

22
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

**LA SUBSIDENCIA Y SU PROBLEMÁTICA EN LA
CIUDAD DE CELAYA, GUANAJUATO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN GEOGRAFIA
P R E S E N T A :
ROSA MARIA VARGAS VENHUMEA



MEXICO, D. F.

1999.

2009/12

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A Dios nuestro señor por iluminarme en mi camino.

A mis padres: Josefa y Gorgonio con todo mi amor y respeto por apoyarme sin pedir nada a cambio.

A mis hermanos: Santiago, Juan Manuel, Claudia y Osvaldo por apoyarme en los buenos y malos momentos de mi vida y por hacer el esfuerzo de seguir estudiando.

A mi abuelo Leandro por sus sabios consejos.

A Pablo por su apoyo, paciencia y amor.

AGRADECIMIENTOS

A la maestra Oralia Oropeza por sus sabios y atinados comentarios durante la realización de esta tesis y por su apreciada amistad.

A los sinodales: Dr. José Lugo, Dr. José Luis Palacio, Dr. Jorge López y al Dr. Enrique Propin por sus valiosas correcciones y opiniones.

De manera especial agradezco al Dr. José Luis Palacio por su apoyo moral y técnico que me brindo a lo largo de mis estudios y durante la elaboración de esta tesis.

A Gloria Alfaro por su gran amistad y apoyo incondicional.

A los compañeros y amigos que me dieron ánimos para salir adelante: Lizbeth Garces, Adolfo Mena, José Juan Puebla, María Luisa Vasquez, Manuel Maheng, Gerardo Palacio, Carmen Rodríguez, Yadira González, Felix Malpica, Guadalupe Zomera, Carlos Enríquez, Estela Valdivia y Concepción Ramírez.

Al Dr. Luis Miguel Mitre y Julian Nuñez por el material que me facilitaron y por sus comentarios.

Al Instituto de Geografía por los recursos brindados.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera intervinieron en la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE

	Página
Introducción	1
Capítulo I. Marco teórico	
La geografía y los riesgos	5
¿Qué es el riesgo?	7
El desarrollo de los riesgos en el ámbito natural y social	10
Algunas disciplinas que tratan el estudio de los riesgos	14
Clasificación de los riesgos	16
Algunos enfoques teórico-metodológicos para el estudio de los riesgos.....	19
Capítulo II. Caracterización geográfica del área en estudio	
Acontecimientos históricos	27
El medio natural	33
Ámbito socio-económico	47
Capítulo III. La subsidencia y su problemática en la ciudad de Celaya, Guanajuato	
La subsidencia como fenómeno	64
La subsidencia en la ciudad de Celaya	70
Características de los lineamientos y su relación con el sociosistema afectable.....	76
Problemática generada por la subsidencia	95

Percepción del riesgo	100
Evaluación espacial del riesgo por subsidencia	104
Medidas para el control de la subsidencia	112
Conclusiones	120
Bibliografía	126
Anexos	135

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de las primeras sociedades y hasta la fecha, numerosos fenómenos de origen natural y humano han ocasionado severos daños al medio ambiente y al hombre, por tal motivo, es necesario que se realicen estudios al respecto, ya que cada día los riesgos generados por la naturaleza y por el hombre se incrementan debido a elementos como el crecimiento de la población y la urbanización.

Estas investigaciones son complejas pues deben involucrar aspectos naturales, sociales, económicos, políticos y, desde luego, psicológicos, de manera que para entenderlos mejor es necesaria la participación de muchas disciplinas. Por ello, dentro de la Geografía se realizan estudios en donde se toma en cuenta el medio físico y social. Además, es importante mencionar que la Cartografía, como herramienta auxiliar de la Geografía, desempeña una función fundamental, ya que permite obtener una visión espacial de los riesgos y de las repercusiones que pueden tener en la población.

En el caso de investigaciones que se llevan a cabo en países de gran avance tecnológico, se intenta conocer con mayor detalle los fenómenos generadores de riesgos en la población, para crear una nueva conciencia mundial acerca de lo importante que es enfrentar este tipo de problemas, teniendo los menores daños posibles. También en países con un desarrollo más limitado se está haciendo lo propio. Por tal motivo, las Naciones Unidas ha declarado la

década de 1990-2000, como el "Decenio internacional para la reducción de los desastres naturales".

Con base en lo anterior, en México se debe poner especial énfasis en estos estudios ya que es muy vulnerable a una serie de peligros o amenazas que forman parte de nuestra vida cotidiana debido a la diversidad de fenómenos naturales y antrópicos; y la tendencia a que esta situación se agrave en el futuro, es motivo de preocupación de diversos sectores del país.

Por ejemplo, después de la ocurrencia del sismo devastador de 1985, se observó que nuestra sociedad carece de conocimientos sobre los riesgos a que está expuesta. No obstante, a partir de ese momento se ha tratado de crear conciencia sobre la cuestión de los riesgos, sin embargo, hay mucho por hacer.

Hipótesis: para contribuir con lo anterior y con la idea de desarrollar investigaciones de carácter integral, se ha seleccionado, como caso de estudio "La subsidencia y su problemática en la ciudad de Celaya, Guanajuato.", a partir de las hipótesis siguientes; la sobreexplotación de los mantos acuíferos causa y acelera el fenómeno de subsidencia en la ciudad de Celaya. La subsidencia como riesgo natural y antrópico provoca problemas en la infraestructura urbana tales como; grietas y colapso de las construcciones, interrupción de los servicios de agua potable y alcantarillado, contaminación de agua, entre otros.

A partir de una evaluación del riesgo por subsidencia expresada en documentos cartográficos se puede realizar una mejor planificación del uso del suelo que permita evitar o mitigar posibles daños.

Objetivos: por lo anterior, el objetivo general consiste en realizar un análisis de la subsidencia y su problemática en la ciudad de Celaya.

Como objetivos particulares se plantearon:

- Analizar la relación existente entre la subsidencia, uso del suelo y pozos contaminados.
- Identificar los principales problemas generados por la subsidencia
- Evaluar el riesgo por subsidencia expresada en función de la peligrosidad y vulnerabilidad, expresando los resultados en un mapa.
- Establecer posibles soluciones en la prevención y mitigación del fenómeno mencionado.

Para llegar a cumplir estos objetivos se realizó una investigación bibliográfica, hemerográfica, cartográfica y estadística; manejo de la información espacial en un Sistema de Información Geográfica "ILWIS" y sobre todo, se llevó a cabo trabajo de campo en la zona en estudio.

El resultado de la investigación se integra en tres capítulos, en el primero se trata el marco teórico de los riesgos donde se desglosan aspectos como; conceptos, clasificación, ámbito de desarrollo y posiciones metodológicas para el

estudio de éstos, entre otros temas más. El segundo consiste en el análisis geográfico del área en estudio, aquí se determinan cuales son los elementos del medio físico y socioeconómico de la ciudad; y en el tercero se desarrolla el tema de la subsidencia y su problemática en la ciudad de Celaya, donde se especifica las características del fenómeno en relación con la población y el uso de suelo afectado para después concluir y establecer medidas para el control de la subsidencia.

Por último hay que mencionar que los resultados de este estudio son analizados y sintetizados para plasmarlos cartográficamente, además se incluyen algunas figuras que ejemplifican y que de alguna manera permiten comprender la parte escrita.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

LA GEOGRAFÍA Y LOS RIESGOS

Con la idea de mantener el principio de la geografía, a la vez física y humana, capaz de mostrar la interacción entre el hombre y su medio, el presente estudio permite analizar esta relación; en este caso entre la subsidencia y el grado de afectación a la población de la ciudad de Celaya. Este tema estrecha sustenta un estrecho vínculo entre la teoría y la práctica, una se enriquece con la otra.

En el caso concreto de la geografía del riesgo, la teoría se presenta como una forma de lograr el enfoque integrador y sintetizador, y la práctica para conocer dónde, cómo y cuándo se presentan situaciones de riesgo, al interactuar la población con su entorno físico. Por tanto, el enfoque teórico-práctico aplicado a la ciudad de Celaya resulta muy importante para jerarquizar los peligros de la naturaleza y de la sociedad, para evidenciar la vulnerabilidad espacial y desde luego, entender mejor cuáles pueden ser las medidas de prevención.

Ante esta situación uno se pregunta: ¿por qué a la Geografía le atañe el estudio del riesgo?

En primer lugar, porque los fenómenos que pueden generar un riesgo se desarrollan en un espacio determinado. Siempre en un lugar bien definido que

puede tener carácter local, regional, nacional e incluso planetario como el cambio climático global.

Segundo, estos fenómenos y hechos implican la relación compleja de dos grandes aspectos: el natural y el social. Un fenómeno en sí, no representa un peligro si no existe un grupo de personas o una sociedad que sea vulnerable ante tal fenómeno.

Tercero, los fenómenos peligrosos, la sociedad o los ecosistemas vulnerables, los desastres y el riesgo son factores dinámicos, o sea cambian con el tiempo. Por ejemplo, no se conciben los mismos peligros en las diferentes etapas históricas, ya que algunos de ellos aumentan, otros disminuyen, en tanto otros se generan como nuevos a través del tiempo.

Así, el estudio del riesgo desde el punto de vista de la Geografía involucra los principios de esta disciplina y, por ello, muestra una claridad y capacidad para abordar problemas actuales, con una importante contribución real a su solución.

Los geógrafos que se han interesado por el tema de los riesgos han guiado sus investigaciones de tal manera que se conozca la distribución territorial de los fenómenos del medio natural generadores de daño que potencialmente constituyen un riesgo para las actividades humanas y también para entender la conducta humana en el espacio ante situaciones de peligro.

Esta forma de estudiar el problema, importante por la magnitud y frecuencia con la que afecta a la humanidad, ofrece a los geógrafos, la posibilidad de

participar, no sólo en el campo teórico de la investigación, sino también en la aplicación de resultados, mediante el apoyo profesional a programas gubernamentales destinados a la creación y mantenimiento de un hábitat seguro, mediante la entrega de información sobre la ubicación y los niveles de riesgo, que se presentan en los distintos lugares y con ello discutir las formas idóneas de solución.

¿QUÉ ES EL RIESGO?

Es importante mencionar que en las investigaciones sobre el tema se manejan diferentes definiciones acerca del término riesgo, esto es de acuerdo con las distintas concepciones de los autores, como se ve a continuación:

Riesgo natural (Burton y Kates, 1964): "Es aquel elemento del medio físico y biológico nocivo para el hombre y causado por fuerzas ajenas a él".

Riesgo (Rowe, 1977): "Es el potencial de un evento para producir una consecuencia negativa, no deseada".

Riesgo (Calvo, 1984): "Es la situación concreta en el tiempo de un determinado grupo humano frente a las condiciones de su medio, en cuanto este grupo es capaz de aprovecharlas para su supervivencia o incapaz de dominarlas a partir de determinados umbrales de variación de estas condiciones".

Riesgo ambiental (Panizza, 1991): "Es la probabilidad de que las consecuencias económicas y sociales en un fenómeno peligroso pueda exceder determinado umbral".

Riesgo natural (Still, 1992) lo describe como: "La concepción humana de daño ante la ocurrencia de un fenómeno natural destructivo".

Con el fin de evitar inconsistencias y confusiones en el término, en 1972 por iniciativa de la UNESCO se realizó una reunión de expertos sobre el estudio estadístico de los riesgos, donde se concluyó que el riesgo incluye factores como la **peligrosidad**, el **valor** y la **vulnerabilidad** (Fournier, 1979). En donde:

La **peligrosidad** estudia la agresividad del fenómeno en términos absolutos; su magnitud física, su ocurrencia y su cobertura espacial.

El **valor** estima cuantitativamente la susceptibilidad al daño y/o pérdida de vidas humanas, infraestructura y capacidad productiva por los efectos destructivos del fenómeno, dándole al estudio de la peligrosidad un carácter aplicado.

La **vulnerabilidad** considera las posibilidades técnicas y económicas de prever o mitigar los varios efectos destructivos del fenómeno y la capacidad de la propia naturaleza para absorber el avance del mismo.

Esta investigación simplifica estos factores porque en el caso de la vulnerabilidad van implícitos aspectos técnicos y económicos que determinan la

capacidad potencial de los grupos humanos para enfrentar un fenómeno destructivo, por eso se considera de la siguiente manera.

Riesgo = Peligrosidad x Vulnerabilidad.

Donde:

Peligrosidad: Es la probabilidad de que cierto fenómeno destructivo pueda ocurrir en un espacio y tiempo dado.

Vulnerabilidad: Es la susceptibilidad de sufrir daño (fragilidad) y tener dificultad de recuperarse de ello. Se define como una medida que indica qué tan propenso es un sistema, a los daños que pueda causar el impacto de un fenómeno destructivo.

Retomando lo anterior se logra concluir que el riesgo es la apreciación cualitativa y cuantitativa de un fenómeno peligroso ya sea de origen natural o antrópico, manifestándose de acuerdo con la vulnerabilidad de la población. Y al combinar la peligrosidad del fenómeno con la vulnerabilidad de la población, es posible establecer los niveles de riesgo para proponer medidas y acciones preventivas o de mitigación.

EL DESARROLLO DE LOS RIESGOS EN EL ÁMBITO NATURAL Y SOCIAL

De acuerdo con las investigaciones realizadas por autores como Calvo (1984), Palacio (1995), Macías (1994), entre otros, los riesgos se desarrollan en los siguientes ámbitos:

a) Natural

Está formado por elementos y partes funcionales de tipo físico, contiene mecanismos de acción que operan ajenos a la voluntad humana, los cuales en un momento dado, pueden constituir un peligro. Cabe mencionar que los peligros no son los mismos de un lugar a otro, pues dependen de las condiciones físicas del medio, de las relaciones sociales y del tipo de interacción que se presenten entre ambos.

La naturaleza de cada uno de los fenómenos, sean geológicos o hidrometeorológicos tienen su propio ritmo, sus ciclos particulares y su tiempo de recurrencia. Ningún fenómeno natural de carácter destructivo, se repite con las mismas características, por lo que la predictibilidad no es del todo confiable. Sin embargo, es necesario aclarar que la ocurrencia futura, para algunos fenómenos, sólo se puede definir en función de la forma en que se ha presentado en el pasado.

Algunos estudios se han referido a los llamados "riesgos naturales". Sin embargo, diversos autores como Calvo (1984), White (1975), Maskrey (1993), entre otros, han objetado el uso del término "natural" debido a su imprecisión y

porque parece indicar que los riesgos son cosa "natural" o bien obra de la naturaleza a la que las sociedades no tienen nada más que aguantar.

En este sentido, la consideración de un "riesgo natural" obliga a no ubicar culpables, puesto que no hay poder humano capaz, por ejemplo, de evitar un terremoto destructor o un ciclón; o un exceso de lluvias que provoque inundaciones.

Resulta importante considerar que los fenómenos naturales no se pueden entender sin analizar las acciones de la sociedad, ya que el hombre se ha convertido cada vez más en causa de afectación, pues en una sociedad capitalista subdesarrollada, donde se busca la obtención máxima de la naturaleza, sin importar más que las ganancias, se ha logrado una desestabilización del equilibrio ecológico, un empobrecimiento de una gran mayoría de la población y, por tanto, una mayor vulnerabilidad de esa sociedad frente a los riesgos naturales.

b) Social

Compuesto por diversas comunidades humanas y sus actividades, representa la contraparte al medio natural. Además, los grupos sociales se encuentran a merced de los peligros de su ambiente pero, al ser "entes" dinámicos generan transformaciones al entorno, ocasionando situaciones que pueden atenuar, revertir o intensificar los efectos del peligro.

Por esto, se ha manejado el término "riesgo antrópico" al directamente causado por la negligencia o errores humanos. Éste está asociado al incremento demográfico, a su concentración y al desarrollo industrial y tecnológico.

El "riesgo antrópico" involucra a la población afectada como principal elemento vulnerable, al aparato científico, técnico y de gobierno, en su papel preventivo. Por ello, no puede existir un riesgo si no existe el peligro al que se expone una persona con la posibilidad de salir dañado.

El desarrollo tecnológico y social ha generado nuevos peligros y mayores riesgos, pues la población está más en contacto con el mundo urbanizado, cuya principal característica es su artificialidad y donde por descuido o ignorancia elevan los niveles de riesgo.

Muchas veces con el progreso tecnológico se logra disminuir el impacto generado por un riesgo, pero en otras, este progreso ocasiona modificaciones al entorno físico y social, dando por resultado el surgimiento de nuevos peligros.

Relación del ámbito natural y social

Con lo anterior se puede plantear que los riesgos a los que se expone la población son de dos tipos:

1. Naturales, resultado de la exposición hacia uno o varios peligros del medio físico-biológico, a los cuales la población es vulnerable, por ejemplo a los ciclones, erupciones volcánicas, sismos, etc.

2. Antrópicos, resultado de la participación social en algunos aspectos de la dinámica ambiental, por ejemplo contaminación (agua, suelo y aire), incendios (domésticos e industriales), guerras, cambio climático global, etc.

Para el caso que ocupa, la subsidencia en la ciudad de Celaya, se desarrolla en un ámbito natural y social. Natural, porque los hundimientos y desniveles son controlados por el tipo de material litológico que existe en la ciudad, en este ejemplo los sedimentos (especialmente arcillas) sobre coladas basálticas y riolíticas. Social, porque la sobreexplotación de los mantos acuíferos ha originado y acelerado el fenómeno de la subsidencia y la magnitud de los efectos del riesgo natural radica en última instancia, en las condiciones sociales.

Además, cuando el medio físico y social interactúan, generan otros peligros ya sea por el mal aprovechamiento de los recursos o por su sobreexplotación, como es en este caso: contaminación de agua, escasez de agua, daños a la infraestructura, etc.

Los daños ocasionados a la población por los peligros del medio natural o como consecuencia del desarrollo económico y tecnológico, son sucesos comunes en nuestros días, a los que aparentemente no le da importancia, a pesar de que son factores limitantes para el desarrollo económico y social, por los daños y pérdidas que generan.

Pero es hasta la ocurrencia de un desastre, cuando adquieren importancia el entorno físico y social. Y esto, porque el hombre, como el resto de los seres vivos, se encuentra sometido, en cierta medida, al medio natural que lo rodea.

ALGUNAS DISCIPLINAS QUE TRATAN EL ESTUDIO DE LOS RIESGOS

El análisis de los riesgos, tanto de origen natural como antrópico que aquejan a la humanidad, requiere de la aplicación de distintas teorías y métodos de investigación multidisciplinaria. En gran parte, el que la ONU haya declarado el decenio de 1990-2000 como la década internacional para la reducción de desastres naturales, ha impulsado la investigación científica sobre el tema.

Por ejemplo, anteriormente en el campo de las ciencias físicas predominaba la tendencia a tratar los riesgos como hechos aislados dando muy poca importancia o ninguna a las condiciones históricas y socioeconómicas de los lugares estudiados. En muchos trabajos se consideraba que las únicas o las más importantes alternativas en la prevención o mitigación de riesgos, eran las obras de ingeniería y no se tomaban en cuenta las consideraciones ideológicas y culturales de la población afectada.

En México, ante esta situación desde la década de los años noventa, con mayor énfasis se empezaron a realizar actividades con el fin de analizar los riesgos desde un punto de vista interdisciplinario. En febrero de 1992 se celebró en nuestro país un interesante seminario titulado "Desastres Naturales, Sociedad y

Protección Civil", organizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Consejo Mexicano de Ciencias Sociales (COMECOSO) donde por primera vez se pretendía iniciar un diálogo entre especialistas de diversas disciplinas sobre todo entre las ciencias sociales, las ciencias de la Tierra y la ingeniería en relación a los riesgos y desastres que ocurren en nuestro país.

Todo esto se realizó con la finalidad de destacar que también las ciencias sociales, se preocupan por buscar soluciones a estos conflictos. En 1995 el COMECOSO inició el esfuerzo por reunir a un grupo de investigadores de las ciencias sociales dedicados al estudio de riesgos, lo que configuró un cuadro primordial de investigación académica sobre riesgos en nuestro país. En este grupo la participación de los economistas resultó interesante, sobre todo al aplicar un análisis más riguroso de los aspectos económicos de los riesgos y también con la colaboración de psicólogos, ya que ellos realizaron el examen de los rasgos de la personalidad de los individuos afectados por el riesgo.

Ante esto, en México, dentro del campo de las ciencias sociales durante los últimos años se han desarrollado estudios sobre el tema, en instituciones como el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), la Fundación Barros Sierra y el Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM, entre otras.

Como resultado, la mayoría de las disciplinas físicas y sociales han coincidido en identificar el problema como consecuencia de la relación población-medio natural. Sin embargo, a la vez, lo especializado de las disciplinas hace que

la economía, la psicología, la ingeniería, etc. solamente orienten los estudios hacia una parte del conflicto. Pero, para que la investigación de riesgos sea más completa y mejor analizada se necesita de la integración de la información y de la cooperación interdisciplinaria en el desarrollo de la misma.

Se menciona lo anterior como un ejemplo de que ya existe un interés y una necesidad de trabajar más y mejor. Por tal motivo, el presente tema de investigación no sólo basta con el enfoque de los ingenieros y geólogos que han trabajado en ello, sino también es fundamental que se analice desde el punto de vista social, por lo tanto, como la geografía integra el aspecto físico y social, esto resultará ser más integral.

CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Si se entiende objetivamente que una clasificación es una "operación que consiste en repartir un conjunto de objetos en clases coordinadas o subordinadas, utilizando criterios oportunamente elegidos" (Abbagnano, 1963, citado por Serrat, 1992) puede plantearse que todas las clasificaciones tienen su validez y utilidad. Sin embargo, también las clasificaciones pueden tener diferentes valores, según las bases y fines que se consideren al establecer la división, ordenamiento o la jerarquización de los objetos.

Los investigadores de riesgos han tratado de ordenar y dividir por grupos o tipos, por lo que han logrado establecer sus propias clasificaciones de riesgos.

Pero lo importante no es contar con una clasificación muy completa, sino detectar los fenómenos peligrosos en la realidad, en las distintas ciudades y poblados, siguiendo estos lineamientos para su identificación, lo cual permitirá remitir los casos más urgentes a la dependencia encargada.

La importancia de las tipologías está en la utilidad, sea plasmada en mapas a nivel informativo dentro de una investigación, aunque es más completo contar con un amplio conocimiento sobre dichos fenómenos, en cuanto a su identificación, dinámica y distribución espacial. Esto permitirá a los planeadores del uso del suelo proponer mejores opciones.

De esta manera, aunque todas las clasificaciones que a continuación se mencionan tienen como premisa establecer un ordenamiento de los riesgos, no todas persiguen el mismo fin. La mayoría tiene como base el carácter original de los riesgos y ponen de manifiesto analogías y diferencias esenciales entre ellos, por lo que su valor es cognoscitivo.

Los riesgos en su conjunto pueden clasificarse desde distintos puntos de vista, sea atendiendo a su naturaleza, a sus causas, a sus efectos o a las características que presentan.

Una clasificación sencilla pero clara, es la de Burton y Kates, 1964 que agrupa los riesgos en dos grandes conjuntos: de origen geofísico y origen biológico. En los primeros se considera a los fenómenos climáticos, meteorológicos, geológicos y geomorfológicos (sequías, huracanes, inundaciones,

terremotos, deslizamientos, etc.). En el segundo conjunto se mencionan a los biológicos, lo que incluye a los florales y fáunicos (afecciones por hongos, invasión de langosta, etc.).

Un hecho es que los distintos tipos de riesgos enumerados no presentan, en absoluto, el mismo grado de peligrosidad para el hombre. Hoy día aquellos que forman parte del conjunto biológico son previsibles en sociedades suficientemente evolucionadas, hasta el extremo de haber sido prácticamente erradicados, mientras que los riesgos de origen geofísico en numerosos casos no pueden prevenirse. De manera que son las condiciones del grupo humano afectado las que proporcionan mayor o menor peligrosidad a los distintos eventos.

Gelman y Macías (1983) manejan los riesgos con un enfoque sistémico, consideran tres sistemas principales: el perturbador, el afectable y el mitigador y por el tipo de daño del sistema perturbador sobre el afectable, clasifica las consecuencias o calamidades en:

a) Directas. Suceden cuando el fenómeno produce directamente el daño, como en el caso de las erupciones volcánicas, las tormentas eléctricas o los huracanes.

b) Encadenadas. Suceden como resultado de la interacción de los fenómenos con el sistema afectable, como el caso de las inundaciones, deslaves, la interrupción de servicios, etc.

La clasificación del Sistema Nacional de Protección Civil (1986), diseñada para la República Mexicana considera los eventos más importantes que sufre nuestro país en cinco tipos de fenómenos, de acuerdo con su origen natural o antrópico.

1. Geológicos: sismos, vulcanismo, deslaves, colapso de suelo, subsidencia y agrietamiento, maremotos, flujos de lodo, etc.

2. Hidrometeorológicos: huracanes, inundaciones, tormentas, sequías, etc.

3. Químicos: incendios urbanos (domésticos e industriales), explosiones, radiaciones, fugas tóxicas, envenenamientos masivos, etc.

4. Sanitarios: contaminación (aire, suelos y agua), desertificación, epidemias, plagas, etc.

5. Socio-organizativos: desplazamientos y concentraciones masivas, accidentes terrestres, aéreos, fluviales o marítimos.

ALGUNOS ENFOQUES TEÓRICO-METODOLÓGICOS PARA EL ESTUDIO DE LOS RIESGOS

Son muchas las teorías y metodologías que hoy día se encuentran para estudiar al riesgo, la mayoría las han elaborado especialistas del área física y social del conocimiento. Para este caso se aluden los siguientes enfoques:

Bertalanffy (1984) menciona que la teoría general de los sistemas es un instrumento útil al dar, por una parte, modelos utilizables y transferibles entre diferentes campos de la ciencia (Geografía, Biología, Ingeniería, etc.) y evitar, por otro, vagas analogías que a menudo han perjudicado el progreso en dichos campos.

Además, con esta teoría se estudian no sólo partes y procesos aislados, sino también trata de resolver los problemas decisivos hallados en la organización y el orden que los unifican, resultantes de la interacción dinámica de partes y que hacen el diferente comportamiento de éstas cuando se analizan aisladas o dentro del todo. Si conocemos el total de las partes contenidas en un sistema y la relación que hay entre ellas, el comportamiento del sistema es derivable a partir del comportamiento de las partes.

La teoría de sistemas provee un respaldo teórico acorde con el enfoque geográfico y por tanto, es la herramienta adecuada para analizar la problemática compleja y multivariable de los riesgos, dada la cantidad de componentes. Asimismo, el enfoque de sistemas permite simplificar su análisis, al considerar que los componentes se estructuran como un sistema (Rojas, 1988).

Palacio (1995) retoma lo anterior, y menciona que en el enfoque de sistemas aplicado a la planeación geográfica, se hace necesario la elaboración de modelos que contengan las variables clave, integrando al sistema, no sólo como aquellos elementos y estructuras tangibles y cuantificables, sino también los

aspectos sociales y económicos involucrados. Con ello se puede establecer una verdadera planeación que armonice con los valores ecológicos y sociales.

Además, él dice que los lineamientos generales de la teoría de sistemas a utilizar en el análisis geográfico de los riesgos naturales, son principios de orden que respaldan teóricamente la organización de los subsistemas, los cuales abarcan los siguientes aspectos:

a) Geosistema perturbador. Considera los procesos generadores del fenómeno, su comportamiento y los desajustes funcionales que ocasiona al medio ambiente.

b) Análisis espacial. Retoma el estudio del fenómeno para delimitar cartográficamente sus distintas expresiones de peligrosidad y así poder correlacionarlas espacialmente con los sistemas socioeconómicos susceptibles de ser dañados.

c) Análisis temporal. Se basa en la obtención de datos directos (bibliografía, encuestas, observación directa, etc.) e indirectos (métodos geológicos, geomorfológicos, geofísicos, etc.) para conocer la ocurrencia del fenómeno y determinar qué tan frecuente o disperso ha sido en el tiempo. Para cubrir este componente se retoma la información ya seleccionada y se procesa estadísticamente o se inserta en algún modelo predictivo.

d) Estrategias alternativas de pronóstico. Implican la codificación (matemática, analógica, estadística, etc.) de toda la información disponible sobre el fenómeno para predecir su comportamiento en términos espaciales y temporales.

e) Sociosistema afectable. Dentro de éste, el análisis del impacto evalúa la posible afectación a las condiciones físicas y funcionales, social y económicamente, para determinar espacialmente distintas zonas de impacto.

Todo esto se debe considerar porque así se encuentran todas y cada una de las características que se definen dentro del sistema.

Ahora, tomando en cuenta los elementos antes mencionados ya se puede aplicar a un caso de estudio, para lo cual es importante seguir las siguientes etapas:

1. Ubicación del o los componentes del riesgo en tipologías preestablecidas. Las tipologías de riesgos son esquemas determinados con distintos criterios, para ordenar sistemáticamente la ocurrencia de fenómenos o agentes perturbadores

2. Metodologías parciales de evaluación por subsistemas. Para llegar a la evaluación por subsistemas se agrupan variables afines en origen y funcionalidad para darle una operatividad continua al proceso de evaluación.

3. Metodología de evaluación general del riesgo. Está compuesta de dos partes: la matriz de evaluación general del riesgo y su representación cartográfica.

Ambos son el resultado de la síntesis de los valores finales de peligrosidad y valor final del geosistema perturbador y el sociosistema afectable.

