientes en múltiples direcciones, asemejando a las ramas de un árbol.



En las rocas del Terciario Inferior es frecuente observar cañones, escarpes y grandes peñas de bordes redondeados. Estas formas son en parte reflejo de los fallamientos ocurridos a lo largo del período Terciario así como de la erosión y diaclasamiento⁴⁴ de los frentes volcánicos. Este tipo de relieve se puede apreciar en los alrededores de la ciudad de Guanajuato así como en las sierras que se extienden hacia el SE de la misma ciudad.

Figura 5.3 Falla normal



Elaboración propia

Una falla normal está formada por bloques de la corteza desplazados hacia abajo debido a la influencia de la gravedad donde las rocas se fracturan y se estiran como para ganar espacio.

En el área remanente se presentan formas con características más juveniles asociadas a materiales volcánicos del Terciario Medio al Cuaternario, así como a depósitos y rellenos aluviales. Al oriente del área de estudio pueden observarse formas de relieve más recientes constituidas por rocas volcánicas ácidas⁴⁵.

Estas sierras alcanzan alturas de casi 2,600 m y muestran drenaje poco desarrollado así como formas abruptas de cumbres angulosas. Los cerros llegan a tener alturas considerables, de hasta cerca de 500 m por encima del nivel de base circundante; presentan a menudo formas abruptas o laderas tendidas disectadas por pequeños cañones. También se encuentran mesas de materiales piroclásticos disectadas por drenes subparalelos, controlados por grandes fracturas (NE-SW), así como por la suave pendiente de las mesas.

⁴⁴ El diaclasamiento es una fractura en las rocas que no va acompañada de deslizamiento de bloque que determina, no siendo el desplazamiento más que una mínima separación transversal.

⁴⁵ Ver anexo A.2.3



En la zona Norte y parte del centro del área se presenta en general un desarrollo geomorfológico de madurez con zonas recientes hacia la parte sur; estas últimas manifestadas por la presencia de aparatos volcánicos cuaternarios así como por el retrabajo de algunos depósitos aluviales terciarios y cuaternarios.

Dentro de las predominantes formas juveniles se presentan mesetas volcánicas, sierras y lomeríos de rocas ácidas intermedias y básicas terciarias y cuaternarias con aparatos volcánicos que cubren a rocas sedimentarias y metamórficas; la denudación⁴⁶ de estas formas ha originado rellenos sedimentarios, en ocasiones de tipo lacustre y fajas de abanicos aluviales.

Los rellenos sedimentarios recientes conforman zonas llanas o de suaves lomeríos, como ocurre con los valles de León y Silao-Romita, Figura 5.6 .

Son comunes también los edificios y formas volcánicas definidas por aparatos de forma cónica de composición básica e intermedia, volcanes y mesas derivadas de material piroclástico y derrames, así como cuencas lacustres. Estos rasgos se presentan hacia la parte sur del área en las cercanías de Irapuato y alrededores de Huanímaro.

Los cerros, mesas y lomeríos que constituyen las líneas de parteaguas en la parte Sur, SE y SW de la subcuenca del río Guanajuato, los cuales corresponden a materiales volcánicos del Terciario Superior y Cuaternario. En estas formas de relieve la red de drenaje es pobre o casi inexistente, aunque se aprecian algunas cañadas de claro control estructural de orientación ENE-WSW y en menor medida, E-W y N-S.

Las mesas se presentan en posición casi horizontal o levemente basculada y disectadas por corrientes fluviales de tipo consecuente y subsecuente. Estas formas se observan en toda el área, incluso hacia ambas vertientes de la sierra de Guanajuato, donde coexisten con un paisaje más antiguo⁴⁷.

5.1.4. Geología Local

La sierra de Guanajuato y sus alrededores están constituidos por dos conjuntos litológicos⁴⁸ uno inferior del Mesozoico y otro superior del Cenozoico⁴⁹,

⁴⁶ Desprendimiento de la parte más externa de la corteza terrestre, provocada por la acción erosiva de los agentes geológicos externos.

⁴⁷ COREMI, 2004.

⁴⁸ La litología es el estudio de las rocas en términos de su estructura, color, grueso, composición mineral, tamaño de grano. Es decir las características que hacen identificable a una roca.



definidos por un conjunto de diversa litología y separados por un intrusivo granítico terciario⁵⁰. La unidad litoestratigráfica inferior está representada por una secuencia de facies sedimentarias y volcánicas marinas de edad cretácica, deformadas, metamorfoseadas e intrusionadas, primero por un complejo plutónico de composición intermedia a ácida⁵¹ y posteriormente por un intrusivo de constitución granítica con dimensiones batolíticas⁵² y que ocupa la parte central de la Sierra de Guanajuato. Además se tiene una unidad ultramáfica⁵³, serpentinizada⁵⁴, alóctona⁵⁵, de edad probablemente jurásica⁵⁶ tardía⁵⁷.

La unidad litoestratigráfica superior cubre en discordancia angular⁵⁸ a las rocas mesozoicas y está representada por facies volcánicas de composición ácida a intermedia de edad terciaria, principalmente del oligoceno⁵⁹. En la base se encuentra una unidad sedimentaria clástica continental de edad eocénica⁶⁰, y hacia la cima derrames basálticos pliocuaternarios finalizando con depósitos de aluvión.

Los depósitos continentales están distribuidos en el Valle León-Río Turbio, estando constituidos por conglomerados aluviales sin consolidar con clastos de ignimbrita⁶¹, andesita⁶², cuarzo⁶³ e intercalaciones de arenisca y calizas lacustres.

⁴⁹ Ver anexo A.2.1.

⁵⁰ Martínez-Reyes, 1992.

⁵¹ Ver anexo A.2.3.

⁵² Una gran masa ígnea intrusiva irregular, generalmente de granito, cruzan las rocas circundantes y estructuras. Cuenta con paredes muy inclinadas y un techo en forma de cúpula.

⁵³ Ver anexo A.2.3

⁵⁴ La serpentización es el proceso de alteración hidrotermal, en la cual los minerales de silicio ricos en magnesio son convertidos o reemplazados por minerales de serpentina, los cuales tienen la siguiente fórmula $(MgFe)_3Si_2O_5(OH)_4$.

⁵⁵ Se refiere a materiales que se han originado en otros lugares.

⁵⁶ Ver anexo A.2.1

⁵⁷ COREMI, 2004.

⁵⁸ Se refiere a discontinuidades que separan dos unidades estratigráficas superpuestas en las que no hay paralelismo de capas, de manera que la unidad inferior tiene un mayor grado de deformación (plegamiento o basculamiento) que la unidad superior, con respecto a la superficie de discontinuidad.

⁵⁹ Ver anexo A.2.1

⁶⁰ Ver anexo A.2.1

⁶¹ Roca formada por la deposición generalizada y la consolidación de los flujos de ceniza y nubes ardientes.

⁶² La andesita es una roca ígnea volcánica de composición intermedia. Su composición mineral comprende generalmente plagioclasa, piroxeno y/u hornblenda. Frecuentemente están asociados biotita, cuarzo, magnetita y esfena. El feldespato está ausente en esta roca. Su nombre deriva de los Andes, cordillera montañosa que corre paralela a las costas desde Venezuela hasta Patagonia. La andesita puede tener colores como el negro azabache a verde plomizado según su constitución.



En la cartografía del área estudiada se manifiesta la presencia de trece unidades litoestratigráficas de diversa naturaleza. A continuación se hace una descripción y presentación de cada una de ellas. En la Figura 5.5 se puede observar la distribución de las formaciones geológicas en el área de estudio.

5.1.4.1. Sistema Jurásico

5.1.4.1.1. Piroxénita San Juan de Otates (Jpsj).

Nombre asignado por Servais et. al., 1982. Esta unidad aflora en la Sierra de Guanajuato, a lo largo del arroyo San Juan de Otates, al noreste de la ciudad de León, con una extensión superficial aproximada de 12.5 km².

La unidad consiste en rocas masivas cristalina de color verde oscuro en una roca alterada (serpentinizada). Su paragénesis⁶⁴ está representada por augita⁶⁵, olivino⁶⁶, tremolita-actinolita⁶⁷ y hornblenda⁶⁸ como minerales primarios y como minerales secundarios o de alteración, antigorita⁶⁹, clorita⁷⁰, talco⁷¹ y minerales opacos. Son rocas con metamorfismo regional de bajo grado y una importante alteración hidrotermal.

Este complejo ultramáfico sobreyace tectónicamente a rocas metavolcánicas de la unidad complejo sedimentarios Sierra de Guanajuato, como consecuencia

⁶³ Sílice cristalina, que es un importante formador de rocas SiO₂. Junto con el feldespato, es uno de los minerales más comunes. Aparece como cristales hexagonales traslucidos sin color, o coloreado cuando contiene impurezas

⁶⁴ Unión de uno o varios minerales en una roca

⁶⁵ La augita es un mineral del grupo de los Silicatos, subgrupo Inosilicatos y dentro de estos es del tipo piroxenos por ser inosilicatos de cadena sencilla. Es un aluminosilicato de hierro, calcio y magnesio, con otros iones metálicos como posibles impurezas. Suele tener color casi negro.

⁶⁶ El olivino o peridoto es un mineral del grupo de los silicatos. Es un neosilicato de hierro y magnesio. Es normalmente verde parduzco y se halla en las rocas de origen magmático, en las zonas de rift, en los basaltos. Se forma por cristalización de magmas básicos o ultrabásicos.

⁶⁷ La tremolita se forma por metamorfismo a partir de sedimentos ricos en dolomita y en cuarzo. La tremolita es un indicador del grado del metamorfismo ya que a elevadas temperaturas se convierte en diópsido.

⁶⁸ Es el mineral más común del grupo de los anfíboles. Es comúnmente negro, verde oscuro o café y ocurre en cristales monoclinicos o columnares, fibrosos, o de forma granular. Es uno de los componentes principales de rocas ácidas, intermedias, rocas ígneas (granito sienita, diorita y andesita) y menos común en rocas ígneas básicas; es mineral común en rocas metamórficas como el gneiss y esquisto.

⁶⁹ Mineral que se presenta en forma de láminas de color marrón verdoso del grupo de las serpentinas, Mg₃Si₂O₅(OH)₄.

⁷⁰ Un grupo mineral laminar, monoclinico, verdoso cuya fórmula general es (Mg, Fe⁺², Fe⁺³)₆AlSi₃O₁₀(OH)₈. Se caracteriza contener hierro ferroso y por la ausencia de calcio y álcalis; el cromo y el manganeso pueden estar presentes. La clorita está relacionada con las micas y se considera como minerales de arcillas.