4. Expresión cartográfica analítica y sintética. La analítica se refiere al estudio específico de todos los factores que favorecen, determinan o participan en una situación de riesgo. La sintética integra información analítica para concebir un mapa que valore en conjunto una situación específica de riesgo.

Por otra parte Lynch (1960), Lowenthal (1961), White (1961), Kates (1962) y Burton (1964), citados por Capel (1973), mencionan que en el caso de la percepción del riesgo, una de las hipótesis fundamentales en la investigación es encontrar una explicación racional por el hecho de la persistencia de la ocupación humana en áreas con elevado grado de peligrosidad, mediante un examen sobre la forma que tienen sus ocupantes de percibir el riesgo que corren e investigando sus puntos de vista respecto a las soluciones alternativas a emplear y las consecuencias que han de desprenderse de la adopción de cualquiera de las oportunidades disponibles.

Con la información antes mencionada para la presente investigación se consideró aplicar la **teoría de sistemas y la percepción del riesgo**.

Con la teoría general de sistemas se busca una solución para la complejidad que muestra este fenómeno de la subsidencia con relación a la población afectada. Mediante esta teoría se puede realizar el análisis de la manera en que los componentes de cada sección del fenómeno están estructurados(organizados,

vinculados o relacionados) y como cada sección se vincula a las otras estructuras. Ya que el sistema puede ser dividido, para su mejor manejo en subsistemas.

Un sistema es un conjunto de objetos, junto con las relaciones entre ellos y entre sus atributos. Los objetos son parte del sistema y son de una variedad ilimitada. Los atributos son las propiedades de los objetos. Las relaciones son las que enlazan el sistema en su conjunto y son fundamentales (Chadwick, 1973, citado por Capitanelli, 1994).

La teoría de sistemas permite el enfoque integral de las relaciones entre el medio social y natural que lleva implícito un riesgo, favoreciendo la participación interdisciplinaria, debido a la diversidad de problemas que en un momento dado se pueden involucrar. Se considera como premisa que todo en el medio geográfico funciona como un sistema y que en el caso específico de la subsidencia, es el fenómeno perturbador que altera o rompe el funcionamiento normal de los sistemas naturales. La población de la ciudad de Celaya representa el sociosistema afectable, como puede observarse, en esta situación se contemplan variables de sistemas, tanto naturales o ambientales, como sociales, con los cuales el individuo está en contacto en su vida cotidiana

Por otra parte, el enfoque de la percepción del riesgo se aplica al tema en cuestión porque es importante considerar la respuesta de los grupos humanos ante la ocurrencia del fenómeno destructivo. En este caso, es la subsidencia el componente natural del medio geográfico que a nivel perceptivo genera las imágenes mentales definidas por la valoración relativa que cada persona o

comunidad tenga de su entorno y a partir de estas ideas se establece la existencia de distintas formas de apreciación del medio natural y del riesgo que condicionan el tipo de respuestas ante una situación de crisis.

Para cumplir con la metodología que se mencionó se realizó lo siguiente:

1. Investigación bibliográfica, hemerográfica y estadística

- Se consultaron una serie de libros, artículos en revistas y notas periodísticas para conocer los antecedentes del problema.

- Se consultaron datos estadísticos para conocer el crecimiento de la población de 1950 a la actualidad y verificar si existe una relación de mayor demanda de agua con el aumento de población.

2. Análisis de cartografía temática (geología, suelos, topografía, etc.).

- Se consultó la cartografía existente para conocer el tipo de roca, suelo, clima, vegetación, etc., escala 1: 50 000

3. Trabajo de campo.

- Se realizó un recorrido por las zonas afectadas para un reconocimiento de los lineamientos a lo largo de la ciudad

- Se aplicaron encuestas a los habitantes de las construcciones afectadas, para saber el nivel de percepción sobre el peligro al que están expuestos, su opinión y situación que presentan al ser afectados directamente.

- Medición del desnivel de los lineamientos, para determinar las zonas con valores máximos y mínimos.

- Se reconoció el uso de suelo a lo largo de los lineamientos, para clasificar esta información en usos: comercial, de vivienda, industrial, etc.

- Se visitó y cuestionó a las autoridades correspondientes con la finalidad de conocer cuáles medidas de solución o mitigación se proponen, y las perspectivas al problema planteado.

- Se adquirieron registros eléctricos de algunos pozos de la ciudad, para conocer la litología de la zona afectada

4. Digitización del mapa base de la ciudad, escala 1: 16 000, en el sistema de información geográfica ILWIS

- Se capturó y manipuló la información topográfica de la zona con información referente al uso del suelo, pozos de la ciudad, fallas, desniveles de los lineamientos y pozos contaminados en el sistema de información geográfica, para realizar una sobreposición de capas de información y obtener mapas o datos que permitan un análisis más completo.

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA EN ESTUDIO

ACONTECIMIENTOS HISTÓRICOS

Autores como Jaramillo (1989) y Carreño (1992) mencionan que en el primer tercio del siglo XVI había tribus chichimecas con distintas lenguas y poca relación entre sí. Entre estas se encontraban las otomíes, establecidos cerca de lo que ahora es Celaya, formando la aldea "Otomí de Nattahí", el paisaje que ellos habitaban era una planicie lacustre cubierta de mezquites, donde el nivel freático se encontraba a muy poca profundidad.

Esta tribu atacaba sorpresivamente a las nuevas poblaciones de españoles que se encontraban cerca del lugar o esperaban el paso de los convoyes que transportaban mercaderías entre lo que ahora es la ciudad de México y las minas de Zacatecas o de Guanajuato. El problema llegó a ser tal que un día en el año de 1570, un grupo de hacendados y labradores del "Mezquital de Apaseo" se acercaron al Virrey Enríquez, para pedirle la fundación de una villa de españoles, donde pudieran vivir en comunidad a fin de poner a salvo a sus familias de los frecuentes y peligrosos ataques de los indios chichimecas.

Ante esta petición el Virrey y otras personalidades importantes de la época decidieron establecer la villa cerca del meandro o recodo que formaba el Río San Miguel, más tarde Río de La Laja.

No lejos de la confluencia de este río con el de Apaseo, había mucho pescado, cedros, sabinos, árboles para hacer madera para las casas, buena tierra para hacer adobes, una cerca de piedras donde se podía hacer cal y sobre todo, del río se podía construir un pequeño cauce para riego y mover molinos. Esto indicaba que, en general, la región se encontraba en buenas condiciones en la que prevalecía muchos recursos naturales.

Una vez fijado el lugar, Don Juan de la Cueva, que era el secretario de Gobernación, procedió de inmediato a hacer el trazo de la nueva villa y en seguida lo envió al virrey. Así, el 12 de Octubre de 1570, conforme a la traza que Juan de la Cueva dejó hecha, se fundó la "Villa de Nuestra Señora de la Concepción de Zalaya", denominación que al correr de los años, sería sustituida por la de "Celaya de la Purísima Concepción" y actualmente Celaya.

El 1 de Enero de 1571, después de haber oído misa, los fundadores se juntaron y congregaron bajo un árbol de mezquite a cuya sombra se verificó el primer cabildo. El alcalde de primer voto fue Domingo de Silba y una vez hecha la traza y repartidos los solares, se empezaron a edificar casas, se distribuyeron las tierras y las aguas a la villa y algunos años después ya se recogían abundantes cosechas. A partir de este momento iniciaba la explotación de recursos, el agua y el suelo (Jaramillo, 1989).

A fines del siglo XVI y principios del siglo XVII eran grandes los progresos materiales alcanzados por la Villa de Celaya. Las primeras casas que se levantaron fueron la casa de cabildos, la casa de Martín de Ortega, en la esquina del hoy portal Guerrero y calle Alvaro Obregón, la cárcel de la Villa (este edificio ha sido reconstruido en dos o tres ocasiones y actualmente sigue ocupándose como palacio municipal), otra fue el "Mesón de Guadalupe", el que se construyó en el mismo lugar que hoy ocupa el Hotel de Guadalupe, además, gracias a la llegada de los franciscanos se empezó a edificar lo que es el convento y templo de San Francisco, actualmente dañado por la subsidencia.

Como la villa de Celaya crecía en importancia, sus habitantes anhelaban alcanzar el título de ciudad, por esto, a mediados del siglo XVII, el rey de España ordenó que se midieran las tierras recibidas, exigiendo la devolución de los excedentes, o en su lugar, una cantidad de dinero para la flota de barlovento, Celaya entró en arreglos y convino en que pagaría para así quedar en libre posesión de sus bienes rurales. Así, el 7 de diciembre de 1658, mediante dos mil pesos que los habitantes entregaron al virrey Francisco Fernández de la Cueva, Celaya obtuvo el título de ciudad con su blasón correspondiente, según la cédula de Felipe IV (Domínguez e Izaguirre, 1988).

Durante los años de 1876 a 1910, ocurrieron sucesos como los siguientes: llegó a Celaya el primer tren de pasajeros proveniente de la ciudad de México. Poco tiempo después, la ciudad quedó unida a El Paso, hoy ciudad Juárez, por lo

que la ciudad no tardó en convertirse en importante centro ferroviario (Gómez, 1996).

Se inauguró el alumbrado público, se fundaron escuelas, se empezó la obra del mercado (Morelos), cuya construcción fue terminada y puesta en servicio en 1906, por el jefe político Coronel D. Perfecto I. Aranda. Al poco tiempo también se trasladó la columna de la Independencia del centro de la plaza principal al lugar que hoy ocupa (entre calles Independencia y 5 de Mayo), en el lugar que quedó vacío se construyó el "Kiosco" . Se llevó a cabo la perforación de los pozos artesianos de la Alameda, San Agustín y el jardín de San Francisco (hoy jardín Perfecto I. Aranda). Sobre este último pozo se levantó una torre hidráulica, comúnmente llamada "La Bola", la que se mandó construir especialmente a Alemania, para depósito de agua potable con la que se abastecía la ciudad (se dice que solamente en Alemania había otra igual), pero lo inconveniente de esta situación es que iniciaba la explotación de los mantos freáticos (Jaramillo, 1989).

En 1914, por su excelente ubicación geográfica y su infraestructura ferroviaria, la ciudad se convirtió en un sitio estratégico, por lo cual el 20 de noviembre hizo su entrada el general Francisco Villa, que convirtió a Celaya en uno de sus cuarteles. Un año después fue derrotado.

En 1942 se inicio el ascenso de Celaya, gracias a los cultivos agrícolas que se exportaban con motivo de la Segunda Guerra Mundial. La ciudad ya mostraba su vocación agrícola, que actualmente perdió debido al crecimiento de la ciudad.

En la década de 1970 a 1980 para dar mayor impulso a la agricultura, diferentes obras hidráulicas, el regadío por bombeo, el uso de fertilizantes y el mejoramiento de las técnicas agrícolas aseguraron cosechas importantes de alfalfa, cebolla, frijol, frutales, jitomate, maíz, sorgo, trigo y legumbres.

Además, el establecimiento de diversas industrias hizo crecer el número de empleos y, con ello la construcción de viviendas, los servicios médicos, las oportunidades educativas, etc., logrando que la población tuviera más oportunidades y, por tanto, siguiera creciendo la ciudad.

De 1990 a la actualidad, alimentos, textiles, cueros, papel y madera son sus principales productos fabriles. Se siembra en la periferia de la ciudad sorgo, maíz, trigo, frijol, alfalfa, fresa y espárrago. Se cría ganado bovino, porcino, ovino, caprino y prospera una gran actividad avícola. Se produce cera, miel, leche y lana. Además, continúa el auge de la industria dulcera. Pero lamentablemente, las actividades antes mencionadas han ocasionado que los recursos naturales se hayan sobreexplotado logrando un desequilibrio ecológico, por ejemplo, contaminación de suelo, aire y agua (Gómez, 1996).

Ahora es importante mencionar que al ir evolucionando la sociedad celayense, también los peligros, desastres y riesgos iban cambiando a través del tiempo, como a continuación se muestra (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Fenómenos peligrosos ocurridos en la ciudad de Celaya 1571-1996.

Fecha	Fenómeno peligroso	Características	Clasificación según el Sistema Nacional de Protección Civil.
1571-1671	Epidemias	A lo largo de este primer centenario se presentaron epidemias que azotaron a la población	Sanitario
1696	Sequía	Las malas cosechas causaron hambre y escasez de alimentos en toda la región.	Hidrometeorológico
1748-1751	Sequía	Fueron años de pésimas cosechas propiciando hambruna en la región, al grado de que pueblos enteros se trasladaron a otros lugares.	Hidrometeorológico
1774	Sequía	Se presentó una sequía considerable que ocasionó pérdidas de cosechas.	Hidrometeorológico
1802	Incendio	El 16 de julio un incendio destruyó la iglesia del Carmen.	Químico
1833	Epidemia	Se presentó una epidemia de cólera morbus, originando verdaderos estragos, se menciona que un día murieron 200 personas.	Sanitario
1912	Inundación	Durante junio cayeron torrenciales aguaceros, por lo que el río La Laja se salió de su cauce destrozando cultivos y gran parte de la ciudad.	Hidrometeorológico
1906	Tormenta de granizo	En marzo se presentó una granizada originando terror en la comunidad ya que el pedrisco era mayor al tamaño de un huevo de paloma, destruyó sembradíos de trigo, huertas, derribo arboles y destruyó algunas viviendas. Además, cuando la gruesa capa de granizo comenzó a deshielarse originó que los arroyos y ríos cercanos crecieran, amenazando inundar la ciudad	Hidrometeorológico
1904	Incendio	Las campanas comenzaron a sonar con toque de alarma anunciando el incendio del templo San Francisco	Químico
1912	Inundación	A causa de unos torrenciales aguaceros el caudal del Río La Laja salió de su cauce, originando grandes corrientes de agua sobre la ciudad de Celaya. Dada la velocidad que traía el agua, pocas personas pudieron ponerse a salvo (en la colonia Alameda y en el Mercado Morelos el nivel del agua alcanzó un metro)	Hidrometeorológico
1956	Subsidencia	Se dan los primeros indicios de hundimiento en la ciudad.	Geológico
1973	Inundación	Al levantarse las compuertas de la Presa Ignacio Allende, las aguas salieron del cauce inundando la ciudad (principalmente el barrio del zapote)	Hidrometeorológico
1980	Subsidencia	El fenómeno se acelera, al grado de que el templo de San Francisco se ve seriamente dañado y como alternativa de solución se piensa en dividir la construcción para disminuir los daños.	Geológico
1994	Delincuencia	Celaya obtuvo el primer lugar en delincuencia de todo el estado.	Socio-organizativo
	Contaminación del suelo	A 500 metros de la salida libre a Salamanca se explotaron bancos de tepetate, dejando inmensos socavones que posteriormente fueron abandonados y actualmente actúan como nido de ratas	Sanitario
	Contaminación del aire	En la ciudad se generan olores fétidos por: Las plantas deshidratadoras de compuestos orgánicos (deshidratado y molienda de plumas y vísceras). Incineración de sustancias químicas y desperdicios orgánicos reutilizados (cuero) Disposición de materia orgánica en terrenos a cielo abierto expuesta a descomposición (residuos de sangre, vísceras, grasas vegetales, etc.). Deshecho de materia orgánica en canales de poco movimiento.	Sanitario
1996	Tormenta eléctrica	Se presentó una tormenta eléctrica (se dice la más activa y prolongada de los últimos 20 años), que provocó apagones, daños a cultivos, derribó 8 árboles y 2 tendidos de energía eléctrica. En la colonia Emiliano Zapata algunas calles quedaron intransitables, en la calle Cuautla se derrumbó parte de una casa y el agua arrastró 7 toneladas de basura, principalmente bolsas de plástico y hojarasca que azolvó las redes de drenaje.	Hidrometeorológico

Fuente: Marrón (1908), Jaramillo (1989), Comisión ciudadana de protección ambiental de Celaya, A. C. (1994), Gómez (1996) y Vaca (1996).

En la información recabada se notifica que hubo fenómenos naturales como eclipses de sol (1672 y 1753) y una aurora boreal (1859) que ocasionaron pánico en la población, lo que provocó que ésta corriera despavorida por la ciudad, suponiendo “el fin del mundo”. Esto indica que existía el desconocimiento del fenómeno, lo cual originó problemas secundarios debido a su percepción del fenómeno (Jaramillo, 1989).

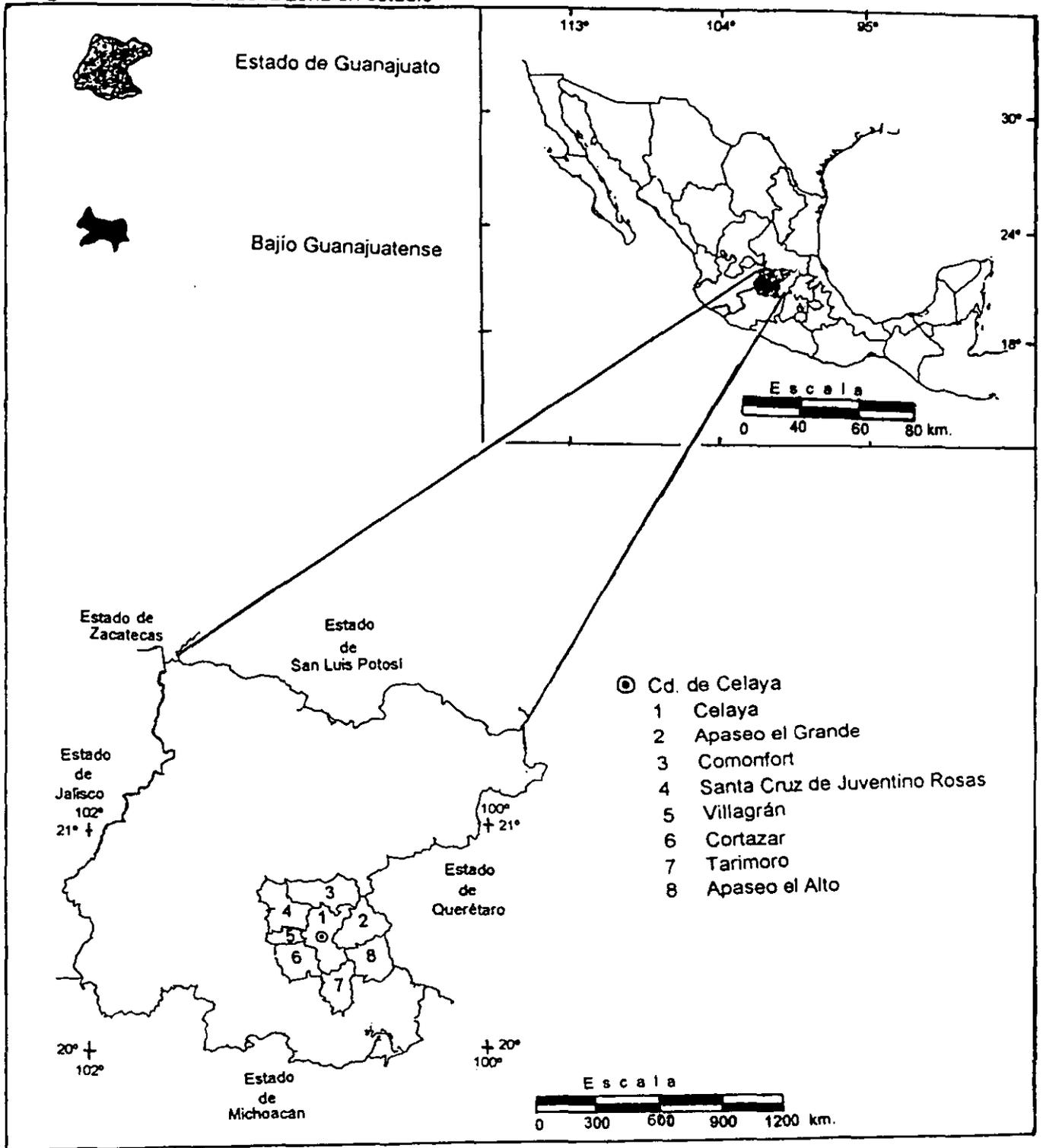
Según los datos del cuadro 1, la mayoría de los riesgos presentados han sido los hidrometeorológicos, sin embargo, en la época actual han aumentado los problemas generados por la actividad humana (contaminación de agua, suelo, atmósfera, etc.).

EL MEDIO NATURAL

El área de estudio se limita a la ciudad de Celaya, localizada en la porción central de México, en el sector oriental del Bajío Guanajuatense, encontrándose su centro en las siguientes coordenadas geográficas: latitud norte $20^{\circ} 31' 00''$ y longitud oeste $100^{\circ} 49' 00''$ y elevación media de 1 750 m.s.n.m. Además, es cabecera del municipio del mismo nombre, el cual colinda con Comonfort al norte; Tarimoro al sur; Apaseo el Grande y Apaseo el Alto al este y Santa Cruz de Juventino Rosas, Villagrán y Cortazar al oeste (ver figura 1).

Aunque el estudio sólo abarca la ciudad como ya se señaló, a continuación se mencionan las características del medio natural, no sólo desde el punto de vista

Figura 1. Localización de la zona en estudio



local, sino que se amplían a un contexto municipal y regional para comprender mejor las relaciones sistémicas.

Regionalmente, las características geológico-geomorfológicas son determinantes en la conformación del paisaje, las cuales se mencionan a continuación:

a) Planicies y terrazas fluviales y lacustres de edad Pleistoceno, formadas por gravas, arenas y arcillas, con una clara estratificación horizontal, ocupando una gran porción del municipio. El espesor de estos materiales es muy variable, pues se depositaron sobre una superficie muy irregular, debido a las acumulaciones de ignimbritas y coladas de lava, producto del vulcanismo del Sistema Volcánico Transversal del Plioceno (Trujillo, 1985).

b) Las tobas predominan hacia el SE y en menor proporción al NE de Celaya, de origen riolítico con intercalaciones de sedimentos lacustres, su edad principalmente corresponde al Plioceno, Mioceno y Oligoceno aunque también en menor proporción hay del Pleistoceno.

c) Los basaltos están asociados con el intenso vulcanismo del Eje Neovolcánico, en éstos se observan rasgos estructurales (fallas, fracturas, etc.). La edad de este grupo de rocas corresponde al Pleistoceno. Se encuentran al NW y al Sur de la ciudad de Celaya.

d) Las ígneas extrusivas intermedias (andesitas) con derrames basálticos intercalados. Su edad corresponde al Plioceno y se localizan principalmente al NE.

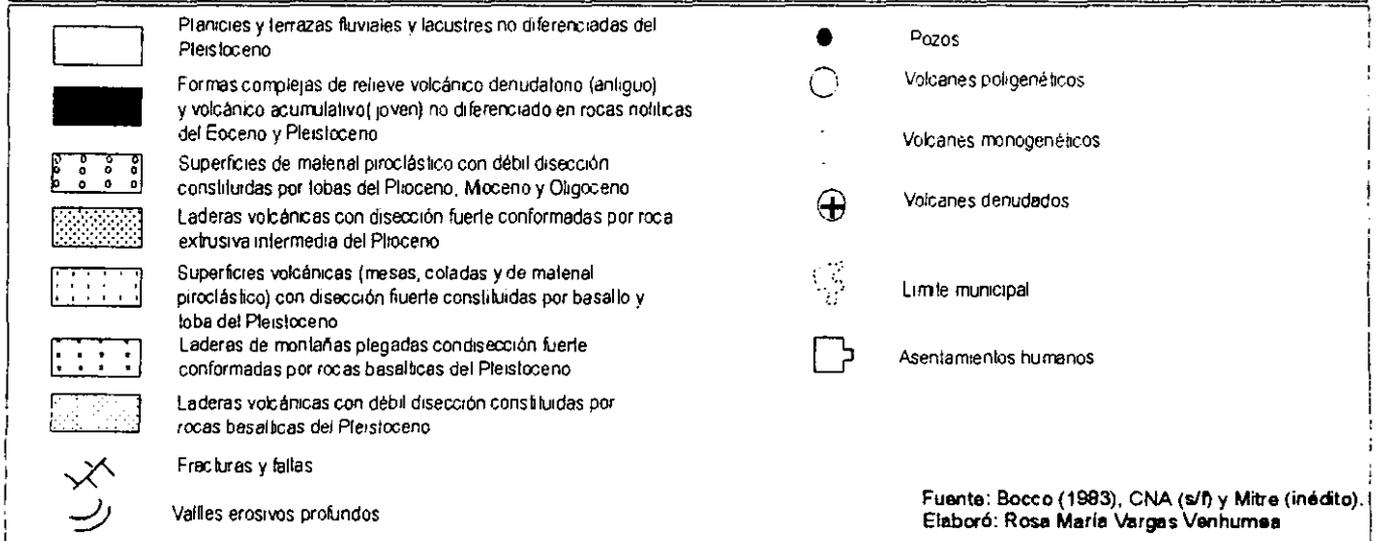
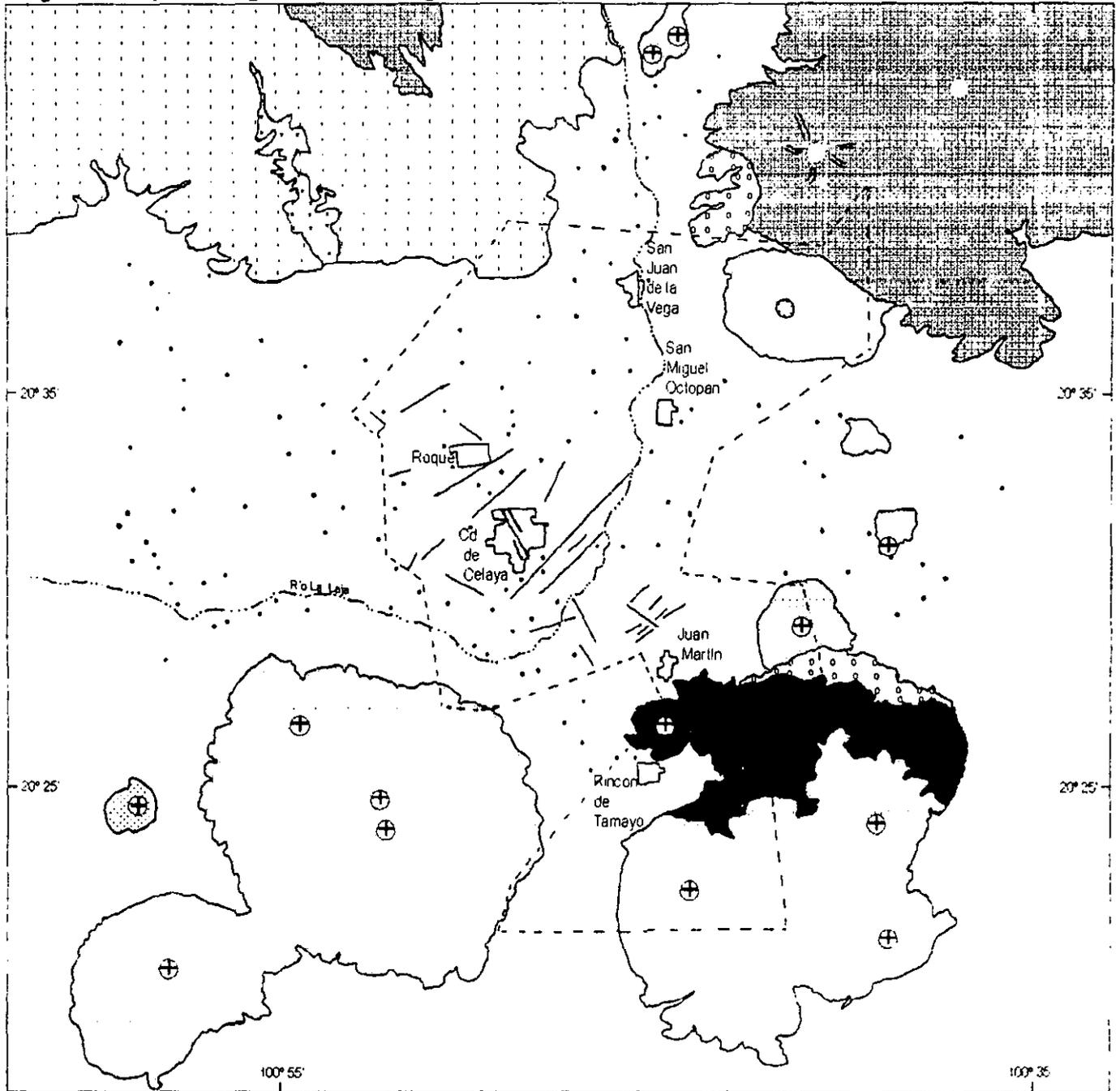
Otros aspectos topográficos que se observan en la región son cuencas cerradas ocupadas por lagos, sierras y lomeríos aislados. También se detectaron fallas y fracturas en las poblaciones de Celaya, Silao y al oriente de San Miguel de Allende. La dirección preferencial del fallamiento es NW-SE y puede considerarse de edad entre el Plioceno y cuaternario (Mitre, inédito).

La zona en estudio corresponde a el Sistema Volcánico Transversal. De manera específica, lo que es el Bajío Guanajuatense, de acuerdo con las características del relieve, se hallan diversos materiales fluviales de grano fino (arenas, limos y arcillas) y materiales piroclásticos (esencialmente cenizas) depositados en un ambiente lacustre, que representan quizá, los depósitos de los antiguos lagos del Pleistoceno, originados en una época de mayor pluviosidad y que después fueron afectados (tendencia a la desecación) por emanaciones volcánicas, cambios climáticos y drenaron de forma lenta hacia el oeste, a través del Lerma y tributarios (Bocco, 1983).

Además, el continuo aporte de sedimentos sobre los ambientes semiacuáticos y acuáticos permitió la formación de capas medianamente estratificadas de gravas, arenas y arcillas que favorecieron el desarrollo de suelos más o menos profundos (Palacio, 1995) (ver figura 2).

Por esto en la ciudad de Celaya existen suelos como el vertisol pélico y crómico, fluvisol eútrico y phaeozem háplico (CETENAL, 1973).

Figura 2. Mapa Geológico-Geomorfológico de Celaya.



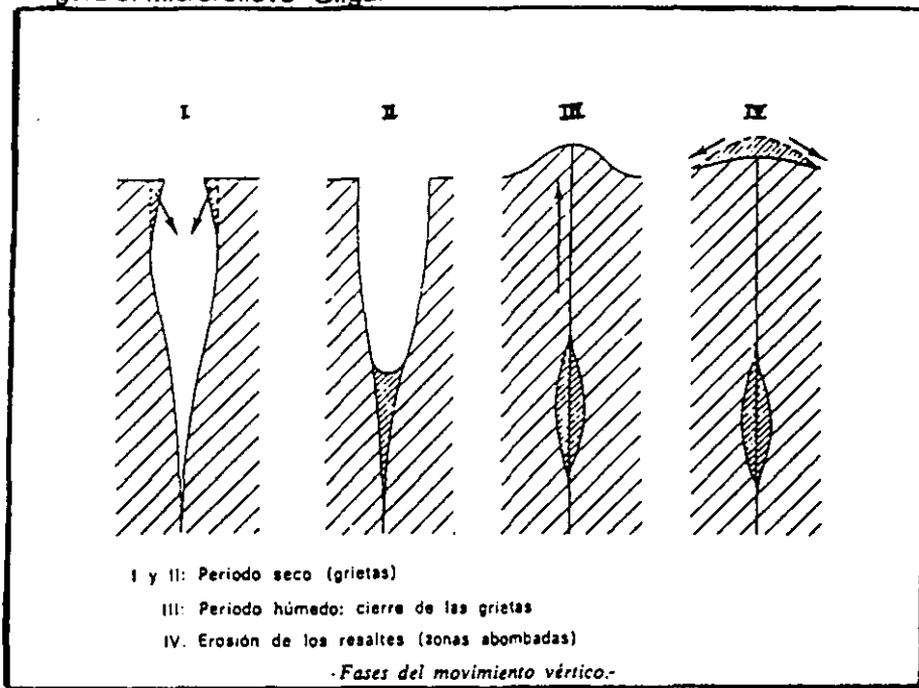
Fuente: Bocco (1983), CNA (s/f) y Mitre (inédito).
Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea

La ciudad está construida en un 96% en suelos vertisoles, entre los que hay vertisol pélico, ligeramente salino, de textura fina en terreno plano, levemente ondulado y ocupa la parte noreste de Celaya. En la porción sur, centro y noroeste existe una combinación de vertisol pélico y crómico, de textura fina, en terreno plano, sutilmente ondulado y la diferencia con el anterior es que esta porción no presenta salinidad.

En general, los suelos vertisoles se desarrollan en depósitos aluviales o lacustres, en sitios planos o de pendiente suave por lo general en terrazas, planicies y fondo de valles; son de color oscuro, fértiles y de textura fina. Además, tienen un elevado contenido de arcillas, predominantemente esmectíticas (montmorillonita), que al secarse forman grietas verticales anchas y profundas, en consecuencia, cuando el suelo se moja se expande y por tanto, se desarrollan grandes presiones que son liberadas por el movimiento de los materiales hacia arriba, formando un microrelieve denominado "gilgai". La repetición anual de este ciclo conduce a la mezcla del suelo hasta la profundidad de las grietas, que suele ser de hasta 1 metro (FitzPatrick, 1984) (ver figura 3).

Con respecto a lo anterior, hay que mencionar que la mayor parte de los lineamientos ocasionados por la subsidencia ocupan la parte noreste, por tanto, corresponden a los vertisoles pélicos ligeramente salinos y en este caso, con un incremento en la cantidad de sodio aumenta la expansión y contracción de los suelos al mojarse o secarse, aumentando el tamaño de los agrietamientos y así incrementando la frecuencia de gilgais.

Figura 3. Microrelieve "Gilgai"



Fuente: Duchaufour, 1984.

El 1% de los suelos de la ciudad lo ocupa los suelos fluvisol eútrico. Se localizan en la periferia sur de la ciudad, condicionados por la topografía, desarrollados en depósitos aluviales recientes y con un contenido de materia orgánica que disminuye en forma irregular en la profundidad. Además con la pérdida de agua y materia orgánica puede haber pérdida de volumen del 50% que conduce a asentamientos, encogimiento y agrietamiento.

El 3% restante de suelo corresponde al phaeozem háplico, localizados en la periferia norte, son suelos ricos en materia orgánica, de color oscuro, los

materiales maternos usuales son depósitos no consolidados (aluviones), están confinados de manera casi exclusiva a situaciones planas o ligeramente onduladas, tienen una fertilidad natural elevada y producen buenas cosechas (FitzPatrick, 1984).

En cuanto clima, a Celaya le corresponde un BS₁ hw (w) (e)g; es decir, semiseco o semicálido, con lluvias en verano, con una precipitación media anual que oscila entre los 600 y 700 mm. Tiene su máxima incidencia en el mes agosto con 160 mm y la mínima en el mes de marzo con índice menor a 10 mm. Hay una temperatura media anual entre 18° C y 22° C con su máxima temperatura en verano de 36.4° C y la mínima en el invierno de 8° C. En cuanto a otros fenómenos atmosféricos la humedad relativa es de 50 a 55%, promedio de horas frío de 400 a 600 horas, de 2600 a 3000 horas de insolación anual y con un promedio de 20 días en los cuales se pueden presentar tempestades eléctricas (García y Vidal, 1992).

Las condiciones anteriormente mencionadas favorecieron que en el municipio existiera vegetación clasificada como bosque caducifolio con alturas de 4 a 13 metros, además, especies forrajeras como la navajita, zacatón, mezquite, pata de gallo, popotillo plateado, huizaches y nopales.

Actualmente, como resultado del aprovechamiento de estas plantas silvestres, algunas áreas ya sufrieron modificaciones donde ahora sólo predomina la vegetación arbustiva, en la cual suele pastar el ganado. En el caso del mezquite se utilizó como material de construcción y como combustible, por lo que desapareció de amplias extensiones. Otros elementos que contribuyeron a la

disminución de la vegetación fue el crecimiento de la población y sobre todo el auge de la agricultura (principalmente de riego) en casi todo el municipio, originando que los espacios con vegetación natural se eliminaran, para después darles la preparación adecuada para sembrar, principalmente hortalizas y cereales.

En la ciudad, el mezquital (*Prosopis laevigata*), es lo que se supone fue la vegetación dominante en épocas pasadas relacionada con las llanuras de aluviones profundos en donde los estratos de vegetación se encontraban de la siguiente manera (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Estratos de vegetación

Estrato	Vegetación predominante
Superior	Mezquite y casahuate
Medio	Nopal, mezquite, granjeno y huizache
Inferior	Pastizal halófilo

Fuente: INEGI/SPP, 1980.

Actualmente en la ciudad sólo existe vegetación secundaria, que se refiere a comunidades naturales de plantas que se establecen como consecuencia de la destrucción total o parcial de la vegetación primaria (antes mencionada) realizada por el hombre o por sus animales domésticos.

Esta vegetación se compone por plantas arvenses (ligadas a los cultivos) y ruderales (propias de los poblados y vías de comunicación). Estas malezas son especies adaptadas a las condiciones antrópicas, ya que el aumento de población y el progreso de la civilización son factores que influyen en la evolución y expansión de la maleza. Además, estas plantas fluctúan de un año a otro, no

presentan la misma regularidad florística y estructural que se observan en muchos tipos de asociaciones vegetales naturales (Rzedowski, 1978).

Hidrográficamente, el área de Celaya queda comprendida en la subcuenca del Río la Laja, afluente del Lerma, que nace en los municipios de Ocampo y San Felipe, y tras de cruzar los de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende, donde almacena sus aguas en la presa Ignacio Allende, surca el municipio de Comonfort para penetrar por el norte de Celaya, pasando aproximadamente a 5 Km. de la ciudad para unirse al Río Lerma en el municipio de Salamanca. Este río sirvió y sigue sirviendo como fuente para la agricultura de riego. La diferencia que existe es que anteriormente se sacaba un pequeño cauce de agua limpia para regar y ahora sirve como conductor de la disposición final de las aguas negras recolectadas en la ciudad y de ahí se conducen por medio de canales a cielo abierto para destinarse a uso de riego agrícola, sin ningún tratamiento previo a este uso. Los canales a cielo abierto que reciben y conducen las aguas negras a las zonas de siembra, cruzan el área urbana, impactando en la contaminación del medio.

Además, es importante mencionar que al norte de la ciudad existe el distrito de riego número 85 llamado "La Begoña", que recibe el agua procedente de la presa Ignacio Allende. Este distrito tiene a su cargo 10724 hectáreas de las que 8950 corresponden al municipio de Celaya; 6905 ejidales y 2045 de pequeña propiedad. Además, según SEDUE (1988) en el municipio de Celaya existen 2000 pozos que son para uso del distrito de riego 85.

Según información de la Comisión Nacional del Agua (1991), las aguas subterráneas son la fuente de abastecimiento con que cuenta la ciudad para satisfacer sus demandas de agua potable, mediante la perforación de pozos. Este acuífero está compuesto por depósitos de cantos, gravas, arenas, limos y arcillas lacustres. Presenta una extensión aproximada del 70% del municipio de Celaya. El espesor que se reporta de esta unidad es de aproximadamente entre los 60 hasta los 280 metros, presenta buena permeabilidad y en algunos casos depende del contenido de arcilla, el cual constituye un verdadero manto acuífero. Su recarga ocurre por la filtración de agua proveniente de la precipitación pluvial en los depósitos aluviales que cubren la ciudad, así como por el flujo que proviene de las partes altas, donde existen rocas basálticas, riolitas, tobas, etc. y por el agua que se filtra del río La Laja. En un momento dado, este acuífero presentó condiciones favorables al explotarse en forma intensiva, pero actualmente, debido a la sobreexplotación que se lleva a cabo se ha generado una extensa depresión del nivel freático, que se refleja en hundimientos, fracturas y fallas en la ciudad (CNA, 1991).

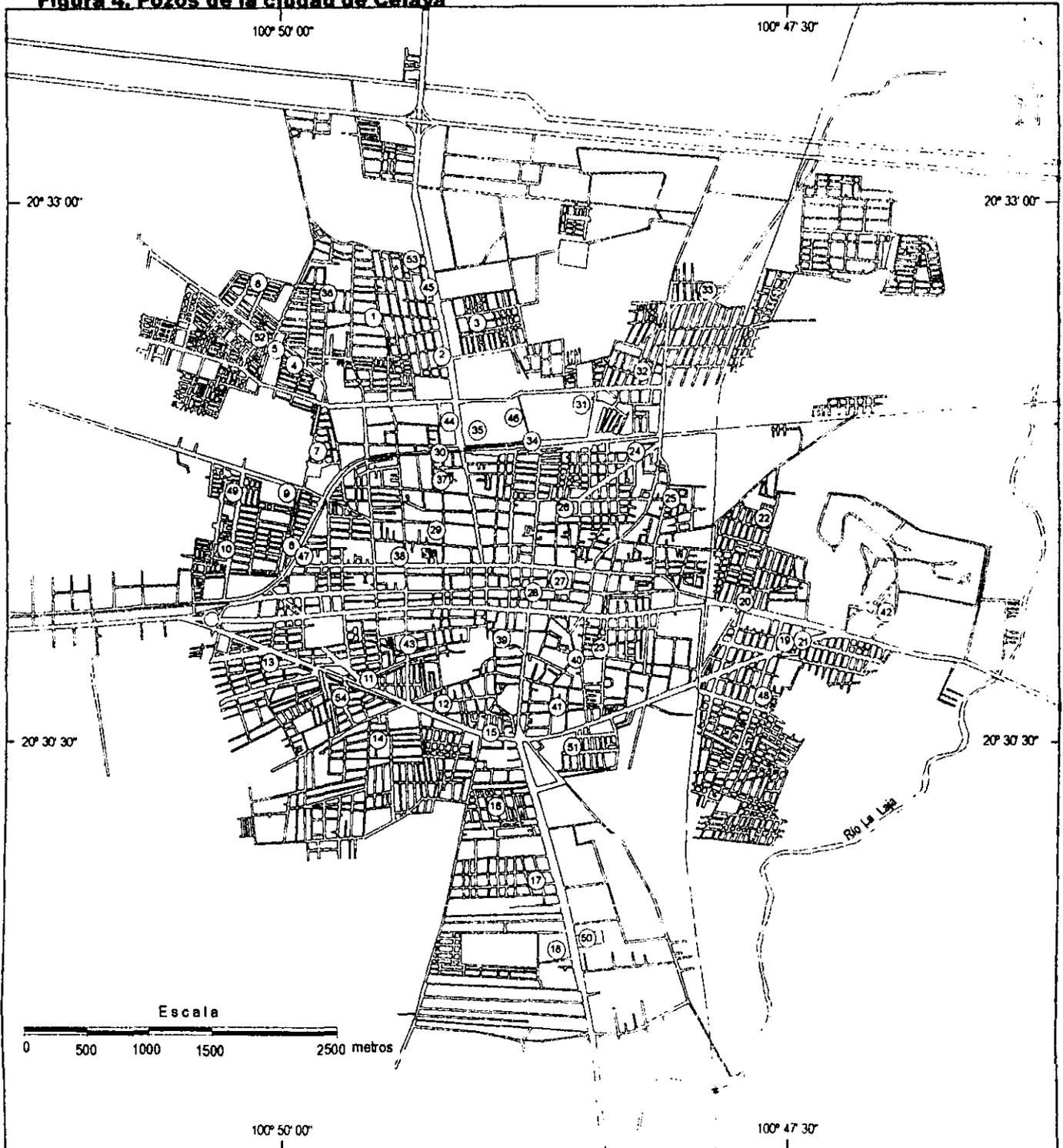
Desde el período prerevolucionario los ayuntamientos de la ciudad han hecho frente a los requerimientos de agua mediante la perforación sucesiva de pozos, cada vez más profundos, y los acuíferos han respondido a esta demanda. En 1985 la red de agua potable cubría el 95% de la población, con un total de 45162 tomas domiciliarias. Desde 1988 existen 98 pozos perforados en la mancha urbana y en la periferia de la ciudad. De las cifras anteriores, la Junta Municipal de Agua Potable (JUMAPA) solamente opera 54 pozos, siendo que los 44 restantes

los manejan particulares, debido a que la mayoría están localizados en fraccionamientos de nueva creación y no han sido entregados a JUMAPA. Tales son los casos de las unidades habitacionales del Fovissste, Panamericana, Raquet Club, etc. Los pozos particulares tienen las mismas características que los públicos, con la diferencia de que los privados, tienen su propio sistema interno de distribución de agua. Según la SEDUE existe otro gran porcentaje de los pozos que no maneja JUMAPA, destinados a uso industrial, pero lamentablemente no reportan la cifra (SEDUE, 1988) (ver figura 4).

Como se analiza, además de extraer agua para uso doméstico, comercial e industrial existen 2,000 pozos que son utilizados para proporcionar agua para riego agrícola, provocando que el manto acuífero marque niveles considerables de descenso.

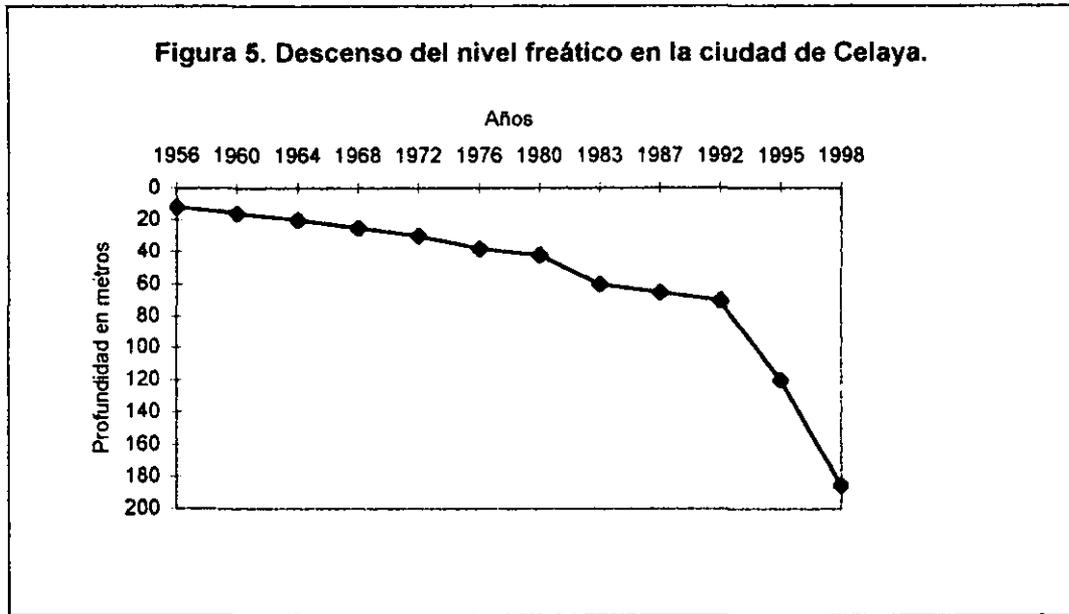
Según la CNA, menciona que en 1956 el nivel freático se encontraba a sólo 12 m de profundidad, en 1992 se encontraba a 70 m de profundidad y actualmente las fuentes que abastecen a la ciudad son extraídas de pozos que van de los 80 m hasta los 200 m de profundidad, localizados en la mancha urbana y fuera de ella en terrenos propiedad del municipio (ver figura 5).

Figura 4. Pozos de la ciudad de Celaya



No	Nombre del pozo	No	Nombre del pozo	No	Nombre del pozo	No	Nombre del pozo	No	Nombre del pozo
1	San Antonio	13	Ejidal	25	El Zapote	37	Leandro Valle	49	Grasdes 2
2	Valle Hermoso	14	San Nicolas de Parra 2	26	Alameda	38	Escuela Preparatoria	50	Panteon Sur
3	Foviste	15	Emeteria Valencia	27	Independencia	39	Inspección de policia	51	Santa Barbara
4	Laurales 2a Sección	16	Las Flores	28	Jardin San Agustín	40	Resurrección	52	San Juanco 2
5	San Juanco 1	17	Santa Maria	29	Santiaguito	41	Mercado el Dorado	53	Unda Vista
6	Lalinoamencana	18	Rancho Seco	30	Libano Crespo	42	Campestro	54	Arboledas 2
7	Los Laurales	19	Jardines de Celaya 1	31	Bosques de la Alameda	43	Hospital		
8	Santa Anita	20	Insurgentes 1	32	Benito Juárez	44	Panteon Norte		
9	Zona de Oro 1	21	Tresguerras	33	Monte de Camargo	45	Valle Hermoso		
10	Gracias 1	22	Insurgentes 2	34	Silverio Ramos	46	Vivero		
11	Arboledas 1	23	Anitorio Plaza	36	Unidad Deportiva	47	Las Fuentes		
12	Nicolas de Parra 1	24	Los Veinte	38	Zona de Oro 2	48	Jardines de Celaya 2		

Fuente: SEDUE 1988 y CNA 1996.
 Construyó: Rosa María Vargas Venhumea



Fuente: CNA y JUMAPA (comunicación personal con Juan Soto).

Esta figura muestra que el nivel freático ha sufrido un gran descenso debido a que la población creció desmesuradamente y las autoridades correspondientes no pusieron atención al abastecimiento de agua, por lo que hay que emprender acciones rápidas para restringir la extracción del agua o buscar fuentes alternas para satisfacer las demandas de la población.

Sin embargo, el municipio se ha encargado de efectuar ampliaciones paulatinas en la red de distribución, siguiendo un criterio de satisfacción inmediata, más que a un plan preconcebido y calculado. El abatimiento de los niveles del área ha traído como consecuencias el abandono de norias y pozos someros, disminución de caudales extraídos, declaración de veda rígida a la explotación de aguas subterráneas (pero que sólo se lleva a cabo por algunas noches) y recientemente la subsidencia de terrenos, que además contribuye al rompimiento

de tubos de drenaje permitiendo la filtración de aguas negras al subsuelo, por lo que algunos pozos presentan ya problemas de contaminación (SEDUE, 1988).

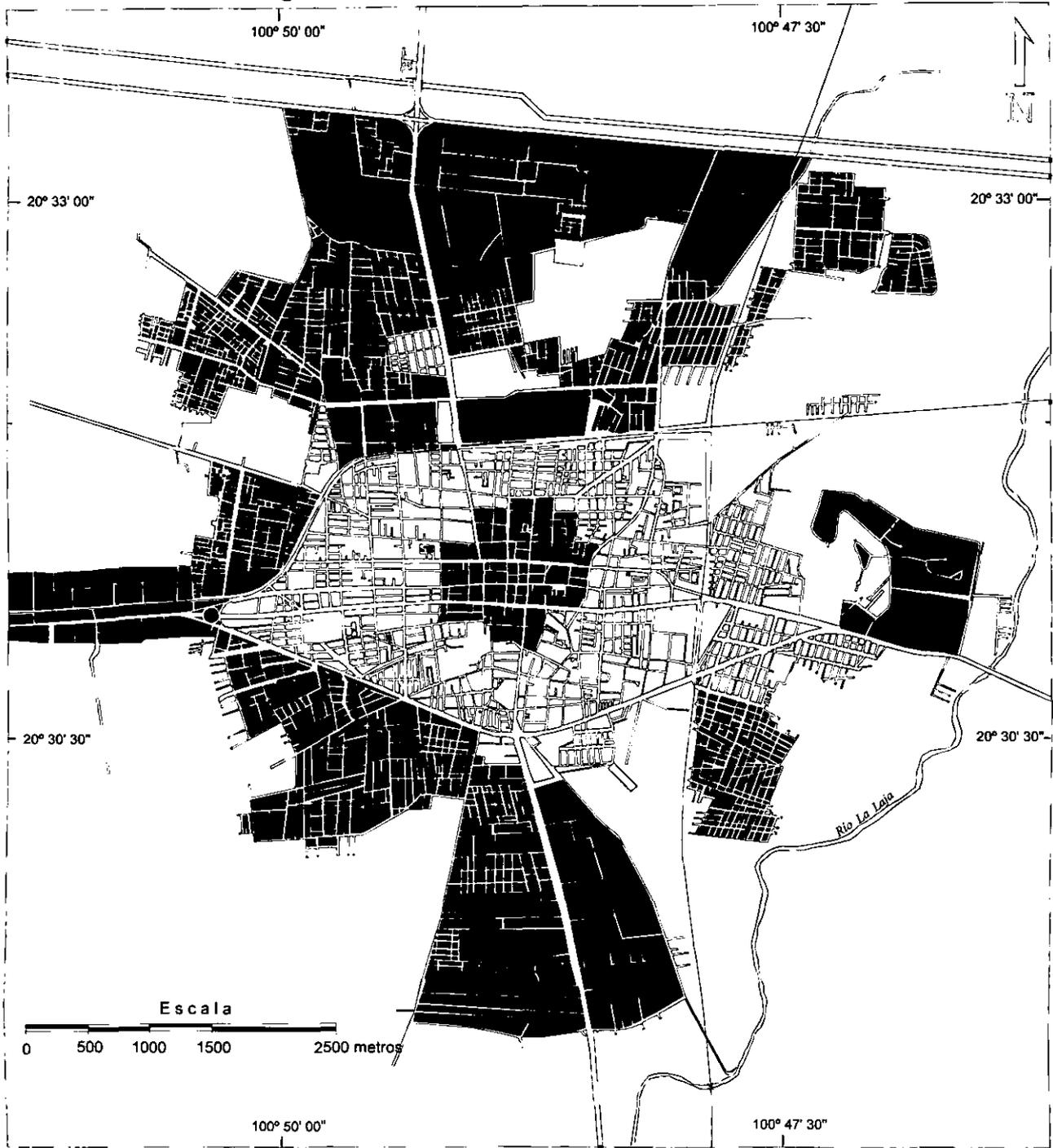
Pero según las autoridades, por falta de recursos económicos no se ha podido enfrentar las necesidades de captación, conducción, regularización, carga y desinfección. No hay planta de tratamiento, ni la obra necesaria para alejar las aguas residuales de la zona urbana.

Para solucionar las deficiencias de recolección, desagüe y tratamiento de aguas residuales de la población actual y futura de Celaya, es necesario contar con los estudios y proyectos que permitan tener pleno conocimiento de las instalaciones existentes, sus condiciones de funcionamiento y estado de conservación, para elegir aquellas que cumplan las condiciones requeridas para una mejor alternativa.

ÁMBITO SOCIO-ECONÓMICO

A partir de 1950 a la fecha, Celaya ha sido una de las localidades más pobladas del municipio, debido a la migración de población rural hacia la zona urbana, por ejemplo, en 1950 concentraba el 36% de la población total del municipio, en 1960 el 37%, en 1970 el 35%, en 1980 el 39%, en 1990 el 41%, y en 1995 el 48 %. La ciudad, más que otras localidades, ha ocupado y sigue ocupando un porcentaje poblacional importante con respecto al total municipal (ver figura 6 y 7).

Figura 6. Crecimiento de la ciudad de Celaya 1869-1998.



Crecimiento de la ciudad de Celaya



1869



1980



1998



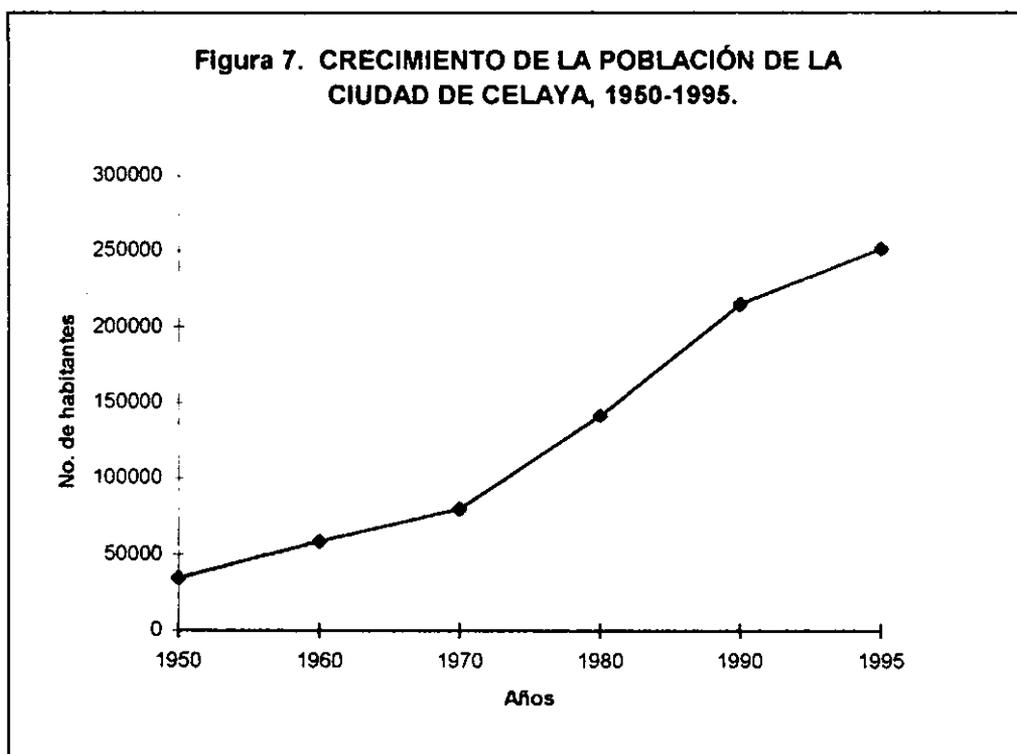
1970



1996

Fuente: Pérez (1969), CETENAL (1972), H. Ayuntamiento de Celaya (1980), Guía Rojí (1996) e INFOTUR (1998).

Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea



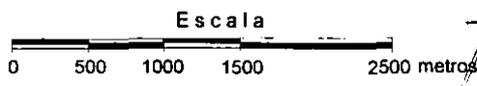
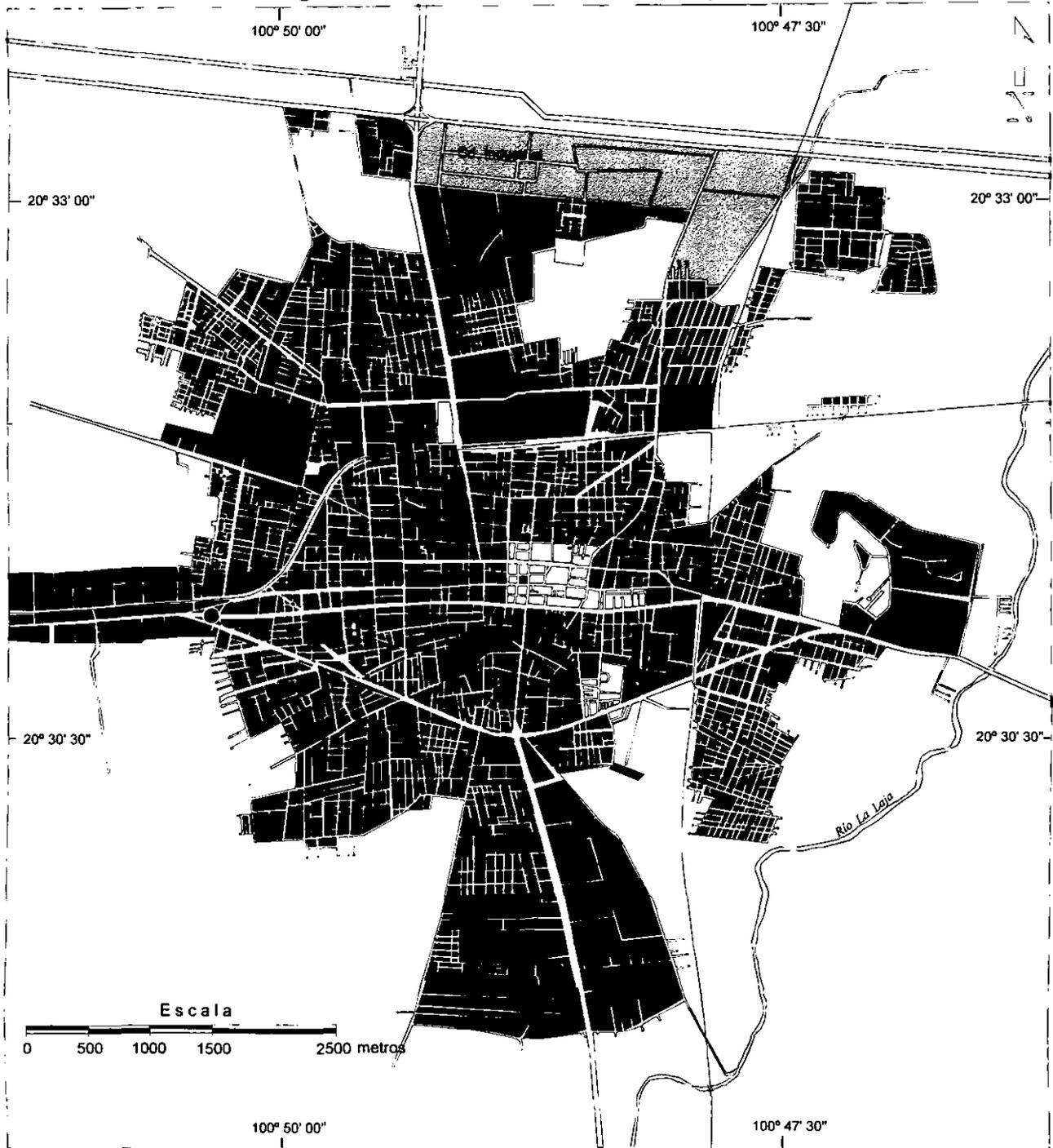
Fuente: INEGI

Como consecuencia del crecimiento poblacional se ha originado una serie de necesidades y problemas que muchas veces el municipio no logra satisfacer o resolver. Dentro de las necesidades, la población requiere de más espacio para vivir, solicita de más servicios públicos (agua, electricidad, drenaje, etc.), faltan fuentes de empleo y algo muy importante, la población solicita ayuda para resolver o mitigar los efectos de la subsidencia en sus construcciones. Los problemas que se generan son: escasez de agua potable y alcantarillado, contaminación de suelo, aire y agua, abatimiento de los mantos acuíferos que a su vez acelera el fenómeno de la subsidencia, disminución de suelo agrícola, además de otros como el robo, la drogadicción y la prostitución.

En el caso de la población ya establecida se observa una desigualdad económica, manifestada entre otros aspectos en el tipo de vivienda que ocupan. Según la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) 1988 y la Dirección General de Infraestructura Urbana de 1995, se establece una zonificación de la vivienda. Pero, para tener una visión más completa en un mapa de uso de suelo la información de vivienda se complementa con otro tipo de construcciones o de uso de suelo, dicha información fue recabada durante el trabajo de campo y en la oficina de Catastro municipal (ver figura 8).

Zona de vivienda popular. Se refiere a la zona en donde las casas están construidas con materiales de desecho, sin servicios, las habitan familias extensas (nuclear más parientes) y se distribuyen de manera desordenada sobre una red vial discontinua. Son los asentamientos humanos desarrollados por la población que no cuenta con el capital económico necesario para adquirir una vivienda en el mercado formal. La mayoría de ellas son asentamientos creados en terrenos periféricos de la ciudad, donde la topografía o el suelo no son aptos para su desarrollo. Presentan tenencia ilegal o irregular del suelo, debido a que los habitantes no cuentan con ningún documento que los avale como propietarios del mismo (Verdejo,1998). Aquí se identifican los barrios o colonias como: Las Insurgentes, Las Flores, Valle Hermoso, Jacarandas, San Miguel, San Antonio, Santiaguito, Ampliación Emiliano Zapata, El Zapote, La Resurrección, San Juan Bautista, Tierras Negras, Juan de Dios, Santo Cristo, Tierra Blanca, Rancho Seco, Santa Teresita, Cuahatemoc, entre otras. Representan cerca del 29% en el total de la zona urbana.

Figura 8. Uso del suelo de la ciudad de Celaya, 1998.



Clasificación del uso del suelo

- | | | | | | |
|---|------------------|---|-------------------------------|--|---------------------------|
|  | Zona popular |  | Zona comercial y de servicios |  | Terrenos sin uso aparente |
|  | Zona media |  | Zona industrial |  | Areas verdes |
|  | Zona residencial | | | | |

Fuente: SEDUE, 1988 y verificación en campo, 1998.
 Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea

Zona de vivienda media. En esta área las viviendas están hechas en su gran mayoría con material permanente, con el apoyo en créditos de interés social, tienen algunas deficiencias en los servicios municipales, tenencia de la tierra en proceso de regularización, las habitan familias extensas (nucleares más parientes), son departamentos o locales situados en uno o varios edificios o casás ubicadas dentro de un mismo terreno, que se han construido dentro de un conjunto habitacional y que pertenecen a diferentes dueños. En estos edificios o unidades, cada condómino tiene un derecho exclusivo sobre su departamento o casa, pero en áreas comunes (escaleras, pasillos, azoteas, fachadas, calle de acceso, etc.) comparte propiedad con el resto de los habitantes (Verdejo,1998). Dicha zona ocupa el 37% incluye principalmente las colonias y fraccionamientos como Jardines de Celaya 1^{era} sección, Las Fuentes, Los Ángeles, El Olivar Residencial, Los Laureles, Santa Anita, Villa de los Reyes, FOVISSSTE, Los Girasoles, Villas del Rocío, Emeteria Valencia, Rosalinda, Aztecas, Fracc. Latino Americano, Conjunto habitacional el Parque, Fracc. Eduardo Tresguerras, Los Pinos, San Juanico primera y segunda sección.

Zona de vivienda residencial. Está ocupada por aquellas casas que fueron construidas con materiales sólidos a base de tabique en muros, losas de concreto, los pisos son con base de cemento o loseta; cuentan con todos los elementos de la infraestructura urbana (agua potable, drenaje, pavimentación y electricidad); su calidad en general es muy buena, pero requiere de mantenimiento para su conservación. Está dotada de equipamiento urbano (comercio, salud, recreación, etc.), tenencia de la tierra regularizada y las habitan familias más pequeñas (la

mayoría son nucleares) (Verdejo, 1998). Integrada por colonias como: La Alameda, Renacimiento, Jardines de Celaya segunda sección, Las Arboledas, Santa Bárbara, Madero, Liberación primera y segunda sección, Villas del Paraíso, entre otras. Este tipo de colonias agrupan el 23% de la zona habitacional urbana.

Zona comercial y de servicios. Ocupa el 11%, está integrada por el Centro Histórico y las construcciones dedicadas a actividades comerciales y de servicios que han venido desplazando a la vivienda. Las residencias que aún perduran, están sujetas a presiones de deterioro y se transforman en receptáculo de negociaciones de servicios y oficinas; los límites de la zona central abarcan de la calle 5 de Mayo al Boulevard López Mateos, entre Juárez y Parque Morelos, con el Boulevard entre Rayón y Ayutla.

Zona Industrial. Es la unidad económica delimitada por construcciones e instalaciones fijas, para realizar principalmente actividades de transformación, elaboración, ensamble y procesamiento de uno o varios productos. Estos centros motrices para el desarrollo industrial, se ubican al norte (ciudad industrial), oeste y sur de Celaya (INEGI, 1995).

Terrenos sin uso aparente. Son espacios o zonas que no manifiestan ningún uso, por ejemplo baldíos.

Áreas verdes. Se refiere a los espacios dedicados a la recreación de la población y al mantenimiento de zonas con vegetación.

En este caso, los diferentes tipos de uso del suelo representan al ecosistema afectable que es vulnerable al fenómeno de la subsidencia, donde en algunos casos, sus ocupantes pueden restablecerse de los efectos negativos, algunos tienen una posibilidad económica mejor y pueden reconstruir periódicamente el ecosistema o deciden retirarse para comprar en un lugar más adecuado, mientras que otros no pueden hacer nada por las carencias económicas que presentan, y por tanto, tienen que seguir viviendo en peligro.

Las principales actividades económicas que desarrolla la población de la ciudad son primordialmente terciarias con 63%, le siguen las del sector secundario con el 29% y, por último, el 5.5% a las actividades primarias, la población restante corresponde a los desocupados con el 2.5% (INEGI, 1992).

En cuanto a las actividades primarias, la ciudad en tiempos pasados tuvo posibilidades para la agricultura de riego y temporal, ya que contaba con llanuras amplias apropiadas para el cultivo, dispuestas a reeditar en cosechas y, sobre todo, había agua para regar. Pero, actualmente la agricultura sólo se practica en la periferia de la ciudad, ya que las zonas que anteriormente eran agrícolas ahora son sustituidas por construcciones y el agua ha escaseado, debido a la sobreexplotación. Los cultivos que se encuentran en la periferia de la ciudad cuentan con riego que proporcionan los pozos profundos y, en menor medida, dependen también de los niveles de almacenamiento que alcancen los vasos de captación del distrito de riego 85 de "La Begoña". En el mejoramiento de las

técnicas de cultivo ha tenido una intervención decisiva el Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío (CIAB).

En las actividades agrícolas que se desarrollan en los alrededores destaca la producción de alfalfa, cebolla, frijol, jitomate, maíz, sorgo, trigo y legumbres. Entre los cultivos que abarcan mayor superficie está la alfalfa, cubriendo las necesidades forrajeras de la ganadería local y los excedentes se venden al estado de Jalisco, Querétaro y en otras regiones de Guanajuato. Los cultivos de apoyo a la ganadería son la avena forrajera, el sorgo y el maíz forrajero.

En cuanto a las hortalizas, predominan los cultivos de jitomate y zanahoria. Pero también el frijol y el garbanzo son importantes y los puntos de venta se encuentran en la ciudad de México y otras concentraciones urbanas como Guadalajara, Jal. y León, Guanajuato.

El cultivo del ajo, la cebolla, el broccoli y la calabaza no reviste especial importancia por lo que se refiere a la extensión del terreno que ocupan, pero sí por el valor de la producción y por la divisas que genera, ya que la mayor producción de estos cultivos surten las industrias empacadoras de alimentos que se han instalado en el corredor industrial de Celaya, de donde muchos de los productos se exportan a Estados Unidos (Shapiro, 1988).

No hay que olvidar que la agricultura de riego tiene su parte positiva y negativa. La primera porque como actividad genera empleo e ingresos para la población, contribuyendo al desarrollo de la ciudad, pero la negativa (en este caso

debido a la escasez de agua) es porque requiere de grandes cantidades de agua subterránea, lo cual influye en el hundimiento de la ciudad y la contaminación de suelo y agua, por la gran cantidad de fertilizantes que son utilizados.

Por otra parte, en el municipio es importante la cría de vacunos, caprinos, ovinos y aves. En apoyo a esta actividad funciona una red de agroindustrias, que van desde la siembra de especies forrajeras y gramíneas, hasta las industrializadoras de carne.

Según Shapiro (1988), una alta proporción de la leche de vaca y de la totalidad de leche de cabra que se produce en el municipio es adquirida por la industria cajetera, ya sea en grandes plantas industriales o en pequeños talleres caseros.

Por otro lado, la cría de aves en la última década, ha tenido un alto crecimiento, por lo que hay algunas de las granjas avícolas (aves de postura y pollos de engorda) más modernas y productivas de la República. Por esto, la avicultura juega un papel importante en la economía de Celaya y representa una fuente de abasto para todo el centro del país.

La ganadería forma parte del impulso económico, pero en el caso de la avicultura se queman las plumas y vísceras a la intemperie generando olores fétidos en la ciudad.

Dentro de las actividades secundarias, la industrial (principalmente agroindustrias) da renombre a esta ciudad, ya que desde el siglo XIX ha destacado

a nivel nacional. Las primeras empresas en establecerse fueron de las familias que elaboraban la tradicional cajeta y dulces de leche. Posteriormente, se fueron estableciendo las harineras. Desde aquella época se tenían grandes bodegas para almacenar importantes cantidades de granos en general; por eso se denominó a esta región el granero de México. En 1831 se expidió un reglamento para estimular la instalación de fábricas de hilados, tejidos y papel; que facilitó la construcción de fábricas de hilados y tejidos durante el período de Lucas Alamán, industria que alcanzó gran auge a finales de ese siglo. Además, se creó la primera planta con maquinaria importada de Inglaterra y a partir de 1940 se inició la expansión industrial, desarrollándose la industria de manufacturas, especialmente de electrodomésticos y refacciones de automóviles.

A finales de los sesenta y principios de los setenta, con la puesta en marcha del distrito de riego número 85 "La Begoña", con una red de vías de comunicación muy extensa, el gobierno del Estado creó las condiciones atractivas para el establecimiento de empresas agroindustriales a través de incentivos fiscales y de toda una infraestructura de apoyo necesaria para su desarrollo. Es cuando las empresas transnacionales y nacionales se empiezan a establecer en la zona, introduciendo nueva tecnología, insumos, semillas, controlando el procesamiento de la materia prima, la comercialización y la distribución de los productos alimenticios (Shapiro, 1988).

En 1980, para contribuir más al desarrollo de la industria, Celaya cuenta con la planta termoeléctrica de Salamanca, ya que por parte de las autoridades

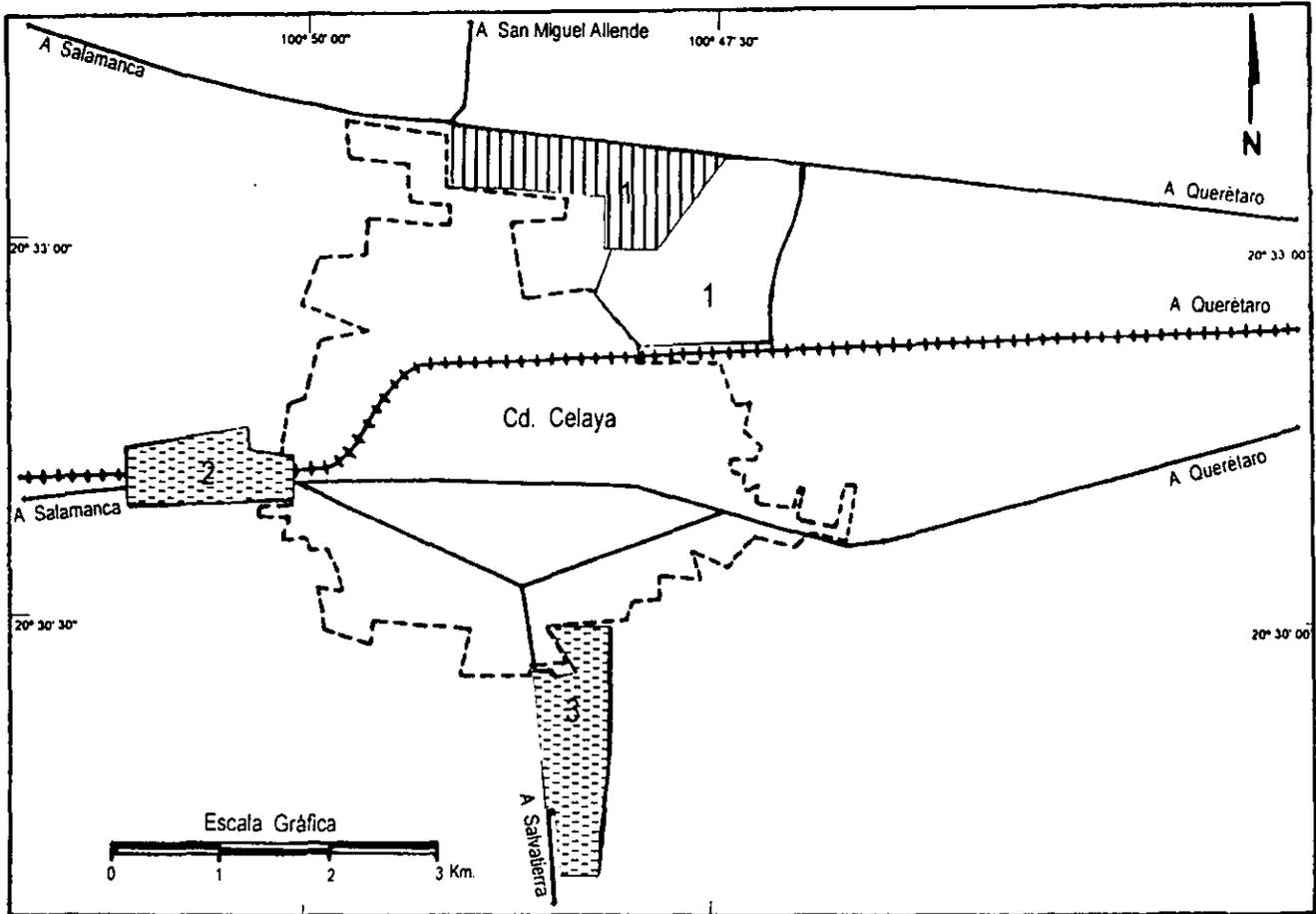
municipales y de la iniciativa privada, se gestiona la construcción de un ramal de gasoducto con el fin de que la industria disponga de los energéticos suficientes para su expansión.

Debido al auge industrial, el 22 de enero de 1986, por decreto presidencial, el municipio de Celaya fue considerado como municipio de "máxima prioridad Nacional" y la ciudad como centro de desarrollo industrial. Para lo cual en 1988 se proponen 3 zonas industriales formales: zona Norte (Ciudad Industrial), zona Oeste (entre Erna y PEMEX) y zona Sur (entre Celanese Mexicana y el Panteón Sur)(ver figura 9).

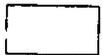
En 1993, según el Directorio Nacional de Localización Industrial, en la ciudad se tenía alrededor de 61 industrias y en 1996 contaba con 103, de las cuales, 90 están en operación y 13 en construcción.

La mayor parte de los establecimientos se ubicaron cerca de la vías de ferrocarril, de las principales carreteras y de los campos productores de materias primas (agroindustrias). Con el paso del tiempo, se fue creando un corredor industrial que parte de la ciudad de Querétaro, Qro. y llega hasta la ciudad de León en Guanajuato, a lo largo de la carretera Panamericana. El mayor porcentaje de empresas agroindustriales que se sitúan en el área son filiales de transnacionales (participan con el 80 o 90% de capital extranjero) cuya matriz se encuentra en los Estados Unidos y Europa, hacia donde se dirigen las utilidades. Los productos para exportación son las fresas, espárragos, ajo, bróccoli, jitomate, cebolla, jícama y algunos frutales como el durazno. Todos éstos se exportan frescos o congelados

Figura 9. Distribución y desarrollo industrial de la ciudad de Celaya.



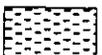
Tipos de zona industrial



Desarrollo industrial fuera de zonas de uso



Desarrollo industrial dentro de zonas de uso



Crecimiento industrial según planes de desarrollo



Vialidad principal



Vía férrea



Mancha urbana

Zonas industriales

1 Norte (ciudad industrial)

2 Oeste (entre Erna y Pemex)

3 Sur (entre Celanese y panteón sur)

Fuente: NAFIN y SECOFI, 1993.
Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea

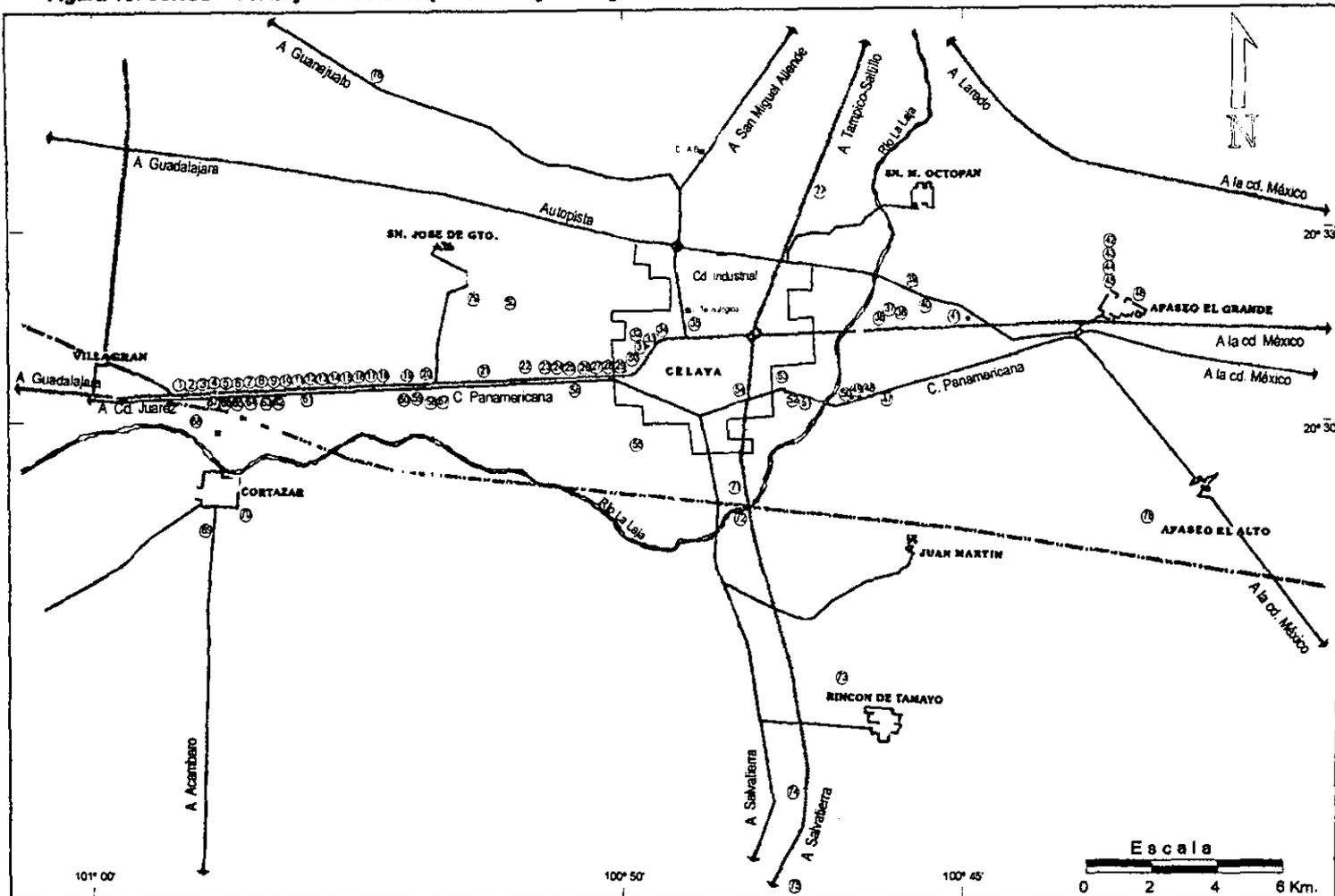
en diversas presentaciones y, en algunos casos, bajo otras marcas distintas a las de la empresa. En esta investigación sólo se muestra el sector del corredor industrial próximo a Celaya, para de alguna manera ejemplificar la distribución territorial de la industria (ver figura 10).

La influencia que ejercen las agroindustrias en la planeación de los cultivos es definitiva porque debido a este factor se ha gestado un cambio de una agricultura tradicional y rudimentaria a una agricultura completamente tecnificada y modernizada. Además, en general, las industrias que se ubicaron en la ciudad y alrededores, son fuentes potenciales de contaminación por aporte de grandes cantidades de desechos industriales (orgánicos e inorgánicos) por lo que actualmente este corredor industrial enfrenta el problema de cómo confinar los desechos.

Sin embargo, no hay que olvidar que por las buenas comunicaciones, la mano de obra eficiente y la disponibilidad de energéticos, Celaya ha sido considerada como un punto estratégico para el establecimiento de nuevas industrias que van a requerir de grandes cantidades de agua, contribuyendo aún más al hundimiento de la ciudad y terrenos aledaños. Se debe considerar esta situación para que de alguna manera se instalen plantas de tratamiento para reusar el agua.

Como ya se mencionó al principio de este apartado, en la ciudad la población se dedica más a las actividades terciarias: comercio, turismo y transporte. Destaca el comercio, debido a que Celaya ha sido y sigue siendo un

Figura 10. Corredor del Bajío. Sección: Apaseo-Celaya-Villagran



No.	Industria	No.	Industria	No.	Industria	No.	Industria
1	Nacional de harnas	23	Pemsa	45	Deshidratadora de Apaseo	67	Cobracel, S.A. de C.V.
2	Export San Antonio	24	Agencia Pemex	46	Industrial Vidra de Apaseo	68	Agroindustrial Organica
3	Campal' e de México	25	Bechoco	47	Implementos Agrícolas Ruiz	69	Polieleno Guanequense, S.A
4	Empacadora Grial Agrícola del Bajío	26	Aranca	48	Dayser	70	Le Gratiya del Centro, S.A
5	DOBESA	27	Industrias Metálicas Monterrey, S.A. de C.V.	49	Laminadora B Poniente	71	Avonove
6	Ferro Mexicana	28	Carrocerías Urvera	50	Tubos Rom, S.A.	72	Celanese Mexicana
7	Refinería Cobrimex, S.A.	29	Implementos para amonaco	51	Embotelladores de Celaya, S.A.	73	Tinturadora
8	DIPASA	30	Bebidas purificadas del centro, S.A.	52	Coralmex	74	Grupo Industrial Seely
9	Melquim	31	Herrneta Euzkero	53	Masta	75	Siderurgica
10	Especialidades Químicas, S.A.	32	Akerre	54	Termoeléctrica	76	Ingersoll-Rand
11	Ferlimex	33	Embesa	55	Hielo Crystal, S.A. de C.V.	77	Senosan
12	Productora Nacional de semillas	34	Perilmex	56	Codocel, S.A. de C.V.	78	Bird's Eye
13	Conicon, S.A. de C.V.	35	La Hacienda	57	Industrias Mexocenas, S.A. de C.V.	79	Rosmey
14	Empacadora El Rancho, S.A.	36	Acratoc, S.A.	58	Valcon, S.A.	80	Cartonera
15	Anderson Clayton, S.A.	37	Polvim, S.A.	59	Ferrobiztan		
16	Agroprocesos Probaño, S.A. de C.V.	38	Covemex, S.A.	60	Fupresa		
17	Transquímica, S.A.	39	Alcosa	61	Industrial de autopartes de Celaya, S.A. de C.V.		
18	Semillas Berentsen, S.A.	40	Vistar Moulinex	62	Agua Purificada El Carmen, S.A. de C.V.		
19	Cedihasa	41	Proteínas y aceites del Bajío	63	Manufacturadora de postes y berrajes, S.A. de C.V.		
20	Química Lunaca	42	Cartonera, Glo.	64	Cartonera Imperial		
21	Bechoco	43	Planta Cromadora	65	Frigoríficos del Bajío S.A. de C.V.		
22	Ema	44	Conduvex, S.A.	66	Pañeta Especializada		

Fuente: CANACINTRA, 1993.
Elaboró: Rosa María Vargas Venhúmea

centro de gran fuerza, que atrae a compradores de diversos puntos de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro.

En la actividad comercial, Celaya cumple funciones a nivel local y regional distribuyendo productos agrícolas, pecuarios y derivados de la industria, enlazando comercialmente el norte del estado de Guanajuato, la Ciudad de México y otros estados del centro del país.

Cabe mencionar que un elemento importante para el impulso del comercio (como para la industria) son las vías de comunicación, por lo que Celaya cuenta con excelentes comunicaciones terrestres. Uno es la autopista que comunica con la Ciudad de México, Querétaro, Salamanca, Irapuato, Apaseo el Grande, León y Guanajuato (BANAMEX, 1980).

También se encuentra enlazada por la carretera Panamericana que cruza la ciudad, y por una amplia red de caminos vecinales. Por lo que a ferrocarril se refiere, la ciudad quedó unida con la capital del país, por medio de las líneas ferroviarias México-Guadalajara y México-Ciudad Juárez. Por otro lado el transporte aéreo, a 14.5 km. del centro de la ciudad se encuentra el aeropuerto local o aeropista. Todo estos medios han facilitado el transporte de personas, materias primas y productos elaborados.