⁷¹ Es un mineral extremadamente suave, de color verde claro o gris, Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂. Tiene una característica jabonosa y textura grasienta y una dureza de 1 en la escala de Mohs, y es fácil de cortar con un cuchillo.



de un cabalgamiento⁷² de naturaleza ofiolítica⁷³ y está cubierta en su extremo norte por productos volcánicos terciarios. En ocasiones, la piroxenita está cortada por diques⁷⁴ de diversa composición de la unidad Conjunto Plutónico La Luz⁷⁵.

3.1.4.2. Sistema Cretácico

3.1.4.2.1. Complejo Volcanosedimentario Sierra de Guanajuato (Kcsg).

Esta unidad aflora a lo largo de la sierra y ha sido dividido en dos componentes que presentan diferencias litológicas.

- Componente sedimentario. Representado por lutitas, calizas, areniscas y conglomerados.
 - Las lutitas y calizas se presentan en estratos delgados y alternancias rítmicas; las primeras tienen una composición limo-arcillosa o cuarzo argiláceo-clorítica en donde están aislados clastos de naturaleza cuarzosa o feldespática⁷⁶. Las calizas presentan una fina laminación en donde niveles limosos de composición cuarzo-carbonática se intercalan con niveles calcáreo-argiláceos de lodo calcáreo⁷⁷ y minerales arcillosos cloritizados, aunque existen también calizas de puro lodo calcáreo.
 - Las areniscas se presentan en mayor cantidad y son de color verde, en estratificación gradada. Texturalmente pueden ser clasificadas como grawacas⁷⁸, con fragmentos de naturaleza lítica o cuarzosa, escasamente feldespática. La matriz es argilácea, cloritizada con algún componente limoso subordinado⁷⁹.

⁷² Un cabalgamiento es un tipo de falla inversa, una rotura en la corteza de la Tierra a través de la cual se ha producido un desplazamiento relativo, en el que las rocas de posición estratigráfica inferior son empujadas hacia arriba, por encima de los estratos más recientes. Las fallas de cabalgamiento son el resultado de fuerzas de compresión.

⁷³ Las ofiolitas son asociación de rocas ultramáficas, máficas y máfico volcánicas constituyentes de la corteza oceánica y que pueden aparecer dispuestas en la corteza continental como consecuencia de un fenómeno de obducción (choque de continentes).

⁷⁴ En geología, un dique es una formación ígnea intrusiva de forma tabular.

⁷⁵ Salas, p. 29.

⁷⁶ Grupo de minerales formadores de rocas, $MAI(Al, Si)_3O_8$, donde $M=K, Na, Ca, Ba, Rb, Sr$ y Fe . Son el grupo mineral más amplio y constituye el 60% de la corteza terrestre.

⁷⁷ Sustancia que contiene carbonato de calcio, implica que la roca contiene al menos 50% de éste mineral.

⁷⁸ Una grawaca es una roca detrítica formada por la consolidación de los minerales que resultan de la descomposición del granito.

⁷⁹ Salas, p. 30.



- Los conglomerados son muy escasos, en bancos gruesos, de color verde, con clastos bien redondeados de naturaleza ígnea, sedimentaria y metamórfica⁸⁰.
- Componente volcánico. Se caracteriza por la presencia de lavas de composición basáltica, andesítica y dacítica, generalmente en tonos que varían del verde oscuro, al verde manzana, en estructuras masivas o almohadillas cementadas por material calcáreo, con niveles de brechas⁸¹, tobas⁸² y detríticos⁸³ de la misma composición. Estas rocas presentan plagioclasa (albita)⁸⁴, clorita, calcita, minerales opacos y cuarzo.

La paragénesis mineral de esta unidad es compatible con fenómenos de espilitización, metamorfismo regional de bajo grado y alteración hidrotermal (propilitización), sin embargo el fenómeno que más ha afectado a esta unidad es el metamorfismo. En la zona minera de Guanajuato, estas facies han sido denominadas de manera informal como Formación Esperanza (componente sedimentario) considerada como unidad basal y Formación La Luz (componente volcánico) considerada como unidad sobreyacente⁸⁵.

5.1.4.1.2. Conjunto Plutónico La Luz (Kcpl).

Con este nombre se señalan diversos afloramientos expuestos del poblado de Duarte y que en conjunto totalizan 14.5 km². Se trata de cuerpos plutónicos dioríticos y graníticos que son encajonados en la unidad anterior e intrusionados a su vez por numerosos diques, de los cuales se pueden distinguir:

- Diorita La Palma: Rocas masivas cristalinas, de colores oscuros en un complejo intrusivo que incluye términos dioríticos, microdioríticos y gabroicos con gran variabilidad estructural. La paragénesis de estas rocas está representada por plagioclasa, hornblenda, clinopiroxeno,

⁸⁰ Salas, p. 31

⁸¹ En geología, la brecha es una roca sedimentaria detrítica compuesto aproximadamente en un 50% de fragmentos angulares de roca de tamaño superior a 2 milímetros unidos por un cemento natural.

⁸² Término general para las rocas generadas por materiales piroclásticos.

⁸³ Un término general para rocas sueltas y materiales minerales que se usa fuera o eliminadas por medios mecánicos, como por la desintegración o abrasión, tales como arena, limo y arcilla procedentes de rocas más antiguas y se movió de su lugar de origen

⁸⁴ Un grupo de feldespato triclinico de fórmula general (Na,Ca)Al(Si,Al)Si₂O₈. Sus minerales principales son la albita y la anortita, en los extremos de la serie, teniendo todas las plagioclasas muchas características comunes con ambas.

⁸⁵ Salas, p. 31.



cuarzo ocasional, minerales accesorios (apatita y ópalos), actinolita, clorita, epidota y sericita como minerales secundarios.

- Tonalita Cerro Pelón: Rocas Masivas, cristalinas de color blanco, petrográficamente clasificadas como plagiogranitos. Son rocas con texturas holocristalinas, hipidiomórfica-granular, con intercrecimientos mirmekíticos. Su mineralogía incluye oligoclasa, cuarzo, biotita, muscovita, minerales secundarios (clorita, esfena, epidota y sericita) y minerales accesorios de apatita.

Una característica común a esta unidad, es el grado de metamorfismo y alteración que representan dichas rocas. Su edad corresponde al Cretácico Temprano (Martínez, 1992).

5.1.4.2. Cenozoico

Abarca depósitos de ambiente continental, donde diversas fases de volcanismo y plutonismo son acompañadas por fases de sedimentación. Entre el conjunto basal mesozoico y la cubierta volcanosedimentaria cenozoica, se encuentra un intrusivo de composición ácida, conocida como granito Comanja, que aflora a lo largo de casi toda la Sierra de Guanajuato (SG) (Vassallo y Martínez-Reyes, 1996).

5.1.4.2.1. Granito Comanja (tgco).

Nombre asignado por Quintero, 1986. Es un cuerpo intrusivo de dimensiones batolíticas de composición granítica que aflora en toda la Sierra de Guanajuato. Es una roca granítica sin deformación importante, pero que presenta una aureola de metamorfismo de contacto en sus límites con la roca encajonante.

El granito Comanja siempre está aflorando en los sitios donde la cubierta cenozoica ha sido removida por la erosión, quedando afloramientos en los llanos y en los bajos topográficos de la Sierra de Guanajuato⁸⁶.

5.1.4.2.2. Andesita Bernalejo

Término utilizado por Quintero, 1986. Esta es un tipo de roca localizado en el poblado de Bernalejo, con una extensión territorial de aproximadamente 9.5 km².

Es una roca muy resistente a los procesos erosivos y en ocasiones llega a presentar vesículas y fracturas, alguna veces rellenas de calcita. En el campo

⁸⁶ Salas, p. 33.



presenta un color gris oscuro con tonalidades violáceas y el carácter microcristalino de su matriz⁸⁷.

5.1.4.2.3. Ignimbrita Cuatralba.

Nombre asignado por Quintero, 1986. Ésta unidad geológica está formada por material piroclástico depositado sobre las rocas antiguas de la Sierra de Guanajuato y está dividida en dos miembros informales:

- Miembro Superior. Toba masiva de color café a crema, poco consolidada compuesta de cenizas, con escasos fragmentos de líticos y pómez, con poca resistencia a la erosión lo que lo hace poco detectable.
- Miembro Superior. ignimbrita riolítica de espesor variable y textura porfirítica, presenta abundancia de fenocristales de cuarzo y escasas plagioclasas empacados en una matriz muy fina. Se pueden observar diaclasas columnares⁸⁸ y a diferencia del miembro inferior siempre está presente en los afloramientos de la unidad.

5.1.4.2.4. Basalto Dos Aguas (Tbda)

Nombre dado por Quintero, 1986. Es una estructura de basalto de olivino de color gris oscuro y textura microcristalina, asociado con productos piroclásticos de la misma composición. Esta unidad forma un solo afloramiento continuo, constituyendo una forma topográfica conocida como Cerro Dos Aguas. En la porción central del cerro existe una depresión que parece ser el cráter del volcán y por el cual fueron emitidas las lavas basálticas.

Esta unidad se encuentra interestratificada con la Ignimbrita Cuatralba, y de acuerdo con su posición estratigráfica le corresponde una edad miocénica tardía⁸⁹.

5.1.4.2.5. Terciario Granular Indiferenciado (Tgi)

Se le asigna este nombre a todo aquel material continental, exceptuando al aluvión, que aflora en forma de lomeríos redondeados. Esta unidad se compone de:

⁸⁷ Salas, p. 35.

⁸⁸ Este tipo de fracturamiento ocurre por enfriamiento, como en el caso de las columnas basálticas, formado por coladas basálticas, las cuales una vez solidificada la lava, debido al enfriamiento se dividen en columnas prismáticas.

⁸⁹ Salas, p. 36.



- Conglomerados polimícticos de forma masiva y color rojo con clastos que van de subredondeados a redondeados de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.
- Areniscas de colores claros interestratificados en alternancia irregular con limolitas que van de color crema a amarillo y lutitas físisles o compactas que varían de color verde a amarillo, en estratos medios y grado de compactación variable.
- Calizas que varían de microcristalinas a arenosas o arcillas de color crema a café claro y que presentan ocasionalmente nódulos y lentes de sílice con horizontes de margas.