Por su función de enlace con las poblaciones del norte y centro del país, Celaya es sede de uno de los centros telefónicos más importantes de México, además, cuenta con telégrafos, correos y radiodifusoras.

Toda la panorámica física, social y económica que muestra Celaya ha conseguido que sea un polo de atracción para el turismo. Pero aunque en la actualidad el turismo no representa una actividad de importancia, como otras lo son en la economía del municipio, cuenta con una amplia demanda hotelera que obliga a la ampliación de sus instalaciones. Actualmente hay 23 hoteles, logrando que sus índices de operación registren notables y progresivos aumentos.

Sin embargo, el turismo que ha comenzado a desarrollarse, puede ser una fuerza que dé nuevo vigor a la economía del municipio, ya que en la misma ciudad y en los alrededores existen atractivos de distinto tipo por ejemplo, lugares de belleza natural, balnearios y sobre todo, joyas arquitectónicas como el templo y convento de San Francisco, templo del Carmen, claustro Agustino, templo de San Agustín, templo de la Tercera Orden, la torre hidráulica, casa del diezmo, presidencia municipal, plaza de armas, mausoleo de Tresguerras, entre otros que representan un potencial para el futuro desarrollo de esta actividad.

CAPÍTULO III

LA SUBSIDENCIA Y SU PROBLEMÁTICA EN LA CIUDAD DE CELAYA, GUANAJUATO.

LA SUBSIDENCIA COMO FENÓMENO

Autores como Bell (1988) y Murck et al. (1997), mencionan que la *subsistencia* es el hundimiento o colapso diferencial de una porción de la superficie terrestre debido principalmente a la extracción de fluidos.

La subsistencia, a diferencia de otros procesos, es un movimiento que no requiere de agua o hielo como medio de transporte puesto que esta inducido por la gravedad. Sin embargo, el agua facilita el hundimiento de la tierra de diversas maneras y usualmente juega un papel importante en dicho proceso.

Otra característica a considerar es que este fenómeno está controlado por las propiedades físicas de las rocas y sedimentos del subsuelo y no está en función de la inestabilidad de vertientes, además, cuando sucede el hundimiento tiene dos movimientos, uno vertical y otro horizontal (éste, más pequeño que el vertical) y la magnitud puede ser local o regional.

Existen dos grandes grupos de subsistencia, uno es el relacionado con la explotación de fluidos como agua, petróleo, gas natural y salmueras, entre otros.

Este tipo se origina como una consecuencia de las actividades humanas.

La otra categoría de subsidencia es la de procesos internos o endógenos donde se incluyen plegamientos o fallamientos por procesos tectónicos y movimiento de placas. Por ejemplo, las áreas costeras (sobre todo en deltas), son susceptibles a la subsidencia gradual. En este caso hay hundimiento de la corteza, pero a su vez hay compensación por la entrada de sedimentos que acarrear los ríos, pero si se represa el río o se encauza, entonces la cantidad de sedimentación disminuye notablemente por tanto la subsidencia es más visible.

De los tipos antes mencionados, el que interesa para este caso es la subsidencia asociada con la extracción de agua subterránea.

Bell (1988) menciona que el 90% de agua potable que se suministra al mundo es agua subterránea, que no es probable que se seque por condiciones naturales y que representa una fuente importante en algunas regiones del mundo ya que es la única fuente disponible. Por ejemplo, en Inglaterra más del 30% del suministro de agua se satisface por agua subterránea y en el caso de los Estados Unidos esta proporción se eleva hasta un 50%.

Por consiguiente, los problemas de subsidencia en muchas partes del mundo son debido a que la extracción excede a la recarga natural, y por lo tanto, baja el nivel de agua, logrando a su vez la consolidación de los depósitos, hasta llegar al lecho rocoso, creando una depresión. Aunque hay que mencionar que en formaciones cristalinas de rocas ígneas o metamórficas, la compresión es menor y

en materiales que contienen arcillas la consolidación es mayor. Esto último sucede cuando al extraer el agua subterránea ésta se agota o disminuye entre los poros, por tanto, los depósitos sufren una reducción en volumen, lo que se manifiesta en un hundimiento de la superficie que se puede acelerar por el peso de las construcciones. Este hundimiento no ocurre simultáneamente a la extracción del fluido, sino posterior a la extracción de agua (Murck et al., 1997).

En este caso hay que mencionar que la consolidación de las arcillas se relaciona con su grado de elasticidad. Cuando las arcillas son elásticas la subsidencia es un tanto reversible, independientemente del tiempo. Esto quiere decir que aunque la pérdida de agua sea grande, si se deja de bombear agua, las arcillas pueden recobrar su estado original.

La consolidación no elástica ocurre cuando la arcilla disminuye su volumen de agua y no recobra su espesor original, aun cuando se deje de bombear el acuífero. En tales situaciones hay disminución de la porosidad causada por la consolidación.

Lofgren (1979) ejemplifica lo anterior en un estudio realizado en California, mediante un registro de medidas precisas de campo, durante 20 años en el valle de San Joaquin y Santa Clara, y como resultado mostró que existe una correlación entre las fuerzas de bombeo de agua subterránea y la consolidación de los depósitos.

Por otra parte, debido a la compactación y sequedad de las arcillas

subyacentes, se forman fracturas y el suelo que se encuentra sobre la superficie actúa como puente sobre las fracturas del subsuelo, de manera que a simple vista no se reconocen. Además, durante la formación de las fracturas, éstas pueden tener un comportamiento de fallas que aparecen de repente en la superficie y son precedidas por la ocurrencia del hundimiento. Cuando llegan a tener movimientos, se dan en episodios de acuerdo con las variaciones estacionales, por ejemplo, durante la época de secas, el agua disminuye su nivel freático, por tanto las arcillas tienden a compactarse, y en la época de lluvias tienden a la expansión.

La separación que se manifiesta en las fallas de subsidencia, generalmente es de unos centímetros, aunque frecuentemente se llegan a agrandar por corrosión y forman barrancas de uno o dos metros de anchura y dos o tres metros de fondo, e incluso mayores. También se ha observado que nuevas fracturas se forman en proximidad paralela a fracturas más viejas formando patrones en escalón, con una dirección lineal o curvi-lineal (Holzer et al, 1979. Citado por Bell, 1988).

Algunos ejemplos de subsidencia asociados a la extracción del agua

En la investigación denominada "Subsidence" llevada a cabo por Murck et al. (1997) en la Cuenca de Tucson, en el sur de Arizona, antes de 1981 la tierra se hundía 3 mm por cada metro de descenso del nivel del agua, medidas más recientes muestran que la superficie se hunde 24 mm por cada metro de extracción. Especialistas en la materia han sugerido que existe una transición de las arcillas de un proceso elástico a inelástico, debido a este cambio en el

hundimiento.

En el delta del río Mississippi hasta 1980 existía una subsidencia de 3 m, debido a la sobreexplotación de agua. Años después, la situación se agravó rebasando los 3 m, debido a la excesiva construcción que se dio en las márgenes del cauce. Por tal motivo, como resultado (combinación de actividades naturales y humanas) el 45% del área urbanizada de Nuevo Orleans está por abajo del nivel del mar.

A continuación se muestra la información de diversas zonas del mundo que actualmente sufren subsidencia, debido a la extracción excesiva de agua, al peso de las construcciones urbanas y a que se localizan en sedimentos sin consolidar, constituidos de cieno, arcilla, turba y arena (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Zonas afectadas por subsidencia a nivel mundial

Zonas Costeras	Subsidencia máxima (m)	Área afectada (km ²)
Venecia, Italia	0.22	150
Londres, Inglaterra.	0.30	295
Delta del Po, Italia	1.40	700
Taipeh, Taiwan	1.90	130
Shanghai, China	2.63	121
Bangkok, Tailandia	1.00	800
Tokio, Japón	4.50	3 000
Osaka, Japón	3.00	500
Niigata, Japón	2.50	8 300
Nagoya, Japón	2.37	1 300
San José, Costa Rica	3.90	800
Houston, E.U.	2.70	12 100
Nuevo Orleans, E.U.	2.00	175
Long Beach, E.U.	9.00	50
Zonas continentales		
Ciudad de México, México	8.50	225
Denver, E.U.	0.30	320
Baton Rouge, E.U.	0.30	650
Valle San Joaquin, E.U.	8.80	13 500

Fuente: Dolan, 1986. Citado por Murck et al, 1997.

En nuestro país, el ejemplo más notable de subsidencia se encuentra en la ciudad de México. Cuando los aztecas se establecieron en 1325 en la Cuenca de México, ésta estaba conformada por una red de lagos e islas rodeadas por montañas volcánicas. En una de las islas se estableció la ciudad, donde se construyeron algunas grandes estructuras. Varios años más tarde, a la llegada de los españoles, proliferó aún más la construcción y la carga fue excesiva, se desecaron los lagos y se construyeron canales para encauzar a los ríos.

Todas estas acciones hicieron que se dieran los primeros episodios de subsidencia relacionada con la actividad humana en la Cuenca de México. Actualmente, el problema se ha acelerado debido a la sobreexplotación de las reservas de agua subterránea, pues al incrementarse la población de la ciudad de México, la demanda del líquido, a su vez ha aumentando y como consecuencia existe hundimiento de edificios, mal estado de aceras y el sistema de alcantarillado que trabajaba por gravedad, ahora requiere del bombeo de las aguas negras (Bell, 1988).

Carrillo (1948; citado por Bell, 1988) menciona que en 1922, la subsidencia en el centro de la ciudad de México era de 1.25 m., en 1933 de 2.05 m., en 1959 de 4 m y en 1989 de 7.5 m. Con toda la información recabada, señala que aunque la extracción de agua subterránea se detuviera, la subsidencia continuaría debido al peso de las construcciones y a que los sedimentos seguirían consolidándose y el hundimiento será irreversible.

Otros lugares del territorio mexicano donde se presenta este fenómeno son:

la ciudad de Aguascalientes en Aguascalientes; Salamanca, Irapuato y Abasolo en Guanajuato Esta información ha sido recabada por Malpica (1997) y Mitre (inédito). A pesar de la manifestación de este fenómeno, en dichos lugares los estudios o investigaciones aún son escasos.

LA SUBSISTENCIA EN LA CIUDAD DE CELAYA

Antecedentes

Mediante la recopilación de información se vislumbró que son mínimos los estudios que se han llevado a cabo sobre los riesgos a que está expuesta la ciudad, los que se han realizado son muy generales o se relacionan con la temática pero no como objetivo principal. Por ejemplo, el de "fallamiento de terrenos en Celaya" (SMMS,1985), sólo considera aspectos referentes a la localización, origen, evolución y efectos de las fallas en la población; todo esto desde el punto de vista ingenieril, sin considerar aspectos socioeconómicos, ni otros relacionados con los riesgos. Los únicos estudios detallados son los de la actual Comisión Nacional del Agua, pero se ha publicado muy poco y es difícil el acceso a esta información.

A continuación se muestran algunos de los estudios revisados:

En la memoria "Análisis de la problemática del agua y perspectivas para la modernización de su uso en la agricultura de Guanajuato" se alude la problemática

del agua subterránea, hacen una panorámica general de la contaminación del recurso agua y su uso en la agricultura. También mencionan que el fallamiento es una consecuencia de la sobreexplotación de los mantos acuíferos (Traconis R, 1990).

"JUMAPA agua para Celaya" (JUMAPA, 1992) hace referencia a la afectación de las fallas sobre la población y factores de contaminación como consecuencia del fallamiento.

Por otra parte, " Ciudades alternativas para la desconcentración" (Coll, 1986) plantea un aporte importante porque sugiere que la ciudad no es apta para la concentración de población, ya que presenta una serie de problemas como inundaciones, fenómenos locales de hundimiento y levantamiento que afectan las construcciones y sobre todo, menciona que se está perdiendo la vocación agrícola, debido al crecimiento de la ciudad.

Como se puede observar, los estudios sobre la situación de riesgos son escasos. Sin embargo, Trujillo (1985 y 1991) ha estudiado el fenómeno del agrietamiento en la ciudad, por lo cual, es el que esencialmente se retoma en este estudio. Menciona que el fallamiento en la ciudad se ha observado desde fines de la década de los 50 y que se ha acelerado en los últimos años. En 1983 atribuía el fallamiento a procesos tectónicos; pero actualmente, con base en la recopilación y análisis de información referente principalmente a cortes litológicos y datos hidráulicos de pozos perforados en el área, considera que el fallamiento se debe al abatimiento del acuífero, combinado con la forma y profundidad del basamento

rocoso, sepultado bajo los materiales granulares que rellenan el valle.

Mediante su estudio reporta en 1985 3 fallas: oriente, poniente e insurgentes. Posteriormente, a principios de los años noventa reveló la existencia de la falla denominada Universidad Pedagógica y en 1995 reporta las evidencias de la falla Praderas de la Hacienda, pero en este caso no se considera porque se encuentra fuera de la ciudad (ver figura 11).

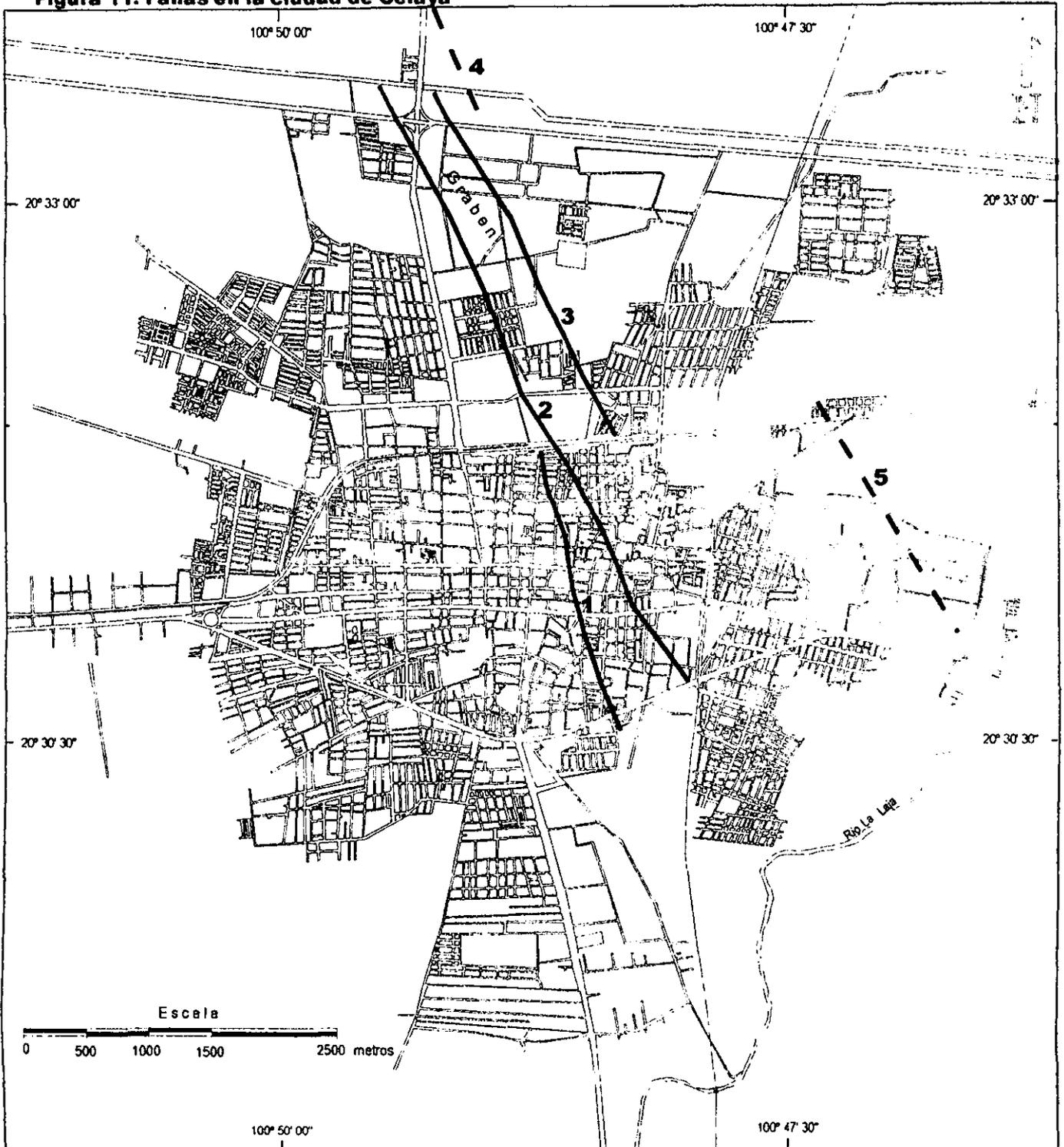
Para esta investigación se incluye la falla poniente, oriente y Universidad Pedagógica. La Insurgentes no se contempla porque son mínimas sus evidencias en campo.

¿Por qué se les llama Fallas?

De acuerdo con la información recaba en autores como Trujillo (1985), Bell (1988) y Murck et al. (1997), el caso que se analiza en esta investigación es un fenómeno denominado "fallas asociadas a subsidencia" provocado principalmente por los siguientes factores: sobreexplotación de agua subterránea, tipo de sedimentos, forma y profundidad del basamento y peso de la infraestructura urbana.

La sobreexplotación de agua subterránea es el principal factor que contribuye al fenómeno de la subsidencia, ya que debido a la demanda que ejerce el crecimiento de la población, el desarrollo industrial y el riego de zonas agrícolas en la ciudad y en el municipio, ocasiona que la extracción exceda a la recarga natural, originando

Figura 11. Fallas en la ciudad de Celaya



Nombre de las fallas

- 1 Poniente
- 2 Oriente
- 3 Universidad Pedagogica
- 4 Praderas de la hacienda
- 5 Insurgentes

- Fallas con escasas evidencias en el terreno o fuera de la ciudad.
- Fallas consideradas en esta investigación.

Fuente: Trujillo, 1985 y Gobierno del Edo. de Guanajuato y H. Ayuntamiento de Celaya, 1993.
Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea

que el nivel freático se encuentre muy por debajo de lo que se encontraba en años anteriores.

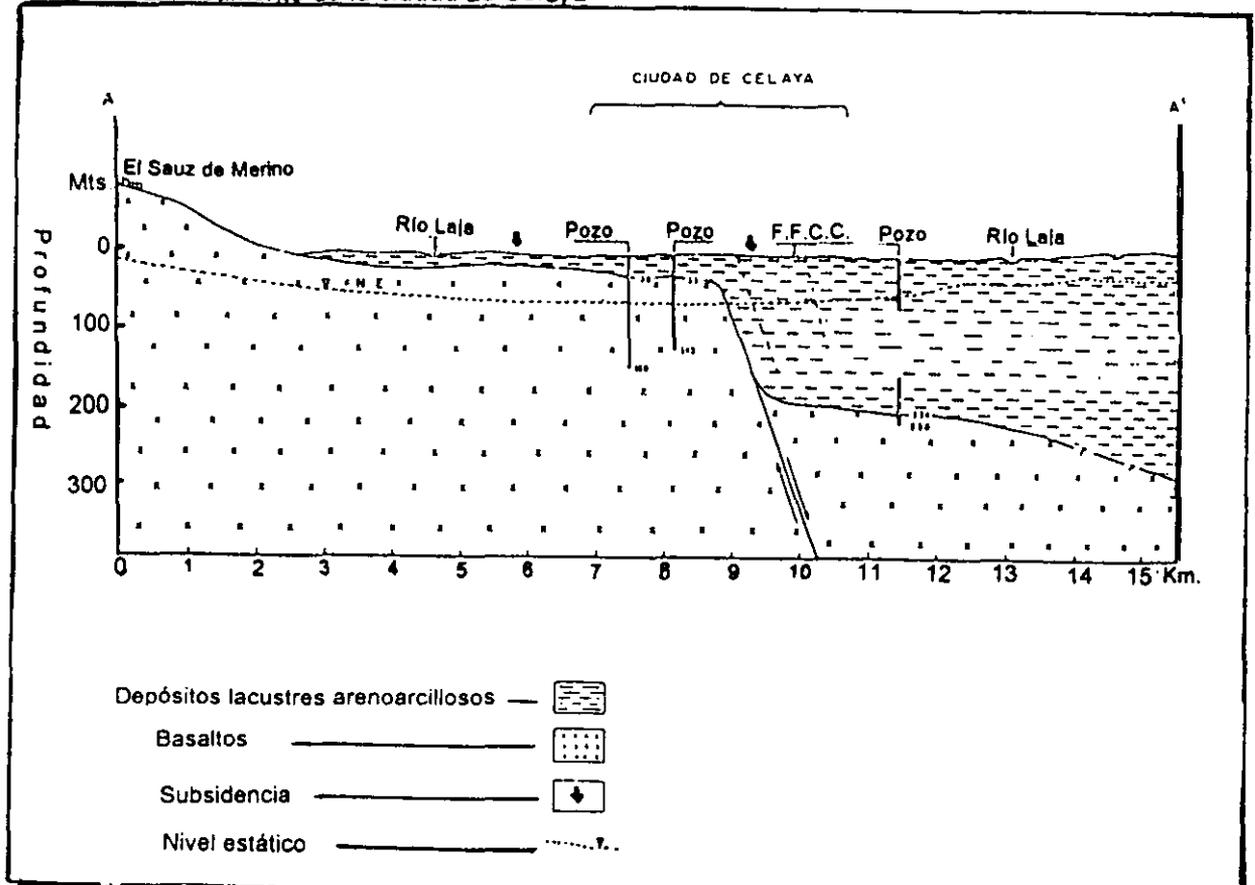
Las propiedades físicas de los sedimentos subyacentes al área de hundimiento también juegan un papel importante dado que la ciudad se encuentra sobre materiales arcillosos (montmorillonita) que tienen la capacidad de expansión y retracción interlaminar por el humedecimiento y secado. Ello se debe a su estructura que posibilita la hidratación. Así, al extraerles el agua y desecarse, forman grietas anchas y profundas que aparecen durante la época de secas, las cuales se manifiestan y son visibles en la época de lluvias pues el suelo que se encuentra sobre la superficie actúa como puente sobre la fractura, y cuando llueve, el puente se derrumba produciendo una oquedad (Porta, 1994).

Este fenómeno en superficie empieza por mostrar fisuras o fracturas que van aumentando poco a poco en número, y posteriormente se forman las pequeñas depresiones, para después proseguir con más fracturamiento y así sucesivamente (Bell, 1988).

Al producirse fracturamiento y hundimiento hay desplazamiento o movimiento de uno de los bloques, por tanto, ya es una falla. Se dice que una falla "es un plano o zona de ruptura en el sustrato a lo largo de la cual se produce un desplazamiento" (Lugo, 1989). En el caso de la ciudad los lineamientos corresponden a fallas normales porque el bloque del alto se desplaza hacia abajo con respecto al bloque del bajo, a lo largo del plano inclinado de la falla. Por esto se les llama fallas asociadas a subsidencia.

Es importante considerar que la forma y profundidad del basamento interviene en este caso, ya que los lineamientos no se presentan en toda la ciudad. Debido a estudios más específicos realizados por Trujillo (1985), mencionan que a pesar de que la ciudad está sobre zona fluvio-lacustre existe una diferencia en cuanto al espesor de los materiales en el subsuelo, ya que por ejemplo, los sedimentos lacustres formados por gravas, arenas y arcillas alcanzan un espesor notable en su porción central y van disminuyendo bruscamente hacia las márgenes. La siguiente figura muestra cómo los materiales plásticos (fluviolacustres) presionan verticalmente hasta encontrarse con una discontinuidad geológica o con el basamento (ver figura 12).

Figura 12. Basamento de la ciudad de Celaya



Fuente: Trujillo, 1985.

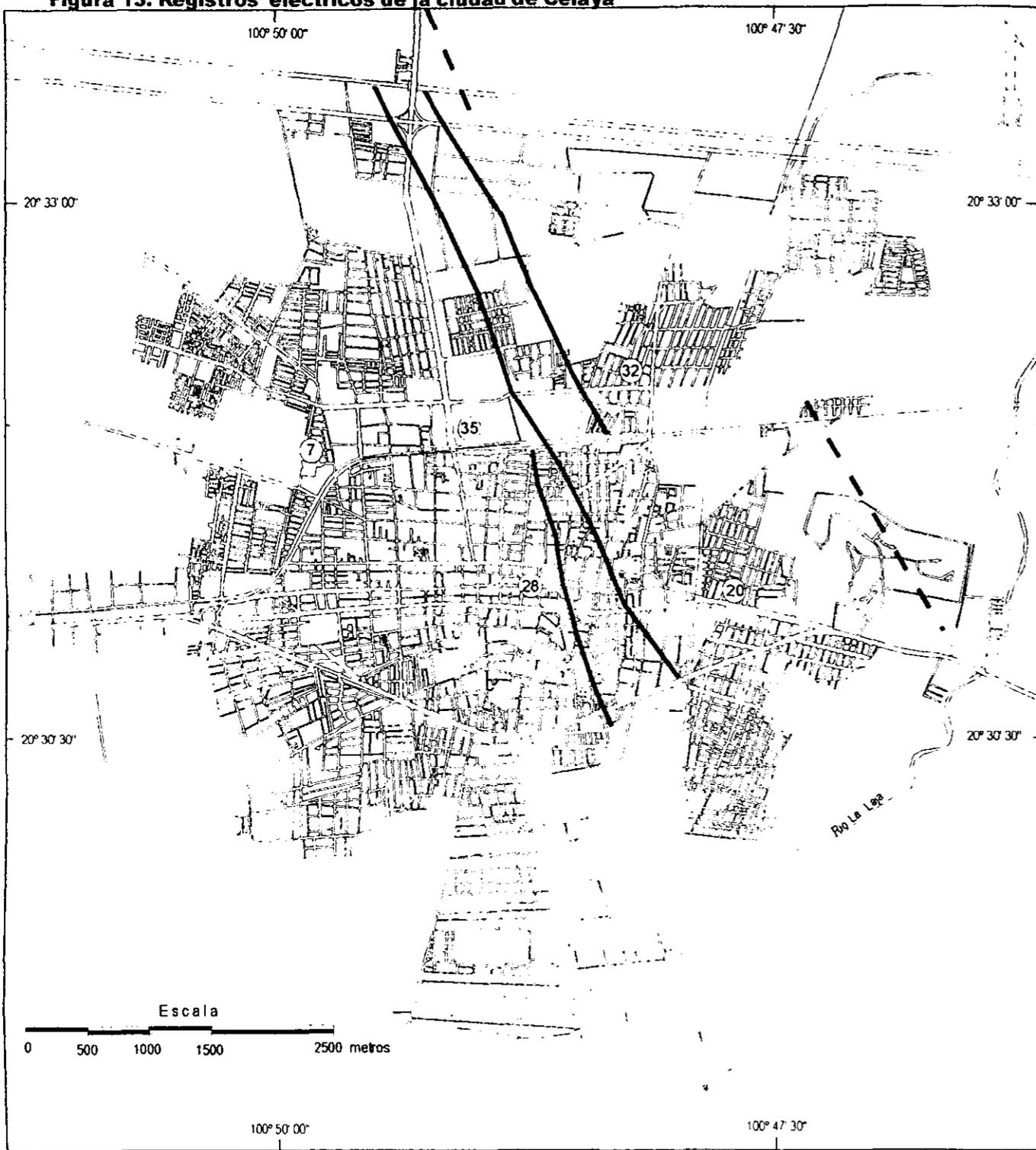
Para reforzar el esquema de la estructura del basamento, a continuación se muestran gráficas realizadas con datos de algunos registros eléctricos, plasmadas en un mapa, en donde se observa una mayor proporción en el espesor de las arcillas y menor de basaltos, por lo menos hasta los 300 metros de profundidad, además, en la mayoría de los casos, las arcillas se encuentran cerca de la superficie (ver figura 13).

Por último, cabe hacer mención que aunado a las características de las arcillas y a la sobreexplotación de agua subterránea, puede existir el problema de carga excesiva de construcciones, ya que según los especialistas en suelos, este tipo de infraestructura apoyada en suelos ricos con esmectitas, como son los vertisoles, pueden ocasionar daños a las construcciones, por los repetidos ciclos de expansión y retracción. Pero, además, las mismas construcciones ocasionan que las partículas minerales se condensen y se junten más, contribuyendo al hundimiento (Porta, 1994). Sin embargo, Trujillo considera que en el caso de la subsidencia en Celaya, el peso de las construcciones no interfiere en el proceso de hundimiento (Trujillo, comunicación personal).