Esta unidad sobreyace a la Ignimbrita Cuatralba discordantemente, subyace a Basalto el Cubilete⁹⁰.

5.1.4.3. Cuaternario

5.1.4.3.1. Gabro Arperos

Esta unidad fue nombrada por Martínez, 1987. Es una roca hipabisal de dimensiones considerables, emplazada en las unidades estratigráficas anteriores. Actualmente aflora en el poblado de Arperos y al SW de la población Nuevo Valle de Moreno.

Esta roca es de color café oscuro y textura holocristalina, hipidiomórfica granular con minerales de labradorita, piroxenos, olivino y minerales opacos.

Esta unidad intrusiona en forma de diques de todas dimensiones y en diversos sentidos, desarrollando bordes de enfriamiento en los contactos con las rocas encajonantes. Se le relaciona genéticamente con la unidad Basalto el Cubilete, considerándose a ésta última el elemento extrusivo perteneciente al Gabro Arperos⁹¹.

5.1.4.3.2. Basalto El Cubilete

Afloramientos de basalto de olivino y andesitas de augita, a lo largo de la Sierra de Guanajuato y constituyen las coronaciones de los Cerros El Cubilete y El Gigante, representando las últimas manifestaciones volcánicas de la región⁹².

⁹⁰ Salas, p. 38.

⁹¹ Salas, p.39.

⁹² Martínez, 1992.



5.1.4.3.3. Aluvión

Depósitos sedimentarios no consolidados, que afloran en la planicie del valle, pie de monte y cima de algunas mesetas lávicas. Como producto final del régimen denudatorio. Se considera la unidad con mayor extensión territorial. La edad que se le asigna es del Holoceno por ser el último evento que se produjo⁹³. En la Figura 4.6 se puede observar que en el valle se concentra el relleno aluvial.

5.1.5. Meteorología y Clima

El clima del municipio se considera templado. La temperatura media anual es de 19.2 °C⁹⁴, y la precipitación media anual es de 658 mm⁹⁵. En el municipio de León se encuentran ubicadas varias estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional, Figura 5.7, a continuación se presentan temperaturas, precipitación y evaporación medias mensuales de tres de éstas estaciones, Tabla 5.1, las cuales cuentan con la mayor cantidad de información histórica.

Tabla 5.1 Precipitación media anual y temperatura media anual en el municipio de Guanajuato.

Estación	Precipitación [mm/año]
Los Castillos	665.8
El Palote	593.3
La Calzada	715.7

Fuente: SMN.

5.1.6. Hidrografía

5.1.6.1. Subcuencas

En el municipio de León se tienen rasgos topográficos que propician la formación de diferentes microcuencas, que a su vez aportan a subcuencas; en la Tabla 5.2 se muestran las subcuencas que se encuentran en el municipio y en la Figura 5.8 puede observarse la distribución de éstas en el municipio.

⁹³ Salas, p. 39.

⁹⁴ www.e-local.gob.mx

⁹⁵ Promedio de las estaciones meteorológicas: Los Castillos, El Palote, La Calzada. Fuente: ERIC III. Servicio Meteorológico Nacional.

**Tabla 5.2 Subcuencas hidrológicas en el municipio de León, Gto.**

Subcuenca	% de la superficie municipal
Río Guanajuato	38.24
Río Turbio- P. Palote	55.46
R. Laja – Peñuelitas	6.22
Río de los Lagos	0.08

Fuente: INEGI

5.2. Problemática

5.2.1. Hidrología Urbana

La creciente urbanización e impermeabilización del terreno ha provocado un cambio en los regímenes de escurrimiento de agua de lluvia, mismos que en algunas zonas han provocado que, con el paso del tiempo, se hagan más frecuentes las inundaciones y encharcamientos en la zona urbana del municipio de León. Notándose esto en diversos puntos con más intensidad que en otros. En este apartado se mostrará una compilación de los puntos que son propensos a encharcarse.

5.2.1.1. Puntos conflictivos

Al hacerse más notorias las afectaciones debido a encharcamientos en algunas zonas de la zona urbana del municipio de León, las autoridades se dieron a la tarea de ubicar específicamente los sitios antes mencionados, ver Plano: Zonas de inundación. Dichos puntos fueron cartografiados como parte del desarrollo del Plan Hidráulico Municipal, a partir del cual se han derivado soluciones específicas para algunos casos. En la lista siguiente se muestran los puntos cartografiados⁹⁶.

La ubicación espacial de los puntos permitirá, como se discute más adelante, conocer si son aptos para la ubicación de un dispositivo de infiltración de agua, con base en los lineamientos y bibliografía presentados y discutidos anteriormente.

1 Zona Piel - Central Camionera: Blvd. Hilario Medina

2 Blvd. Hidalgo: Blvd. Hidalgo

3 Galería Las Torres: Calle Vasco de Quiroga

⁹⁶ En la lista original se encuentran los números salteados o repetidos. Se dejaron tal cual para evitar confusión al consultar el material original



- 4 Campo Curtidores: Blvd. Delta
- 5 Prol. Río Mayo y Crucifixión: Prolongación Río Mayo
- 6 Río Mayo y Crucifixión: Prolongación Río Mayo
- 7 Punto Verde: Blvd. Paseo de Jerez
- 8 Valle del Campestre: Colonia Valle del Campestre
- 9 Valle de Alborada: Fracc. Valle del Sol
- 10 Plaza del Campestre: Blvd. Clouthier
- 11 Los Naranjos: Libramiento Morelos
- 12 Ejido Nuevo León: Valle de San Bernardo
- 13 Ibero: Morelos y V. Valtierra
- 14 Deportivo Loyola: Blvd. La Luz
- 15 Eyupol: Colonia Eyupol
- 16 Orquídeas - Jerez: Colonia San Isidro
- 17 Maravillas: Colonia Maravillas
- 18 León 1: Libramiento Morelos Nte.
- 19 La Luz: Libramiento y Blvd. La Luz
- 20 Olímpica: Colonia Las Cruces
- 21 Delta - Jerez: Fracc. Delta de Jerez
- 22 Atotonilco: Valle de San Nicolás y Maguey
- 24 Jaborandi: Jardines de Jerez
- 25 Cementos: Colonia San José de Cementos
- 26 T. Lozano Margaritas: Paseo del Maurel y Margaritas
- 27 Conjunto Miguel Hidalgo: Colonia U. Hab. Miguel Hidalgo
- 28 T. Lozano Santa Rita: Colonia Valle de Alborada
- 29 T. Lozano La Piscina: Colonia Morelos



- 30 Rastro Municipal: Colonia Campo Verde y T. Landa
- 31 Pitayo: Colonia San Juan Bosco
- 32 Las Joyas: Colonia Centro Familiar La Piedad
- 33 Vado Transportistas: Colonia La esperanza
- 34 Santa Rita: Colonia Valle de Alborada
- 35 T. Landa - La Piscina: Blvd. Torres Landa Pte.
- 36 La Piscina: Beveda Zodiaco, Lomas de la Piscina
- 37 Los Olivos: Colonia Los Olivos
- 38 Chapalita: Colonia Chapalita
- 39 Blvd. Mariano Escobedo Andrade: Colonia Tepeyac
- 40 Blvd. Aeropuerto y Asís: Resid. El Cid sobre Av. Asís
- 41 Colina de San Isidro: Colonia Colinas de San Isidro
- 42 El Carmen: Residencial el Carmen
- 43 Brisas del Campo: Blvd. La Luz
- 44 Portones del Carmen: Prolongación la Luz
- 44 Portones del Carmen: Brisas de Campo Sobre La Luz
- 45 Torres Landa San Isidro: Glez. B. Negra Los Faisanes a San Pedro
- 45 T. Landa San Isidro: Glez. B. Negra San Isidro
- 46 Ciudad Industrial: Central de Abastos
- 47 Villa Magna: Quinta San Lorenzo y Villa Magna IV Sección
- 48 Echeveste: Cd. Aurora y Hdas. De Echeveste
- 49 Echeveste: Haciendas de Echeveste
- 50 Echeveste: Haciendas de Echeveste
- 51 Monte de Piedad: Miguel Alemán Zona Centro
- 52 Soledad: Miguel Alemán Zona Centro



53 Centro Eje: Blvd. Lopez Mateos Zona Centro

54 Parque Hidalgo: Parque Hidalgo

55 Gran Plaza: Colonia Peñitas

56 Pablo del Río: Colonia Los Paraísos

57 Colonia España: Colonia España

58 Piletas: Colonia San José Obrero

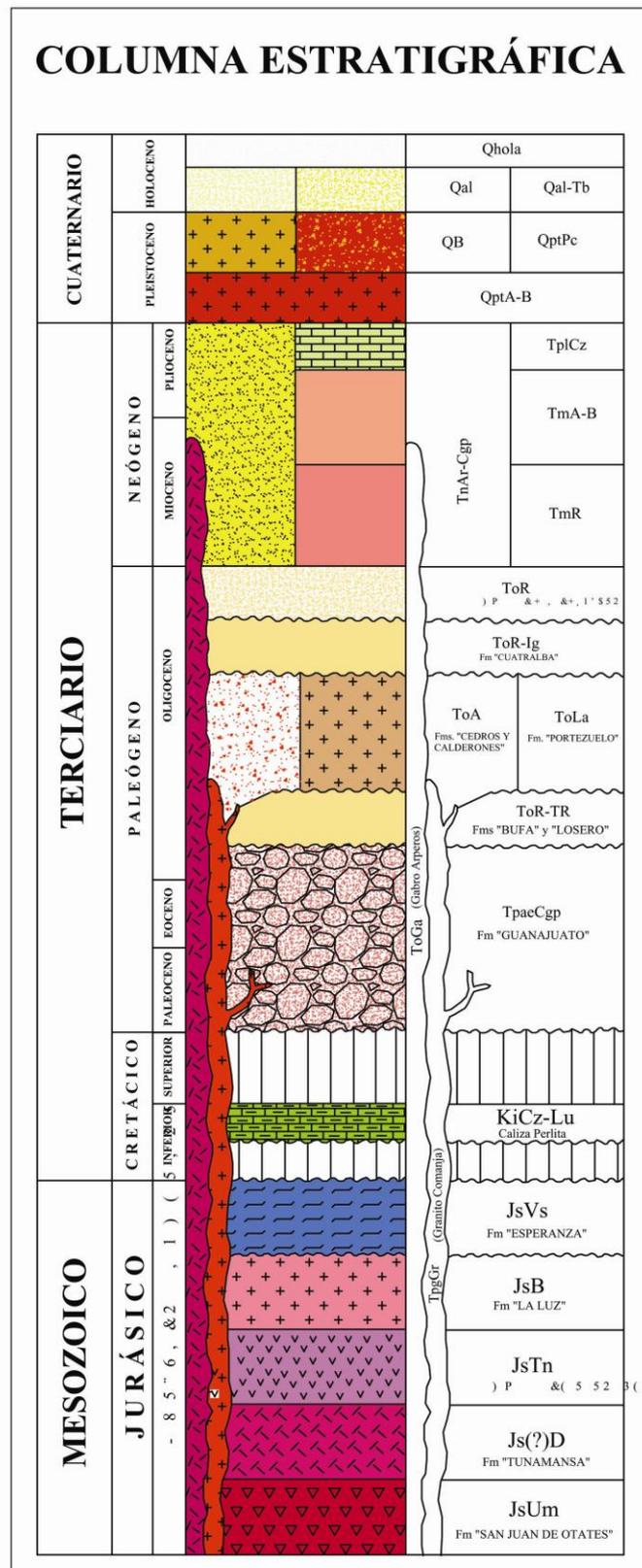
59 Universidad Cristiana: Arroyo el Granizo