CARACTERÍSTICAS DE LOS LINEAMIENTOS Y SU RELACIÓN CON EL SOCIOSISTEMA AFECTABLE

En este apartado se mencionan las características de cada una de las fallas y se hace la relación con el sociosistema afectable (visto en el capítulo uno) que se

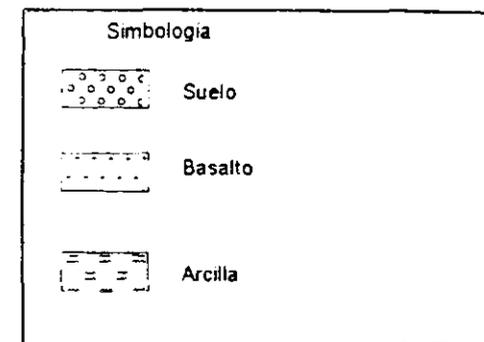
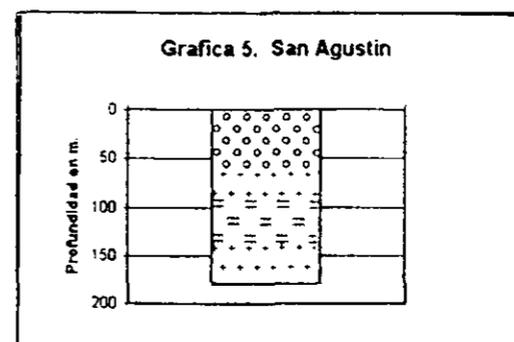
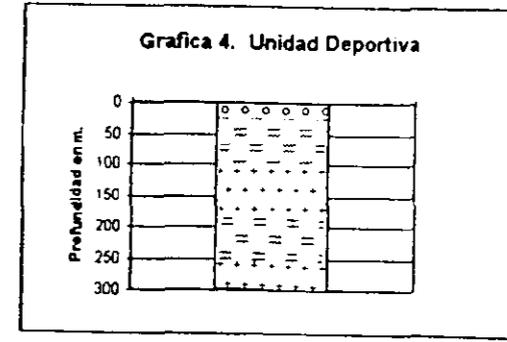
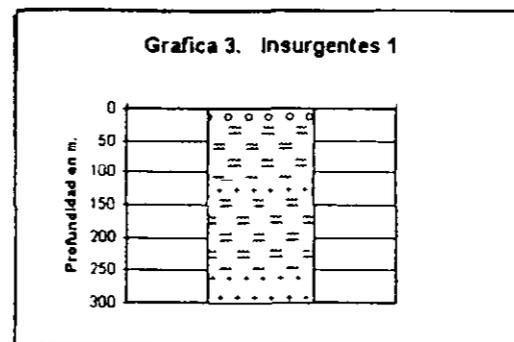
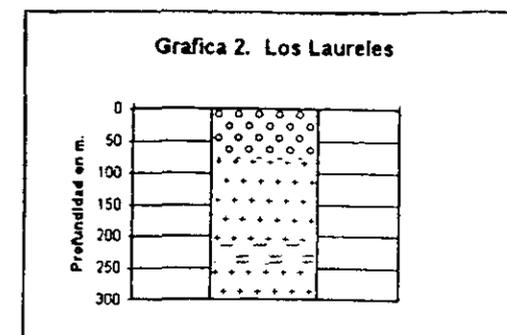
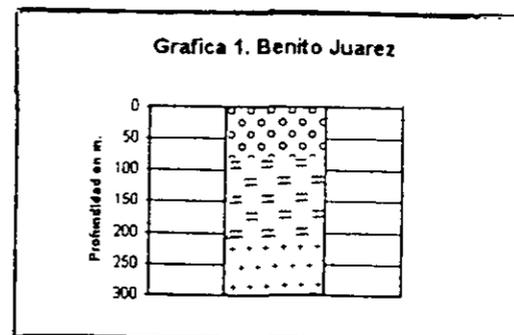
Figura 13. Registros eléctricos de la ciudad de Celaya



- No. Pozo con registro eléctrico
- 7 Los Laureles
- 20 Insurgentes 1
- 28 Jardín San Agustín
- 32 Benito Juárez
- 35 Unidad Deportiva

Fuente CNA, 1996
Elaboró Rosa María Vargas Venhumea

Gráficas de espesores de sedimentos a partir de los registros eléctricos



refiere a los espacios habitados por el hombre que han sido susceptibles de ser afectados por un fenómeno destructivo.

Para poder describir esta sección se ocupa la clasificación del uso del suelo, incluida y descrita en el capítulo dos, pero también se incluye la variable referente al número de vialidades afectadas por la subsidencia. Todos estos datos, son plasmados en gráficas y mapas para de alguna manera mostrar el grado de afectación a lo largo de cada lineamiento.

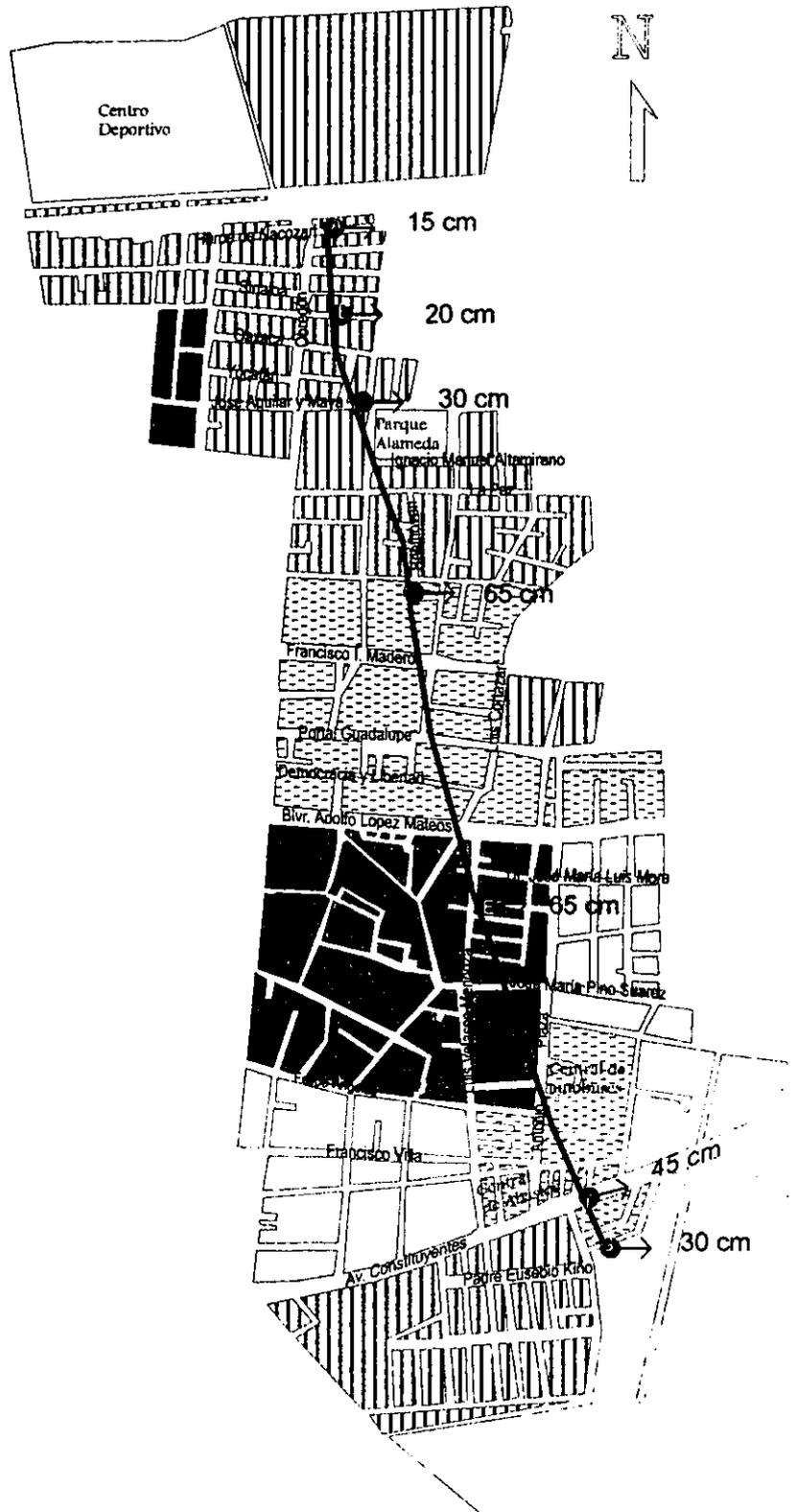
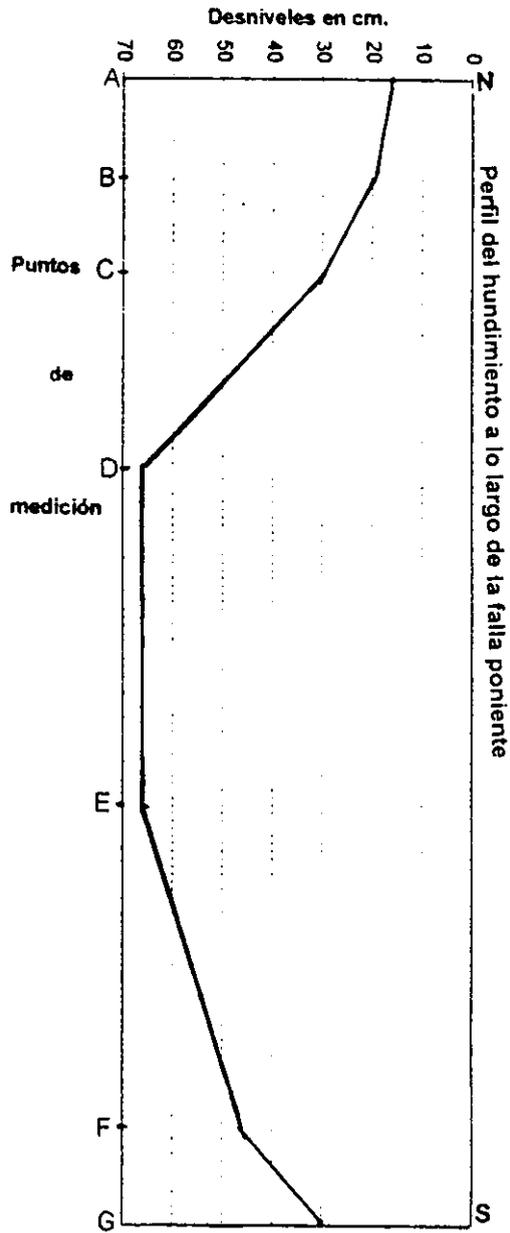
Por otro lado, también se toma en cuenta el trabajo de campo realizado en el mes de julio de 1996, Junio de 1997 y en septiembre de 1998 durante el cuál se llevó a cabo la aplicación de 30 encuestas que fueron destinadas sólo a personas afectadas por la subsidencia, además se midió el desnivel en algunos puntos y se llevó a cabo un levantamiento del número y tipo de construcciones y calles afectadas.

A continuación se muestra la información recabada de cada uno de los lineamientos estudiados.

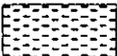
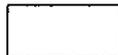
Falla Poniente: se encuentra en la porción centro-oriental de la ciudad, con una dirección predominante NW 30°, con el bloque caído hacia el oriente y una longitud aproximada de 2.3 km.

Como ya se menciono, durante el trabajo de campo se midió el desnivel en algunos puntos y se llevó a cabo un levantamiento del número y tipo de construcciones y calles afectadas (ver figura 14).

Figura 14. Localización y desniveles de la falla poniente



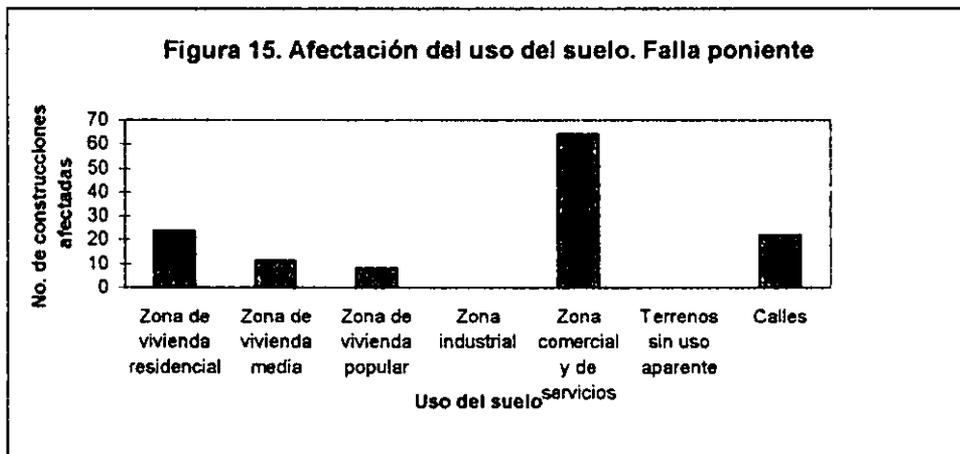
Uso del suelo

- | | |
|---|--|
|  Zona de vivienda popular |  Zona comercial y de servicios |
|  Zona de vivienda media |  Terrenos sin uso aparente |
|  Zona de vivienda residencial |  Puntos en donde se midió el desnivel |

ESTA TESORO
DE LA BIBLIOTECA

Escala 1: 5 722 cm.
Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea

De acuerdo con la clasificación del uso del suelo, las afectaciones máximas se presentan en la zona comercial y de servicios con 64 construcciones dañadas, que corresponden al 48.48%, con respecto al total de afectaciones a lo largo de la falla. Por medio de las encuestas aplicadas, los afectados mencionan que no les preocupa tanto la afectación, porque esta infraestructura no recibe tantas reparaciones como la vivienda. Además, como estos lugares son ocupados sólo por unas horas, es menor el peligro (ver figura 15).



A continuación para ejemplificar las afectaciones del uso del suelo se mencionan algunos casos:

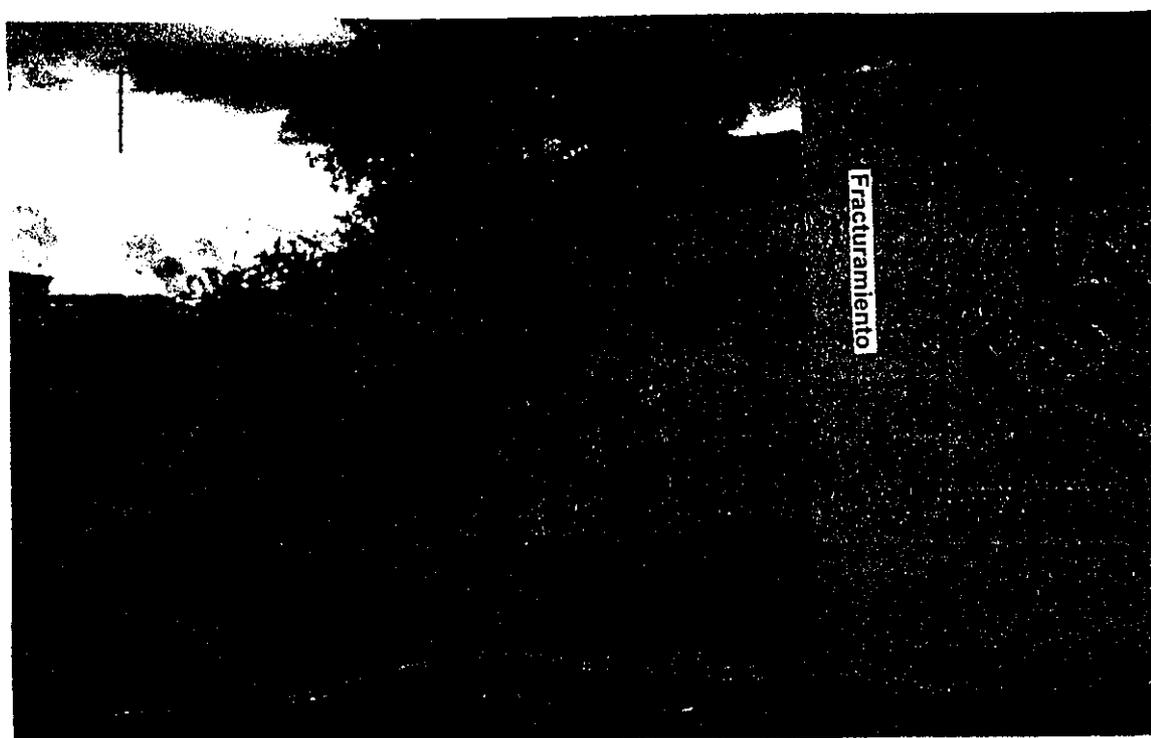


Figura 16. El lineamiento afecta una casa antigua que cumple además la función de tienda de abarrotes, en este caso los dueños no quieren reconstruir con nuevos materiales y prefieren vender.



Figura 17. La Falla cruzó la Av. Madero entró por el lado norte al Convento de San Francisco; destruyendo el ala noroeste de esta joya arquitectónica, al grado de que en 1985 se canceló definitivamente el paso por ese lugar, causó lamentables daños al grado de dividir el convento en dos de acuerdo al patrón del lineamiento, una parte sobre el bloque hundido y otro en el bloque levantado. Actualmente se ha emprendido la construcción de un nuevo edificio para el Seminario Franciscano en la colonia Los Girasoles, al poniente de Celaya, a 500 metros aproximadamente del Colegio Winston Churchill. Como dato adicional, en 1994 en este mismo sitio del convento Franciscano la falla ocasionó el rompimiento de las tuberías de gas, lo que obligó a un desalojo de la zona por 24 horas (Vaca, 1996).



Figura 18. Entre la calle Luis Velasco y el Boulevard Adolfo López Mateos una vivienda fue dañada, al grado que la gente que la habitaba la abandonó y actualmente está en venta como terreno.

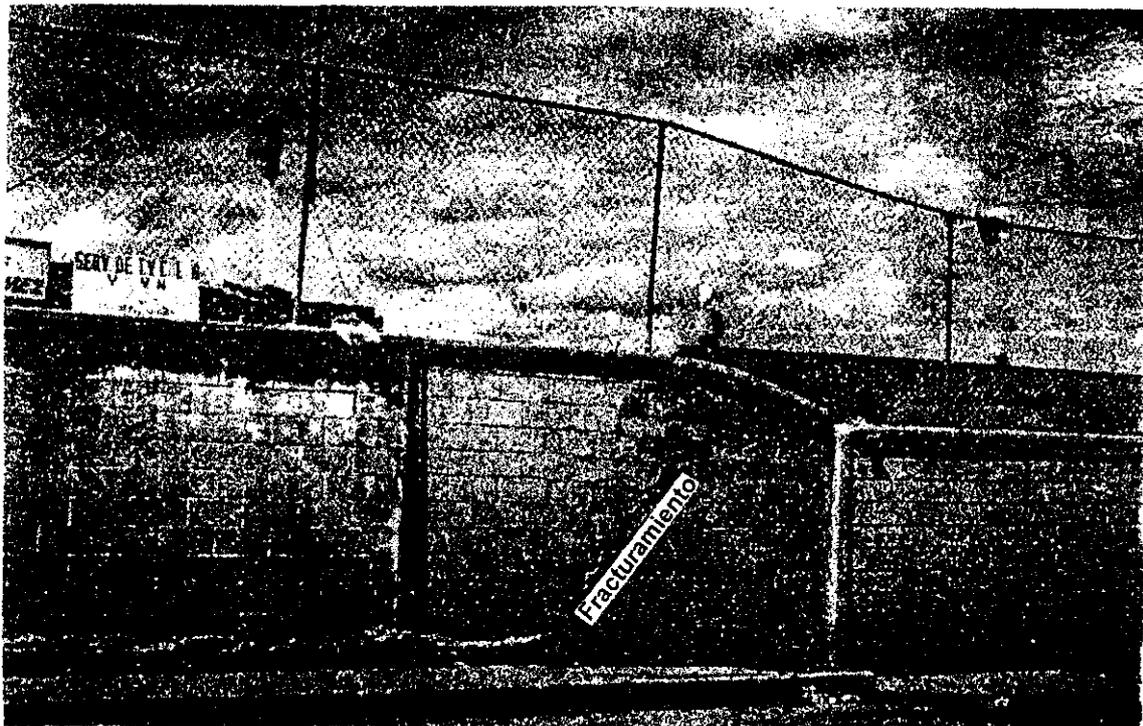


Figura 19. En la Central de autobuses, el peligro no es tan grave debido al uso de suelo que desempeña este lugar. Sin embargo, hay algunas bardas que si son de peligro.



Figura 20. En la Central de Abasto, los locales afectados no son ocupados, porque según los vendedores estos dan mal aspecto.

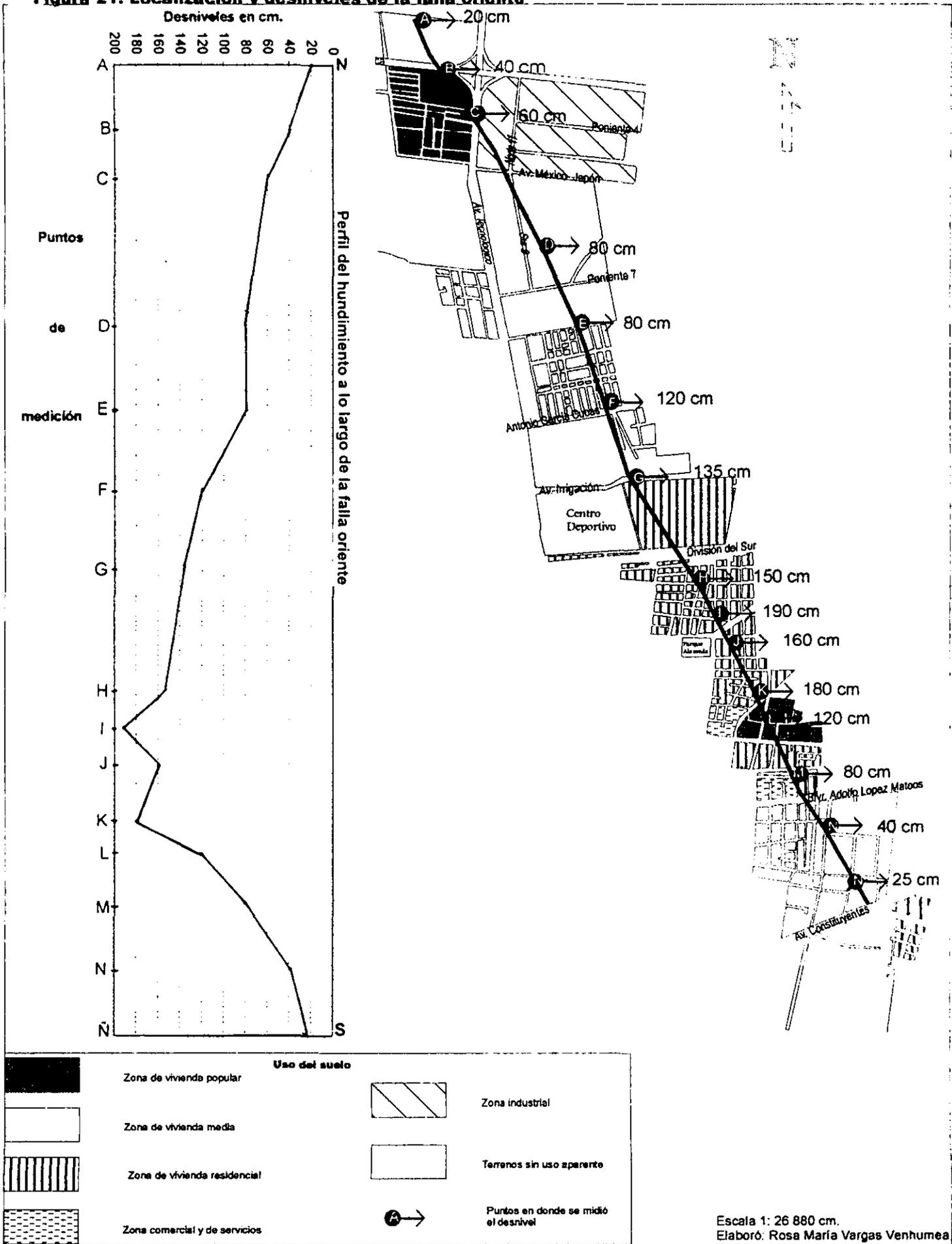
Falla Oriente: se localiza al oriente de la “falla poniente” a unos 408 m. aproximadamente, con una dirección NW 30°, con el bloque caído hacia el oriente y con una longitud de 5.4 km.

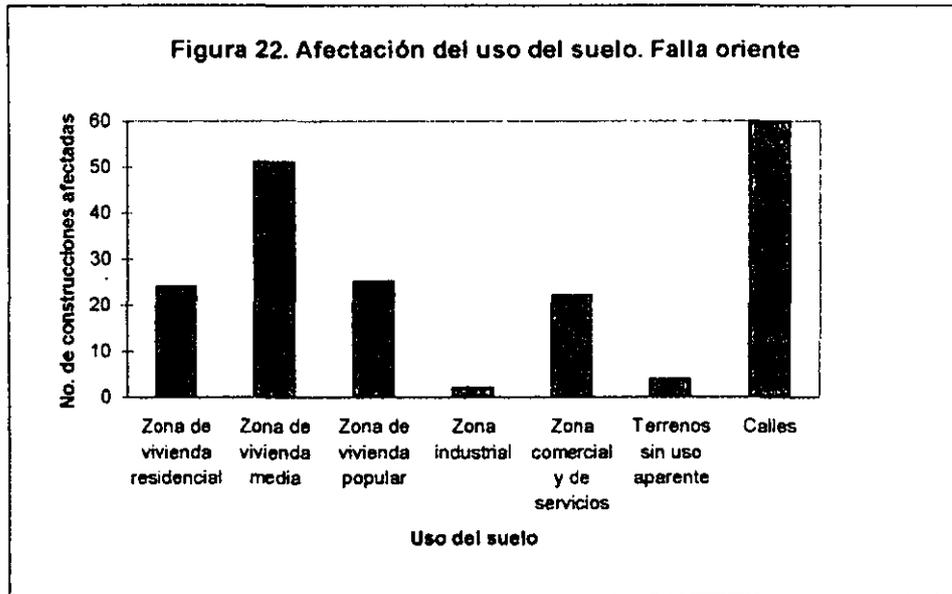
Durante el trabajo de campo se observaron los primeros indicios de este lineamiento en terrenos agrícolas, al norte de la ciudad, sin embargo, para esta investigación sólo se refiere la parte correspondiente a Celaya. Al igual que el anterior lineamiento se midió el desnivel en algunos puntos y además, se llevó a cabo un levantamiento del número y tipo de construcciones y calles afectadas (ver figura 21).

De acuerdo con la clasificación del uso del suelo, las afectaciones máximas (32.43%) se dan en 60 calles o vialidades por donde cruza el lineamiento. Sin embargo, en importancia le sigue la zona de vivienda media con 51 construcciones dañadas, que corresponden al 27.56% con respecto al total de afectaciones a lo largo de la falla.

Conforme a la información recabada en las encuestas, en este caso las calles dañadas, algunas veces son reparadas por las autoridades correspondientes, pero en el caso de la vivienda de clase media, por la situación económica que predomina, en esta casa sólo tratan de corregir los daños haciendo las reparaciones pertinentes, y por tanto, tienen que seguir viviendo en riesgo. También es importante decir que estas viviendas en su mayoría son ocupadas las 24 horas con más peligro para sus habitantes (ver figura 22).

Figura 21. Localización y desniveles de la falla oriente.





Para evidenciar esta situación de afectación se muestran algunos casos:



Figura 23. En la colonia Alameda el fallamiento ha originado que muchas viviendas queden en la categoría de inseguras, y en otras se ha dado el derrumbe total. Para esta situación se ilustra el desnivel ubicado en la calle Ignacio Manuel Altamirano.

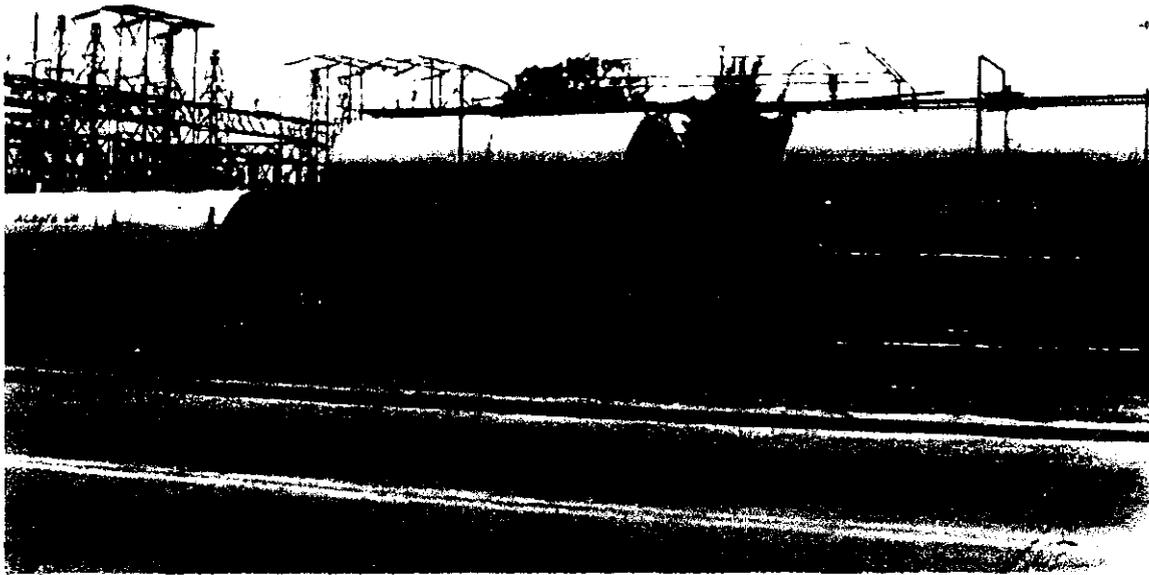


Figura 24. En una porción de la termoeléctrica (lado hacia la calle División del Norte) se observa una seria afectación, pero los encargados de esta planta no permiten ver las instalaciones, ni tomar fotografías. Ante esta situación cabe la duda de si algunos de sus ductos están afectados. Si es así, esto es un peligro latente, principalmente por el tipo de sustancias que maneja.



Figura 25. Esta es una evidencia del fracturamiento en las construcciones. Este ejemplo se encuentra entre la calle Sonora y Nuevo León.

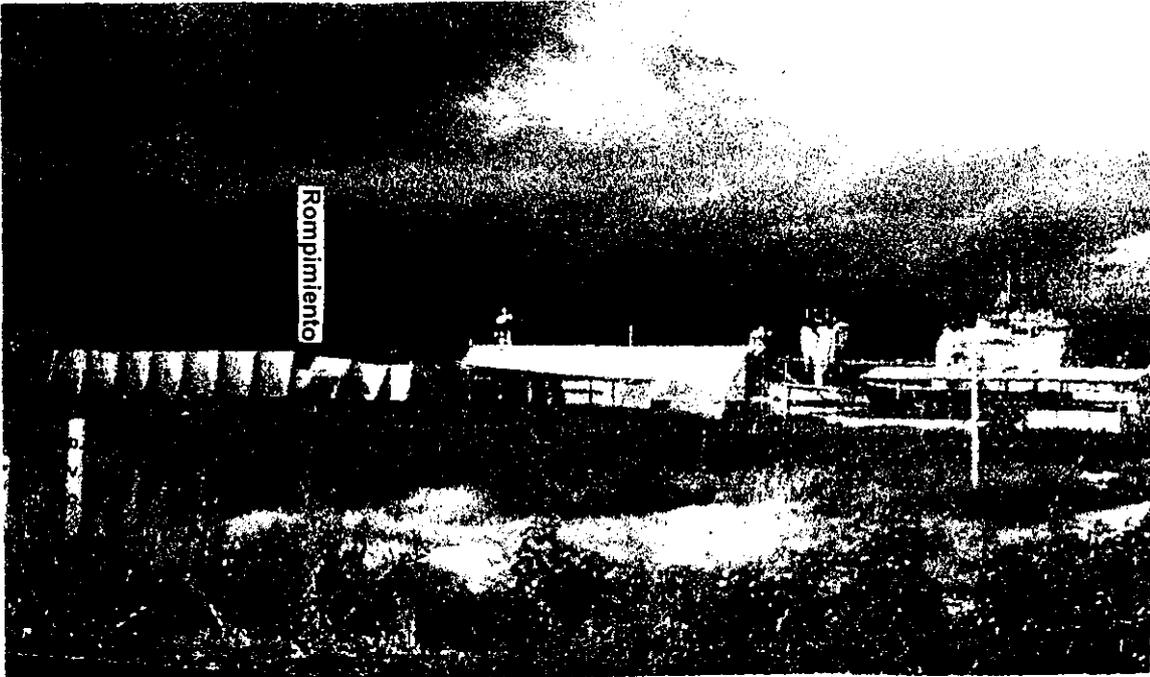


Figura 26. En la industria de alimentos balanceados "La Hacienda" la porción posterior esta afectada. Actualmente los encargados de la industria mencionan que la industria ya no está en servicio y, por tanto, no se facilitó la entrada. Sin embargo, durante el día se observó movimiento dentro de la industria.



Figura 27. Sobre la Avenida Arroyo Chico una serie de centros comerciales están afectados. Por ejemplo, lo que era antes el supermercado "Alameda" fue evacuado ante el cercano peligro de venirse abajo (Vaca, 1996).

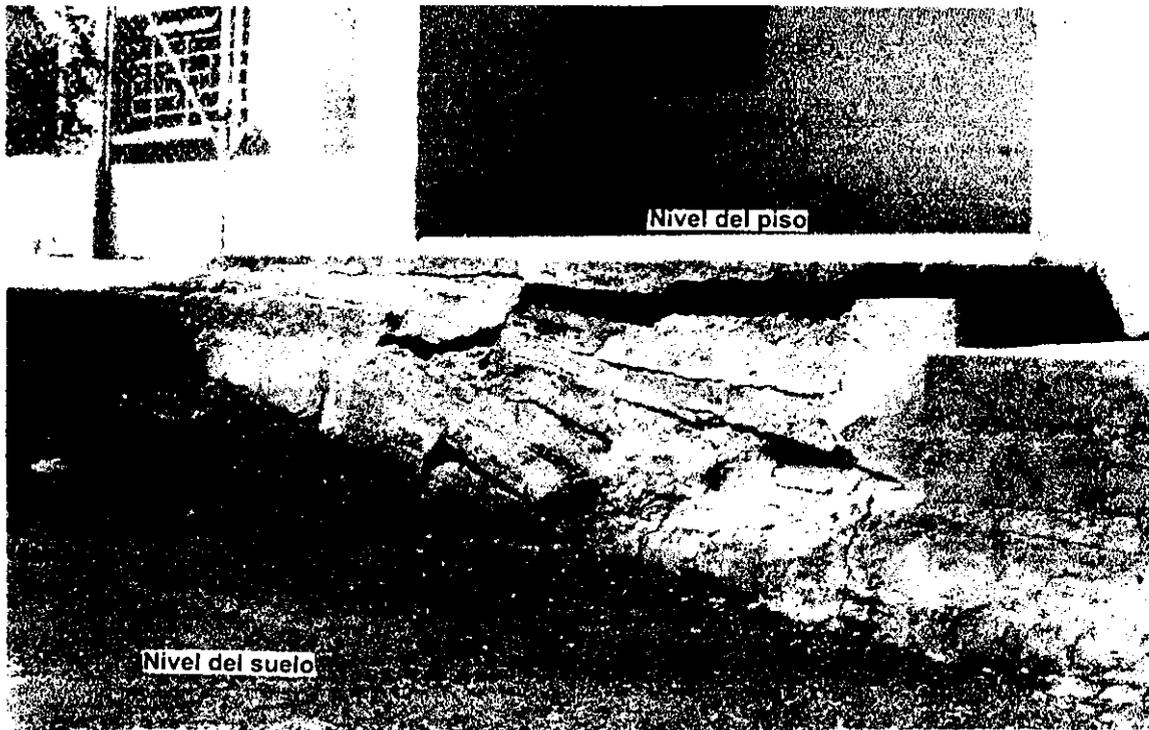


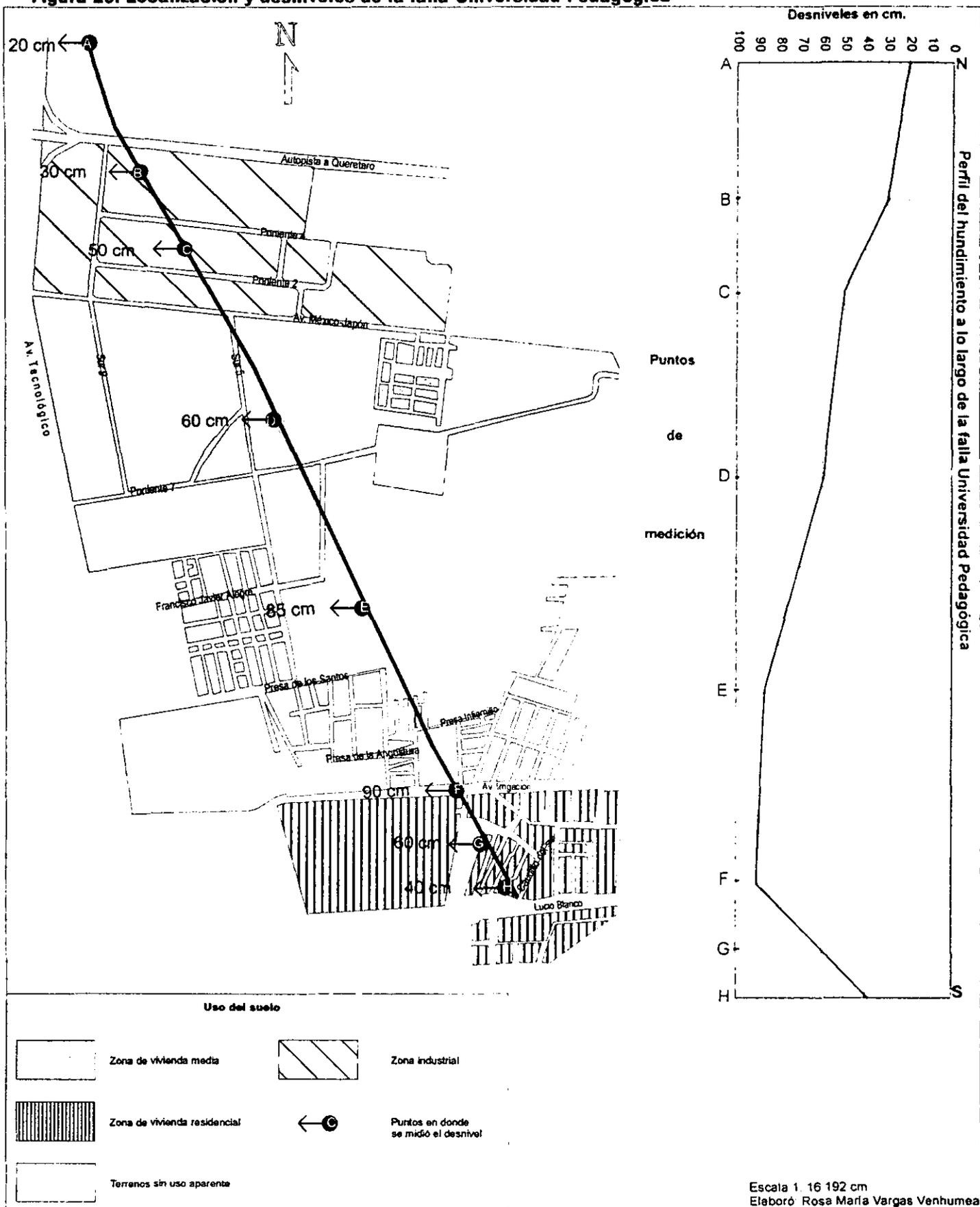
Figura 28. Este es un ejemplo del desnivel que suele presentarse debido al hundimiento.

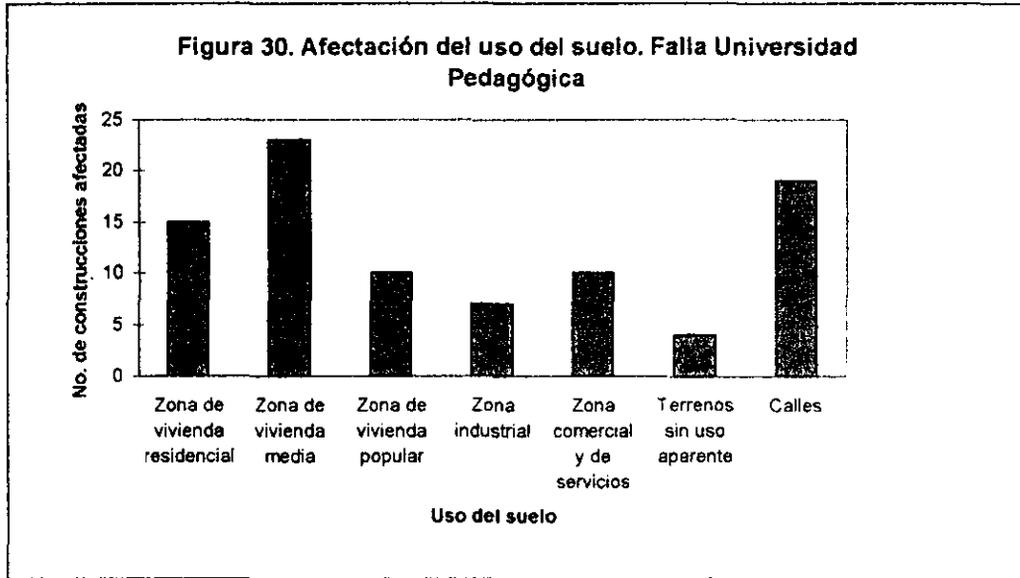
Falla Universidad Pedagógica: se localiza al oriente de la falla "Oriente", con una dirección NW 30°, con una longitud de 3.1 km. y el bloque caído hacia el poniente, esto indica la presencia de un pequeño graben.

Durante el trabajo de campo se observó que la falla comienza a manifestarse en zonas agrícolas localizadas al norte de la autopista a Querétaro, posteriormente cruza dicha autopista para adentrarse en la ciudad. Al igual que los lineamientos anteriores, se midió el desnivel en algunos puntos y se llevó a cabo un levantamiento del número y tipo de construcciones y calles afectadas (ver figura 29).

De acuerdo con la clasificación del uso del suelo, las afectaciones máximas se presentan en la zona de vivienda media con 23 construcciones dañadas, que corresponden al 25.84% con respecto al total de afectaciones a lo largo de la falla. En esta situación, al igual que el caso anterior (falla oriente), sólo tienen la opción de mitigar el riesgo mediante reparaciones, pero siguen viviendo ahí por que no tienen los recursos para comprar otro terreno y cambiarse de lugar, además, el peligro es mayor porque estas casas son ocupadas casi las 24 horas (ver figura 30).

Figura 29. Localización y desniveles de la falla Universidad Pedagógica





A continuación se muestran algunos ejemplos de afectación.

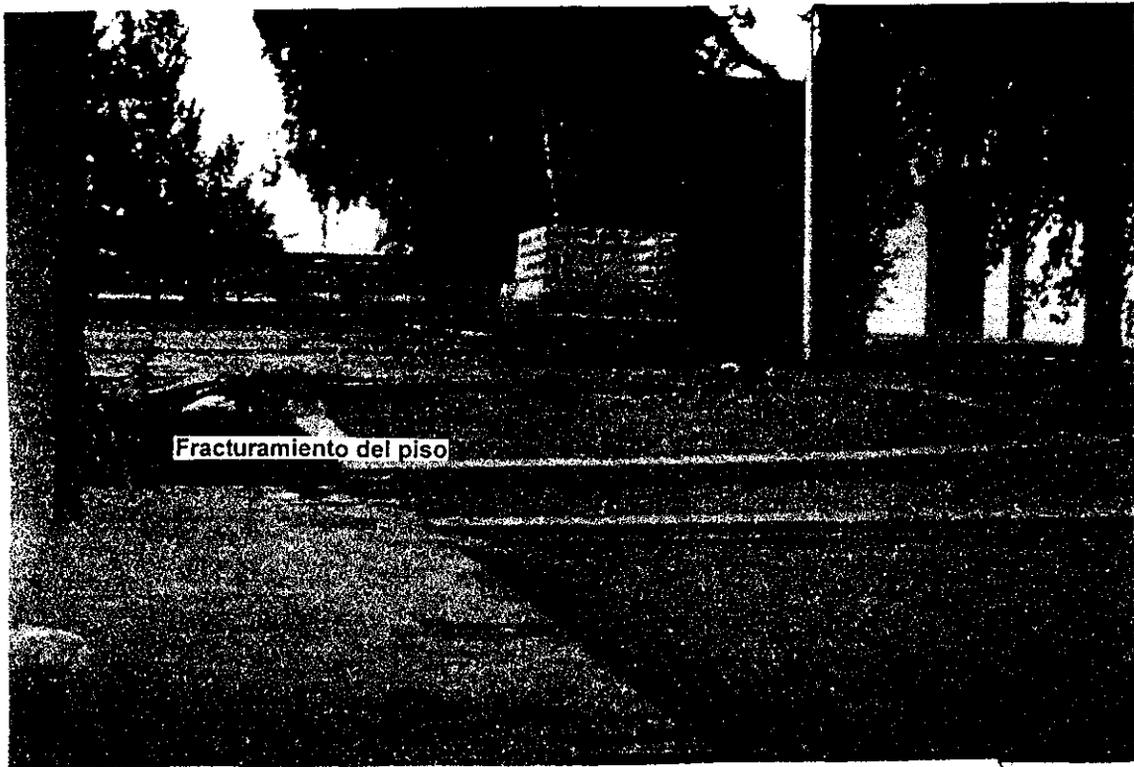


Figura 31. Se le dio este nombre al lineamiento porque afecta precisamente a la Universidad Pedagógica.



Figura 32. En la Av. Irrigación se detecta la falla ante el salto que dan los vehículos al pasarla.

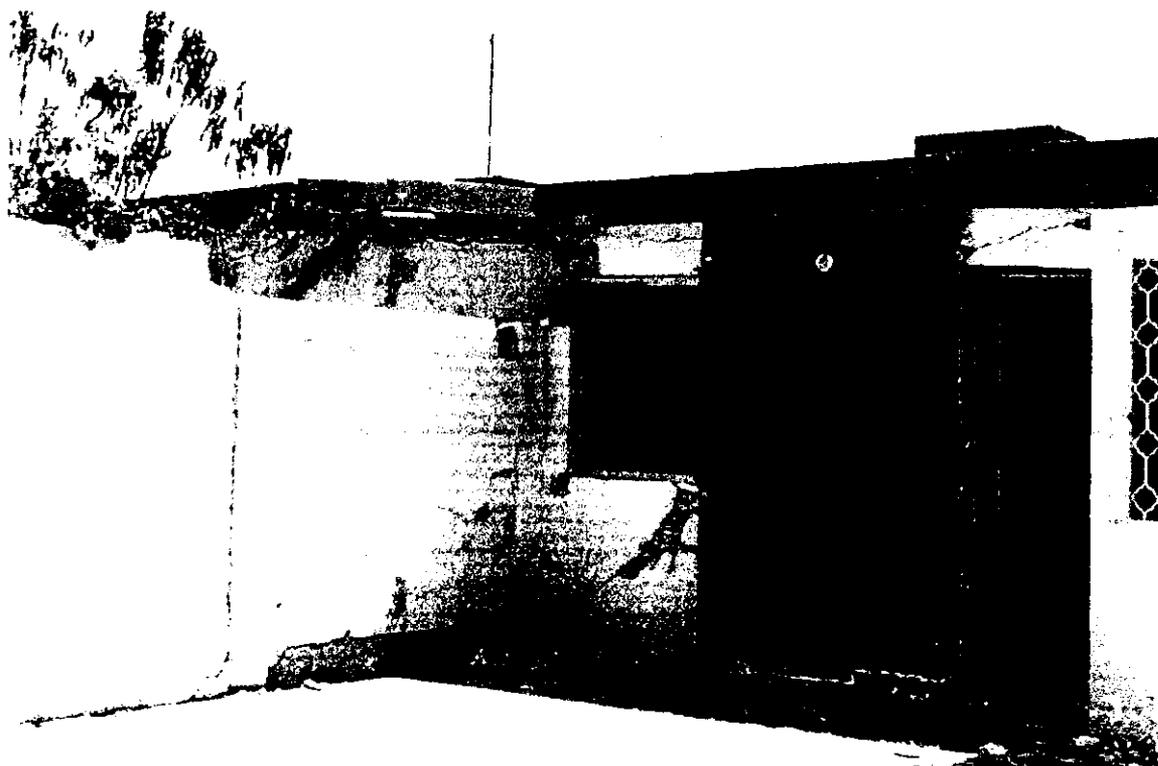


Figura 33. En la calle Antonio Barona, esta vivienda sufrió serias afectaciones que no pudieron ser reparadas, por tal motivo tuvo que ser abandonada por sus ocupantes.

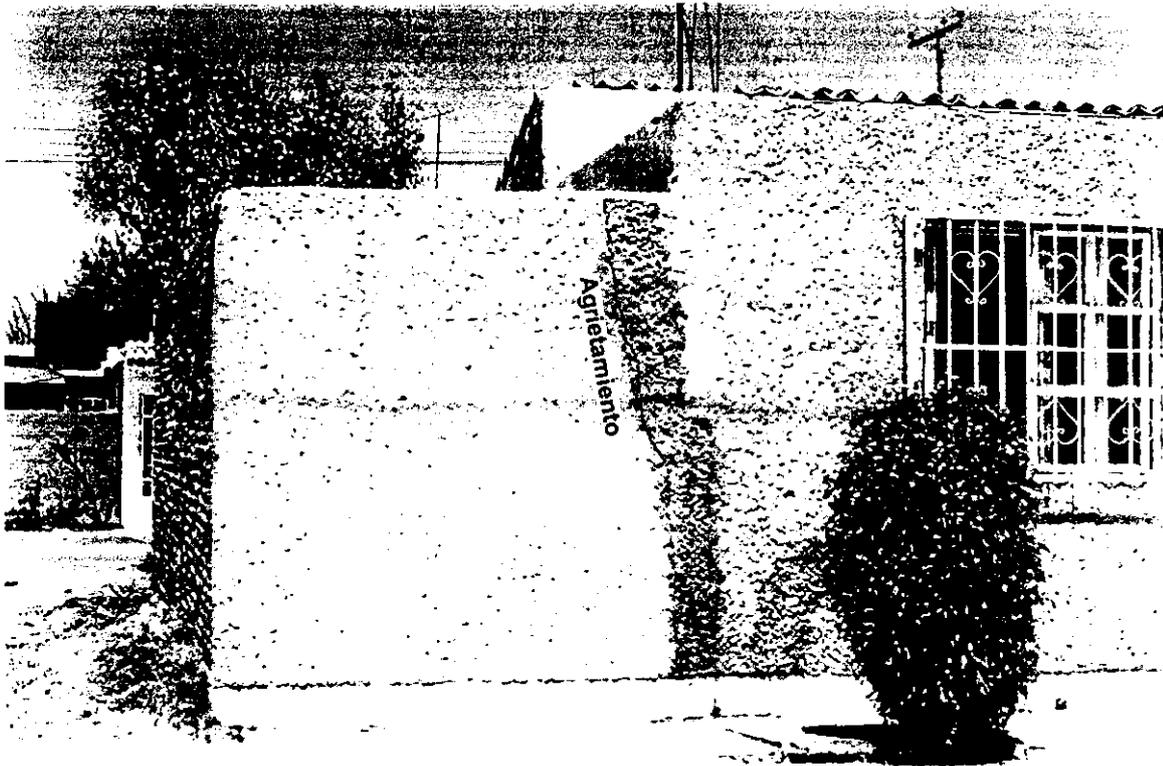


Figura 34. En la colonia Bosque de Alameda las casas están muy afectadas, muchas de ellas abandonadas y algunas en venta. Es el caso en la calle Retorno de las Fuerzas Zapatistas

PROBLEMÁTICA GENERADA POR LA SUBSIDENCIA

Se ha visto a lo largo de esta investigación que los lineamientos afectan la infraestructura de diferentes usos de suelo (comercial, habitacional, industrial, etc.). Pero además, está ocasionando problemas secundarios, como a continuación se muestra.

Devaluación del uso del suelo

Si una construcción queda sobre una de las fallas, ésta sufre una fuerte presión por la falta de cimientos o cimientos inestables y a final de cuentas termina

rompiéndose, hundiéndose y con fracturas que transforman al inmueble en inhabitable, sin importar las clases sociales (populares o residenciales). El fracturamiento de las construcciones ocurre en cualquier material, ya sea concreto, ladrillo rojo, roca, adobe u otro material de adherencia.

Entre los principales efectos manifestados en las construcciones está: agrietamiento en las paredes, techos, bardas y pisos; desnivel en puertas y ventanas al grado de no poder abrirlas; goteras, rupturas de cristales, etc.

En esta situación, la población al ver como está siendo afectada, busca diferentes soluciones para reparar los daños de su construcción, como son: resanar paredes, arreglar pisos, reparar barandales, arreglar puertas y ventanas, impermeabilizar para evitar filtraciones en techos, paredes y pisos, reconstruir banquetas, etc. La población menciona que aproximadamente cada año tienen que hacer reparaciones (principalmente en época de lluvias, porque es cuando son más visibles los daños).

Esta situación ha ocasionado que las construcciones se encuentren muy devaluadas, al grado de que al ofrecerlas en venta, nadie paga el precio solicitado, por lo que se venden como terreno.

Contaminación de agua

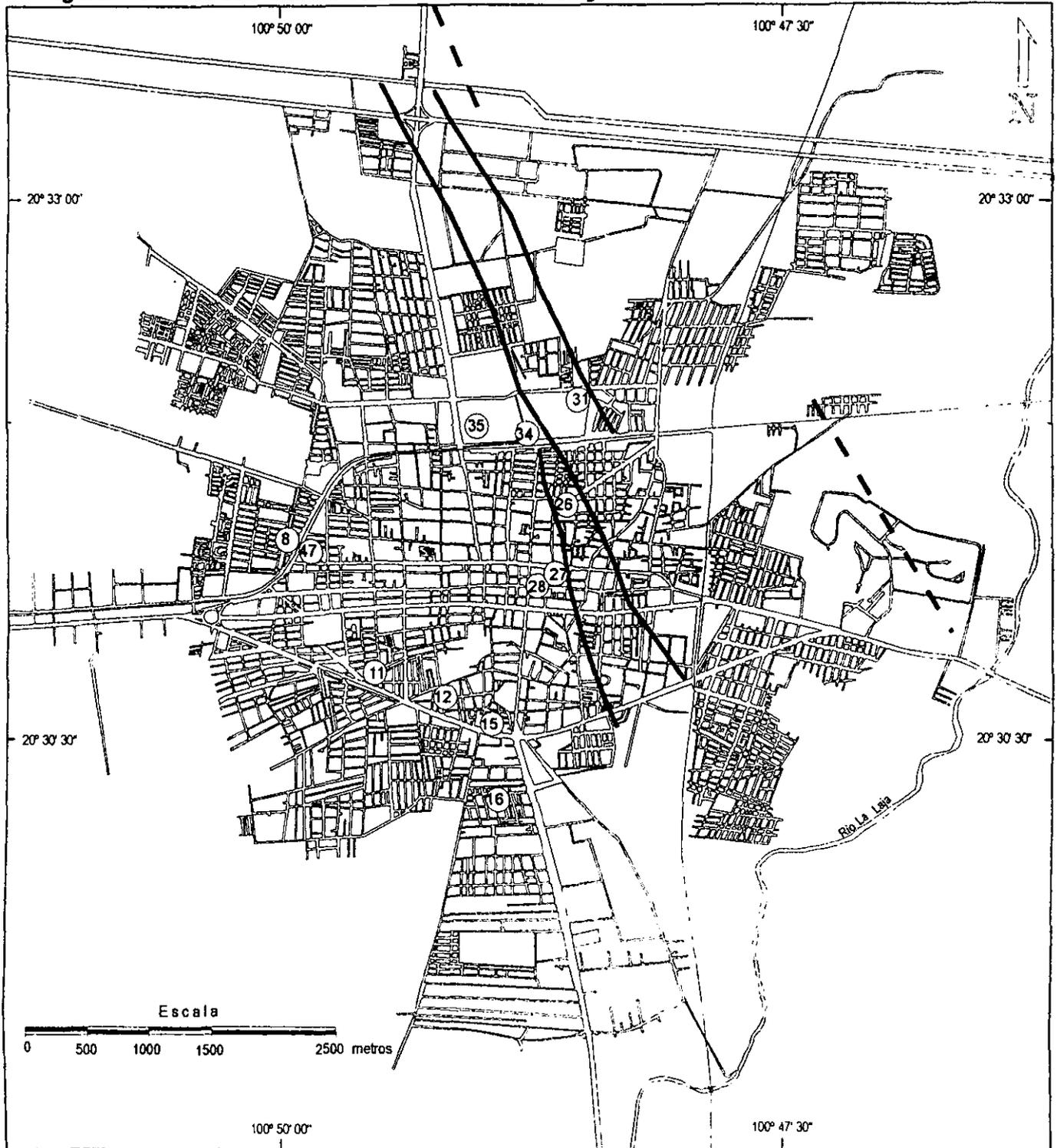
Según SEDUE (1988), la contaminación del acuífero se debe a la filtración de aguas negras a través de los planos de falla, propiciada por la rotura de los conductos de drenaje, lo que ha provocado que 12 pozos en servicio, de los 54, se

encuentren contaminados; han registrado un aumento del contenido de nitratos y de coliformes provocando enfermedades gastrointestinales en los habitantes de la ciudad (ver figura 35).

También contaminan el acuífero las fugas que se generan en los tanques de almacenamiento de gasolineras y líneas de conducción, que llegan a ser corroídas y a su vez, los acomodamientos del terreno en la ciudad producen tensiones y dislocaciones de tuberías; provocando roturas accidentales. En este caso, el hidrocarburo ligero, como puede ser una gasolina, se filtra al subsuelo a través de los planos de falla y pasa hasta llegar al manto acuífero, donde, por ser de menor densidad que el agua, se puede encontrar flotando. Si el hidrocarburo es más pesado, tiende a filtrarse y sedimentarse hacia las partes inferiores del acuífero o puede permanecer absorbido por retención molecular en las partículas del suelo (Arrache, s/f).

Como otro caso adicional, el Río La Laja es una fuente importante de recarga hacia el manto acuífero del municipio, sin embargo, está contaminando, ya que recibe las descargas de aguas residuales que vierte la ciudad. Durante el trabajo de campo se encontró una gran fractura en el cauce del río y se observó que una gran cantidad de agua se iba hacia el subsuelo a través de ésta. Como resultado, los mantos acuíferos que se ubican cerca del Río La Laja, con base en análisis químicos, registran hasta un 60% en el contenido de bacterias (Arrache, s/f).

Figura 35. Pozos contaminados en la ciudad de Celaya



No. Nombre del pozo

8 Santa Anita

11 Arboledas

12 Nicolas de Parra 1

15 Emeteria Valencia

16 Las Flores

26 Alameda

27 Independencia

28 Jardín San Agustín

31 Bosques de la Alameda

34 Silvano Ramos

35 Unidad deportiva

47 Las Fuentes

Fuente: SEDUE 1988 y CNA, 1996.
Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea

Además, los canales a cielo abierto que conducen aguas residuales hacia las zonas agrícolas sufren rupturas, permitiendo su filtración a los mantos subterráneos causa potencial de infecciones y enfermedades (SEDUE, 1988).