59 Libramiento Morelos: Prado Hermoso

60 Soriana Maravillas: Libramiento Morelos



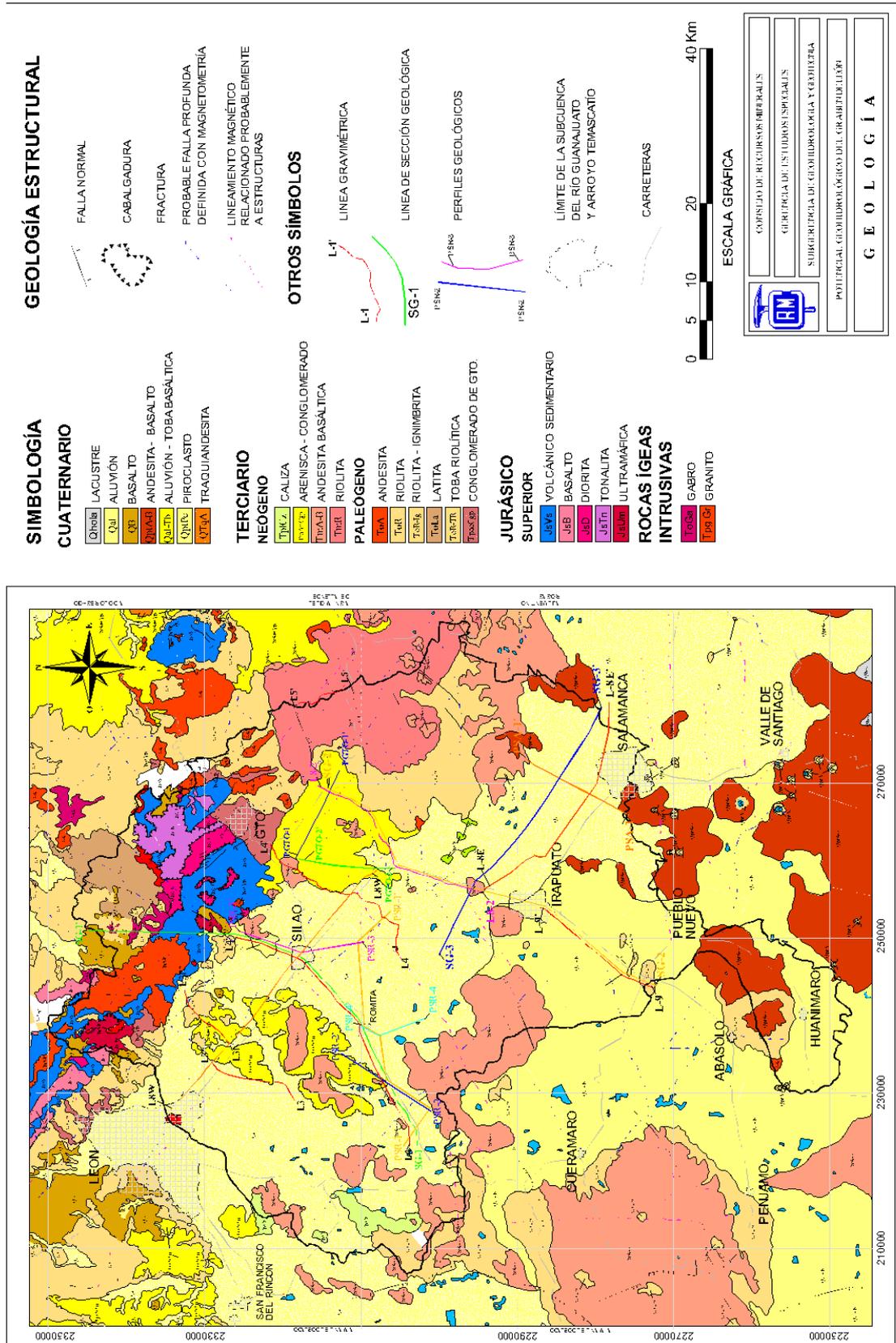
Figura 5.4 Columna estratigráfica de la zona.



Fuente: COREMI, 2004



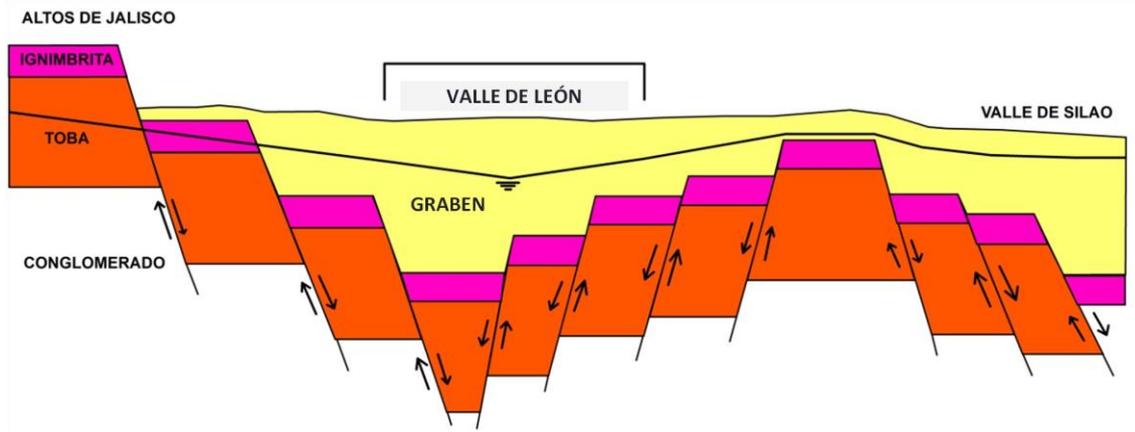
Figura 5.5 Mapa geológico de la zona.



Fuente: COREMI, 2004

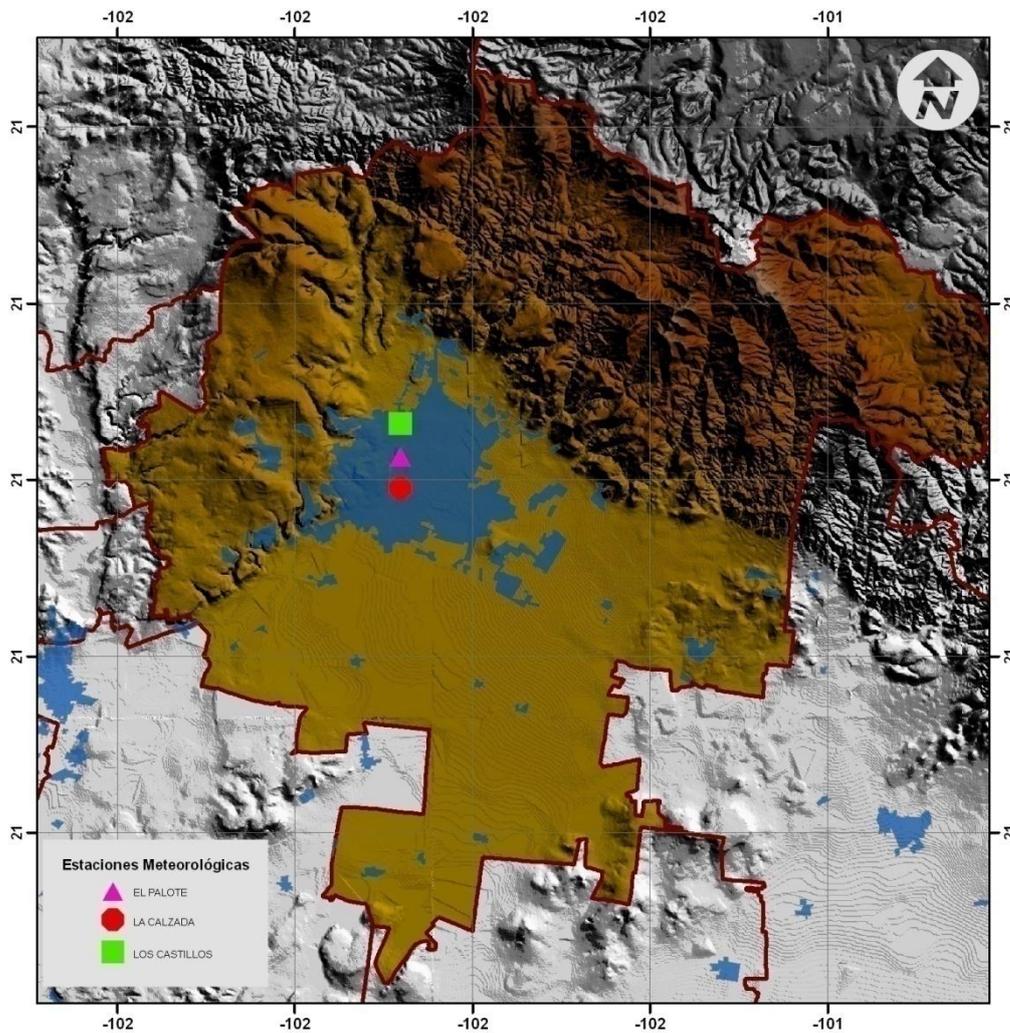


Figura 5.6 Esquema conceptual del acuífero de León.



Fuente: SAPAL, 2007.

Figura 5.7 Estaciones meteorológicas en el municipio de León, Guanajuato.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI y ERIC III