Estudios de la Comisión Nacional del Agua han determinado que existe un gran deterioro en la calidad del agua subterránea, por el gran contenido de nitratos y coliformes que presentan. Al respecto, las autoridades no disponen de estadísticas médicas relativas al impacto de la contaminación sobre la población humana, pero se atribuye al menos una fuerte incidencia de enfermedades gastrointestinales en los habitantes de la ciudad, debido a la contaminación de agua (Arrache, s/f).

Daños a la infraestructura de agua potable

De los 54 pozos que se encuentran en operación, unos se encuentran colapsados y otros tantos ya no están en condiciones de seguir abasteciendo agua. En el caso de los colapsados, se debe a que al extraer el agua se van generando cavidades en las profundidades originando desajustes en la estructura del pozo, aunado al problema de subsidencia que hace que los ademes o protecciones del pozo se colapsen o se desfasen (SEDUE, 1988).

A causa de las excesivas extracciones de agua desde las profundidades de los pozos, es sumamente difícil mantener una presión en las redes de agua potable. Por ello, la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, en algunos

puntos de la ciudad, tiene que aplicar restricciones en el suministro de agua, pero prácticamente se hace por la noche y esto es tanto por los problemas de abatimiento de los mantos freáticos, como por necesidades de conservar los equipos en las mejores condiciones posibles (SEDUE, 1988).

PERCEPCIÓN DEL RIESGO

Por medio de la aplicación de encuestas en la población afectada a lo largo de los tres lineamientos se intentó averiguar la manera en que la gente percibe el fenómeno de la subsidencia, su problemática y como percibe la gama de soluciones posibles. El diseño de las encuestas se construyó sobre la base de un sondeo global, según las necesidades y disponibilidad de información.

A continuación se presentan algunos comentarios de la población encuestada, tal y como respondieron al cuestionario.

- ¿Qué va a pasar con el tiempo, se va a acabar de derrumbar mi casa o se va a detener el movimiento?
- Yo rento la casa, el dueño no me dijo nada al respecto. Cuando yo me di cuenta de los daños y le comenté al dueño, el dijo que no habría problema.
- No me importa tanto la afectación a mi vivienda, ya que la acabo de vender para que construyan parte de la Comercial Mexicana.

- Esperemos que esta encuesta sirva para apoyar a las familias que ven afectados sus bienes por las fallas
- Mientras tengamos autoridades como las que existen, nunca se resolverán los problemas que tiene nuestra ciudad. Se necesitan personas honestas que sean responsables con la ciudadanía, no importando su clase social dentro de la comunidad.
- Me gustaría que ustedes que estudian Geografía nos hicieran saber si hay alguna solución al respecto o si se corre algún riesgo al vivir aquí
- Como en mi casa no es muy notable el deterioro, esto ha hecho que no haga caso del peligro y si éste permanece tengo que acostumbrarme a él.
- Es insoportable vivir así, por el hundimiento que existe mi calle se inunda. Ojalá que por medio de este estudio se logre hacer algo y nos liberen de este problema
- Es un problema latente en Celaya pero no debemos olvidar que es un movimiento natural de la Tierra, ocasionado por la falla geológica que atraviesa Celaya
- Estamos preocupados. Ojalá hubiera la posibilidad de que ustedes nos ayuden
- La casa no está muy afectada ya que fue construida sobre una plataforma de concreto

- Queremos tener información de autoridades competentes para saber si debemos de seguir pagando al banco la casa en la que vivimos, ya que está afectada o si hay un seguro que paga el adeudo, por ser un fenómeno natural.

- Me vendieron así la casa y no me di cuenta, pero estoy preocupado por la situación.

- Hemos buscado ayuda en autoridades como JUMAPA y Servicios Generales del Municipio, pero lamentablemente en la mayoría de los casos las autoridades no responden a las peticiones. Cuando nos llegan hacer caso, las únicas acciones que realizan las autoridades son la de arreglar fugas de agua potable y drenaje y recubrir con algún tipo de material las grietas que se encuentran sobre la calle.

- Se nos negó hacer un avalúo bancario, con argumento de que los arquitectos, tienen instrucciones de Catastro de no valuar las casas que estén en un radio de 10 metros cerca de la falla, pues carecen de valor.

El análisis de las encuestas indica varios aspectos importantes:

1. La mayoría de los involucrados consideran que las fallas por subsidencia sólo tienen un origen natural, ésto refleja el desconocimiento sobre el fenómeno, mismo que como ya se señaló es un proceso complejo en el que intervienen causas naturales y causas antrópicas.

2. En general, se espera que únicamente sean las autoridades las que resuelvan el problema.

3. Existen diferencias y variaciones en las opiniones, de acuerdo con la gravedad de daños sufridos y valores culturales de cada persona.

4. La mayoría de los afectados se encuentran en un proceso de adaptación; es decir, están adquiriendo acciones con la intención de reducir los daños.

5. La imagen que tienen los habitantes afectados sobre las posibilidades de controlar o evitar el peligro, suele ser muy diferente de la que tienen técnicos y políticos, de manera que si hay que realizar una política eficaz en relación con los riesgos, la participación popular es imprescindible.

6. En general, la población piensa que no hay mucho peligro y menciona que se tienen que acostumbrar al fenómeno.

7. En algunos casos, como las autoridades no atienden a sus peticiones, ellos mismos tienen que resolver el problema haciendo las reparaciones pertinentes a su casa o a su calle.

8. Algunas personas se encuentran angustiadas y desean que mediante un grupo de investigación científica se les de una solución a su problema o por lo menos que se les haga saber si existe alguna solución.

EVALUACIÓN ESPACIAL DEL RIESGO POR SUBSIDENCIA

La evaluación del riesgo finalmente, se considera como la apreciación de la peligrosidad del fenómeno en términos de afectación a los grupos humanos. Para llegar a la evaluación se manejó la siguiente formulación:

$$\text{Riesgo} = \text{peligrosidad} \times \text{vulnerabilidad}$$

Donde:

Peligrosidad: señala la agresividad del fenómeno

Vulnerabilidad: considera la susceptibilidad a sufrir daño

En la peligrosidad se contempló principalmente el desnivel de los puntos medidos, cabe hacer la aclaración de que como los lineamientos tienen características diferentes se tomó en cuenta grado de desnivel del terreno, para así obtener tres grados de peligrosidad para cada lineamiento (ver cuadros 4-6).

Cuadro 4. Estimación de la peligrosidad de acuerdo al desnivel de los puntos medidos en la falla poniente

Rango del desnivel de los puntos medidos	Grado de peligrosidad
15 - 30 cm.	Bajo
31 - 50 cm	Medio
51 - 65 cm	Alto

Cuadro 5. Estimación de la peligrosidad de acuerdo al desnivel de los puntos medidos en la falla oriente

Rango del desnivel de los puntos medidos	Grado de peligrosidad
20 - 70 cm.	Bajo
71 - 130 cm	Medio
131 - 190 cm	Alto

Cuadro 6. Estimación de la peligrosidad de acuerdo al desnivel de los puntos medidos en la falla Universidad Pedagógica

Rango del desnivel de los puntos medidos	Grado de peligrosidad
20 - 40 cm.	Bajo
41 - 70 cm	Medio
71 - 90 cm	Alto

De manera complementaria, en la peligrosidad se incluyó información referente a la ubicación de pozos contaminados. Estos presentan esta situación por la filtración de aguas negras a través de los planos de falla, propiciada por la rotura de los conductos de drenaje, lo que ha provocado que de los 12 pozos contaminados reportados por (SEDUE, 1988) en 5 de ellos se presente dicho problema.

Por otra parte, dentro de la vulnerabilidad se maneja fundamentalmente el tipo de uso de suelo afectado. Se consideraron las siguientes variables estimando un valor cualitativo (determinado durante el trabajo de campo), para obtener el grado de vulnerabilidad (ver cuadro 7).

Cuadro 7. Estimación del grado de vulnerabilidad de acuerdo al tipo de uso del suelo

Tipo de uso de suelo y de infraestructura	Calidad del material de la construcción	Estimación del grado de las posibles pérdidas materiales (según costos del material)	Estimación del grado de las posibles pérdidas humanas (por el número de personas que habitan o laboran en el lugar)	Estimación del grado de vulnerabilidad
Hospital	Buena	Alto	Alto	Alto
Industria	Buena	Alto	Alto	Alto
Gasolinera	Buena	Alto	Alto	Alto
Escuela	Buena	Alto	Alto	Alto
Vivienda Popular	Baja	Bajo	Alto	Medio
Vivienda Media	Mediana	Medio	Medio	Medio
Vivienda Residencial	Alta	Alto	Bajo	Medio
Comercios (tienda de abarrotes, dulcerías, papelerías, etc.)	Mediana	Medio	Medio	Medio

Oficinas (Bufetes)	Buena	Alto	Bajo	Medio
Bodega de almacenamiento de granos	Mediana	Medio	Bajo	Medio
Convento de San Francisco	Buena	Alto	Medio	Medio
Taller mecánico	Mediana	Alto	Bajo	Medio
Terrenos sin uso aparente	Baja	Bajo	Bajo	Bajo

Asimismo, se tiene en cuenta la existencia de 9 pozos dentro de la zona afectada debido a que son susceptibles de ser contaminados por las fallas.

De acuerdo a los grados de peligrosidad y vulnerabilidad se realizaron las combinaciones correspondientes y se obtuvieron tres grados de riesgo (ver cuadro 8).

Cuadro 8. Grados de riesgo de acuerdo a la peligrosidad y vulnerabilidad.

Peligrosidad de acuerdo al desnivel de los puntos medidos

	Alta	Media	Baja
Alta	A A	M A	B A
Media	A M	M M	B M
Baja	A B	M B	B B

Riesgo Alto = AA MA AM

Riesgo Medio = MM BA AB

Riesgo Bajo = BB BM MB

Tomando en cuenta la información referente a la peligrosidad y vulnerabilidad, se conformó una matriz de datos (tratados cualitativamente) de las cuadras o manzanas afectadas (ver cuadros 9-11).

Cuadro 9. Matriz de evaluación del riesgo por subsidencia en la falla poniente

Manzanas	Calle	Vivienda popular		Vivienda Media		Vivienda Residencial		Industria	Sin uso aparente	zona comercial y de servicios	Pozo	Pozo contaminado	Desnivel hacia el Oeste	Pv	Grado de riesgo
		Hab	Deshab	Hab	Deshab	Hab	Deshab								
M1	H. de Nacozi / Guadalupe					1							15 cm	BxM	Bajo
M2	Guadalupe / 20 de Noviembre					2							16 cm	BxM	Bajo
M3	20 de Noviembre / Sinaloa					1	1						17cm	BxM	Bajo
M4	Sinaloa / Guanajuato					2							19 cm	BxM	Bajo
M5	Guanajuato / Oaxaca					1							20 cm	BxM	Bajo
M6	Oaxaca / Yucatán					4							23 cm	BxM	Bajo
M7	Yucatán / José Aguilar / Maya					2				1 Oficina			27 cm	BxM	Bajo
M8	José Aguilar Y Maya / Narciso Mendoza					5	1			1 Estudio Fotográfico y 1 Tienda de abarrotes	1	1	30 cm	BxM	Bajo
M9	Ignacio Manuel Altamirano / La Paz				1					1 Negocio			36 cm	MxM	Medio
M10	La Paz / 5 de Mayo	2	1	2						11 Negocios 1 Hospital			47 cm	MxM	Alto
M11	La Paz / Vicente Riva Palacio												58 cm	AxM	Alto
M12	5 de Mayo / Foo I. Madero				6					1 Oficina 11 Negocios 1 Edificio 1 Kinder			65 cm	AxM	Alto
M13	Foo I. Madero / Av. Miguel Hidalgo	1	2			1 Edif.				2 Negocios y Convento de San to			65 cm	AxM	Alto
M14	Cda. Venustiano Carranza / Av. Miguel Hidalgo		2										65 cm	AxM	Medio
M15	Av. Miguel Hidalgo / Democracia y Libertad									2 comercios 1 gasolinera 1 escuela			65 cm	AxM	Alto
M16	Democracia y Libertad / Sr. Adolfo López Mateos				1					4 comercios			65 cm	AxM	Alto
M17	Sr. Adolfo López Mateos / Luis Valesco									4 comercios	1	1	65 cm	AxM	Alto
M18	Ignacio Ramírez / Fray Pedro de Gante									1 comercio			65 cm	AxM	Alto
M19	Fray Pedro de Gante / Castorena				2								62 cm	AxM	Alto
M20	Castorena / Motolina												58 cm	AxM	Alto
M21	Motolina / José María Pino Suárez												56 cm	AxM	Alto
M22	José María Pino Suárez / Eduardo Jordán									2 comercios	2		54 cm	AxM	Alto
M23	Montes de Oca / J. Villagómez									5 comercios			48 cm	MxM	Medio
M24	J. Villagómez / Rafael Martínez									1 comercio			48 cm	MxM	Medio
M25	Rafael Martínez / Av. Constituyentes									4 comercios 1 banco 1 bodega			45 cm	MxM	Medio
M26	Rafael Martínez / Av. Constituyentes									2 locales de la central de abasto			41 cm	MxM	Medio
M27	Av. Constituyentes / Paseo del sol									1 local de la central de abasto			37 cm	MxM	Medio
M28	Av. Constituyentes / Paseo del sol									1 local de la central de abasto			34 cm	MxM	Medio
M29	Av. Constituyentes / Paseo del sol									1 local de la central de abasto			30 cm	BxM	Bajo

Cuadro 10. Matriz de evaluación del riesgo por subsidencia en la falla oriente

Manzanas	Calle	Vivienda Popular		Vivienda Media		Vivienda Residencial		Industria	Sin uso aparente	Servicios	Pozo	Pozo contaminado	Desnivel hacia el Oeste	PXV	Grado de riesgo
		Hab.	Deshab.	Hab.	Deshab.	Hab.	Deshab.								
M1	Carrino e San Martín de Camargo / Autopista a Salamanca								1				20 cm	BxB	Bajo
M2	Autopista a Salamanca / Plan de Cuernavaca		1						1				40 cm	BxB	Bajo
M3	Plan de Cuernavaca / Plan de agua preta	1								1 Taller			50 cm	BxB	Bajo
M4	Av Tecnológico / Norte 11							2					80 cm	BxA	Medio
M5	Av México - Japón / Sur 9									1 CONALEP			70 cm	BxA	Medio
M6	Av México - Japón / Poniente 7												80 cm	BxB	Medio
M7	Poniente 7 / Manuel Orozco y Berra									1 banda de abarrotas			80 cm	BxB	Medio
M8	Manuel Orozco y Berra / Fco. Javier Alegre												80 cm	BxB	Medio
M9	Fco. Javier Alegre / Tezozómoc	8										1	85 cm	BxB	Medio
M10	Fco. Javier Alegre / Tezozómoc												90 cm	BxB	Medio
M11	Fco. Javier Alegre / Tezozómoc												95 cm	BxB	Medio
M12	Fco. Javier Alegre / Tezozómoc												100 cm	BxB	Medio
M13	Tezozómoc / Antonio García Cubas			23	1					1 banda de abarrotas			105 cm	BxB	Medio
M14	Tezozómoc / Antonio García Cubas												110 cm	BxB	Medio
M15	Tezozómoc / Antonio García Cubas	3		7									115 cm	BxB	Medio
M16	Antonio García Cubas / Av. Imigación												120 cm	BxB	Medio
M17	Av. Imigación / División del sur									1Eac. Fco. Villa		1	135 cm	AxA	Alto
M18	División del sur / Heroes de Nacozari					1						1	140 cm	AxM	Alto
M19	Heroes de Nacozari / Guadalupe												145 cm	AxM	Alto
M20	Guadalupe / 20 de Noviembre					4	2						150 cm	AxM	Alto
M21	20 de Noviembre / Sinaloa					2							154 cm	AxM	Alto
M22	Sinaloa / Guanajuato					2							156 cm	AxM	Alto
M23	Guanajuato / Oaxaca					3							163 cm	AxM	Alto
M24	Guanajuato / Jalisco					1							166 cm	AxM	Alto
M25	Guanajuato / Jalisco					1				3 Comercios			172 cm	AxM	Alto
M26	Jalisco / Oaxaca					1							176 cm	AxM	Alto
M27	Jalisco / Oaxaca			1									181 cm	AxM	Alto
M28	Oaxaca / José Aguilera I. Maya											1	185 cm	AxM	Alto
M29	Agustín Arroyo Chico / Ignacio Manuel Altamirano	1								1 Comercio			190 cm	AxM	Alto
M30	Ignacio Manuel Altamirano / La Paz					2							175 cm	AxM	Alto
M31	La Paz / Sonora					1							180 cm	AxM	Alto
M32	Sonora / Río Bravo					1							170 cm	AxM	Alto
M33	Río Bravo / Tenochtitlan	1		5		1				1 Taller mecánico			180 cm	AxM	Alto
M34	Tenochtitlan / Prof. Fco. I. Madero	1	3							1 Sala de belleza			150 cm	AxM	Alto
M35	Prof. Fco. I. Madero / José Ma. Morales y Pavón	1	2										120 cm	BxB	Medio
M36	José Ma. Morales y Pavón / Ma. Dolores Avellanet		3							1 Madereria			80 cm	BxB	Medio
M37	Ma. Dolores Avellanet / Biv. Adolfo López Mateos		1							1 Hotel			80 cm	BxB	Bajo
M38	Plan de Ayuda / Manuel Antonio Ocio y Ocampo												40 cm	BxB	Bajo
M39	Biv. Adolfo López Mateos / Doctor José María Luis Mora	1	2	2						Afectación del DIF y 1 vulcanizadora			36 cm	BxB	Bajo
M40	Doctor José María Luis Mora / División del Norte			7						1 Bodega			32 cm	BxB	Bajo
M41	Prof. Reforma / Pino Suárez		2		1				1	1 Comercio y 2 talleres mecánicos			29 cm	BxB	Bajo
M42	Pino Suárez / Av. Constituyentes			1					1	Afectación en CORETT			25 cm	BxA	Medio

Cuadro 11. Matriz de evaluación del riesgo por subsidencia en la falla Universidad Pedagógica

Manzanas	Calle	Vivienda Popular		Vivienda Media		Vivienda Residencial		Industria	Sin uso aparente	Servicios	Pozo	Pozo contaminado	Desnivel hacia el oriente	P:V	Grado del riesgo
		Hab	Deshab	Hab	Deshab	Hab	Deshab								
M1	Camino a San Martín de Camargo / Autopista II Querétaro								1				20 cm	BxB	Bajo
M2	Autopista a Querétaro / Poniente 4							2					30 cm	BxA	Medio
M3	Poniente 4 / Poniente 2							2					50 cm	MxA	Alto
M4	Poniente 2 / Av. México - Japón							1					53 cm	MxA	Alto
M5	Av. México - Japón / Norte 11							1					57 cm	MxA	Alto
M6	Av. México - Japón / Sur 9							1		1 Sec. Tec. 37			60 cm	MxA	Alto
M7	Av. México-Japón / Sur 5									1 Esc.CECAT			68 cm	MxA	Alto
M8	Poniente 7 / Fco. Javier Alegre							1					77 cm	AxB	Medio
M9	Fco. Javier Alegre / Presa de los Santos	3							1				85 cm	AxB	Medio
M10	Presa de los santos / Presa Endhó	1							1	Barda del tecnológico			86 cm	AxB	Medio
M11	Presa de la Olla / Presa Infernillo	6								Comercio y Carpintería			87 cm	AxB	Alto
M12	Presa Infernillo / Av. Irrigación									Taller y Univ. Pedag.			88 cm	AxA	Alto
M13	Av. Irrigación / Patricio Leyva									Escuela	1		90 cm	AxA	Alto
M14	Av. Irrigación / Presa Nezahualcoyotl									1 Comercio			75 cm	AxB	Alto
M15	Presa Nezahualcoyotl / Fuerzas Zapatas			1		4							80 cm	MxB	Medio
M16	Fuerzas Zapatas / Retorno de las fuerzas zapatas			4	3		3						56 cm	MxB	Medio
M17	Retorno de las fuerzas zapatas / Antonio Barona			3	2	1	1						52 cm	MxB	Medio
M18	Antonio Barona / Amador Salazar			6			3						48 cm	MxB	Medio
M19	Amador Salazar / Caudillo del sur			4			2						44 cm	MxB	Medio
M20	Caudillo del sur / Lucio Blanco					1					1		40 cm	BxB	Bajo

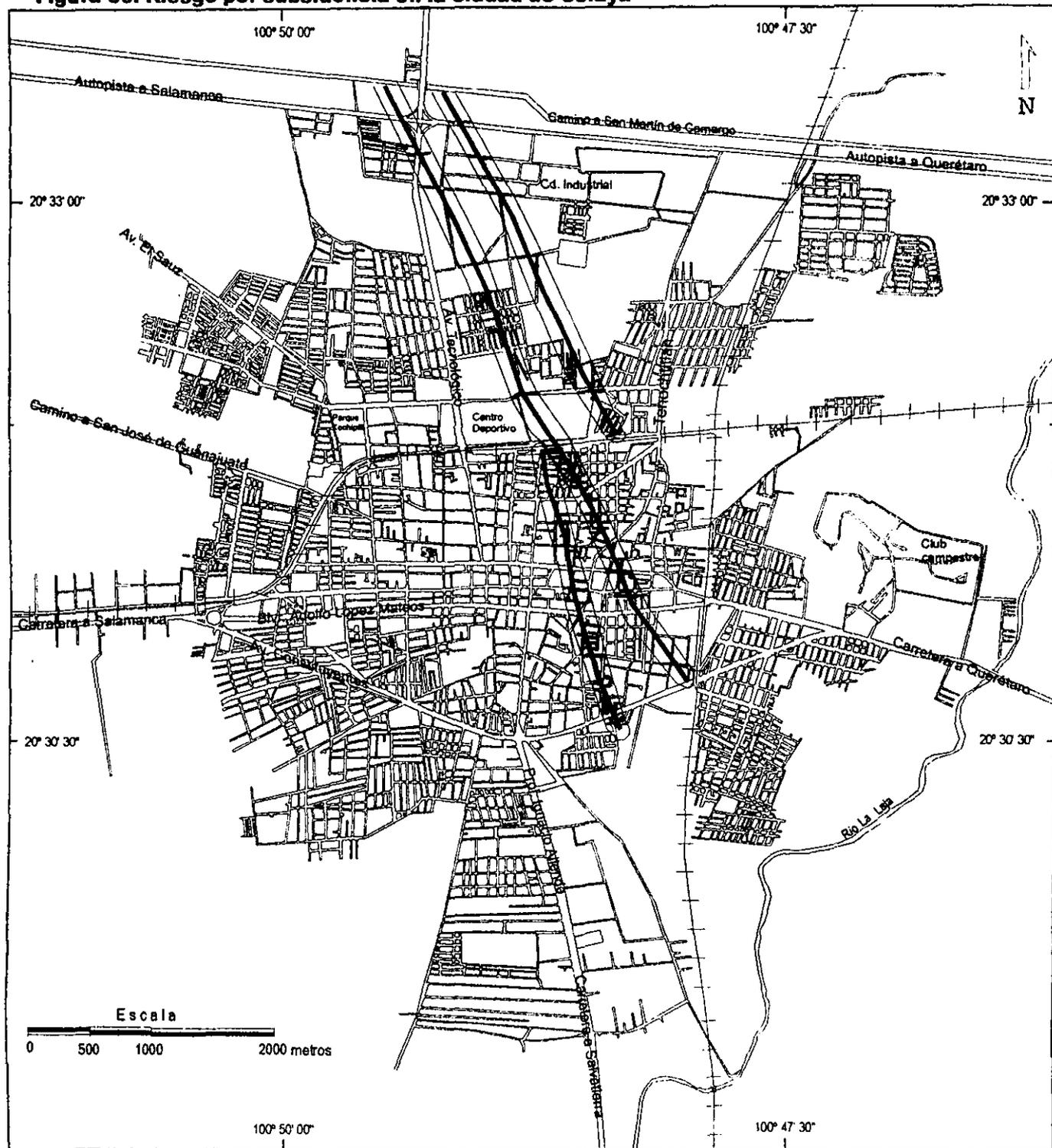
Por otra parte, se observó que la afectación, en la mayoría de los casos, se manifiesta hasta 100 metros a ambos lados del lineamiento principal. Por lo tanto se definió, de manera uniforme, una zona de influencia para representar el nivel de afectación por subsidencia, considerando 100 m. de ambos lados. Aunque cabe hacer la aclaración de que, la mayor afectación se da en las cercanías del lineamiento principal y va disminuyendo conforme uno se aleja de éste. Así los valores de riesgo alto, medio y bajo, fueron plasmados por zonas de manera que se concibió un mapa que valorara en conjunto una situación específica del riesgo por subsidencia (ver figura 36).

Una vez con el mapa, se realizó una cuantificación por grado de riesgo para obtener el área susceptible de ser afectada por el avance del proceso de subsidencia y los resultados fueron los siguientes: riesgo medio con una superficie afectada de 1 259 871 m², riesgo alto con 897 612 m² y riesgo bajo con 518 595 m².

También se anexó información referente al número de construcciones afectadas sobre el lineamiento principal dentro de un perímetro de 50 metros.

Con estos datos, con el trabajo de campo y el estudio realizado, se determinó que el fenómeno de la subsidencia está afectando de manera considerable la porción centro-oriente de la ciudad, por lo cual, la comunidad y las autoridades correspondientes deben poner atención a esta situación, antes de que haya pérdidas humanas y se acumulen las económicas.

Figura 36. Riesgo por subsidencia en la ciudad de Celaya



Grados de riesgo		Area afectada (m2)	Número de construcciones y calles afectadas (sólo en un perímetro de 50 m.)	
	Alto	9 578		
	Medio	14 348	Poniente	107
			Oriente	124
	Bajo	2 143	Universidad Pedagógica	65
				19

Elaboró: Rosa Merla Vargas Venhumea

Por tanto, se espera que las medidas propuestas para el control de la subsidencia sean consideradas o por lo menos analizadas, para mejorar la infraestructura de la ciudad y dar mayor seguridad a las personas.

MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA SUBSIDENCIA

De acuerdo con lo expuesto en esta investigación, a continuación se enlista una serie de medidas que pueden aplicarse para minimizar los efectos de la subsidencia. En estas se consideraron aspectos propuestos por la población afectada, por las autoridades, investigadores y por la autora de esta tesis.

1. Medidas relacionadas con el manejo del agua, en el campo y en la ciudad.

a) Respecto a la sobreexplotación

- Reducir el volumen de extracción para así establecer un equilibrio entre la sobreexplotación y la recarga del acuífero, con la finalidad de estabilizar el nivel piezométrico y se desacelere el proceso de compactación de las arcillas.
- Llevar un control de extracción mediante la instalación de medidores autorizados a cada pozo.

b) Tratamiento de aguas residuales

- Llevar a cabo el tratamiento de aguas residuales para que estas puedan ser reusadas en la agricultura de riego, en la industria y en algunos casos para uso

doméstico.

- Se sabe que el manejo de aguas residuales es difícil por el asentamiento del terreno, que facilita las condiciones para la fracturación de las tuberías. Sin embargo, se debe hacer una inspección periódica y colocar protecciones adecuadas a las tuberías.

c) Recarga de mantos acuíferos

- Recargar artificialmente el acuífero con los excedentes ocasionales de ríos y arroyos, tomando en cuenta si los estratos funcionaran como filtro para evitar la contaminación de los mantos acuíferos por microorganismos, si esto no se cumple, entonces darle un tratamiento previo a esta agua.

- Con la situación que presentan los acuíferos, es necesario crear un mayor número de depósitos superficiales de agua, que además de almacenar el agua de lluvia para la recarga de los mantos freáticos y a su vez estabilizar los niveles de humedad atmosférica, mejorando las condiciones climáticas del sitio.

d) Fuentes alternas de abastecimiento

- JUMAPA, en el año de 1989, exploró mediante la perforación de pozos el Cerro de la Gavia, detectando la existencia de un acuífero confinado, que al parecer no tiene relación directa con el acuífero de la ciudad y se tenía planteado que a fines de 1991 estas aguas llegarían a la población, sin embargo, no se

cumplió con lo establecido. Por tanto, se debe hacer el esfuerzo por tener como fuente alterna de abastecimiento el acuífero del cerro de la Gavia.

- Buscar la manera de traer agua desde la presa Ignacio Allende, aunque ello requerirá de un estudio más detallado, que haga factible la generación de infraestructura para traer desde este lugar agua para los habitantes.

2. De las construcciones

- En el caso de las construcciones. Se debe evitar la construcción de edificaciones rígidas, sobre las fallas o en sus cercanías.

- Tal vez las compañías de seguros deberían de promover algún tipo de indemnización para cubrir los daños ocasionados por la subsidencia.

- Los expertos deben hacer estudios sobre los tipos de materiales que resistan el esfuerzo por subsidencia.

- Los ingenieros, geógrafos, arquitectos, etc. deben considerar los casos de desplome para proponer medidas y códigos de construcción para evitar problemas ante el desplome de las casas.

- Dentro de las soluciones que los damnificados plantean están: la de recibir un terreno pero que este en buenas condiciones ya sea en la ciudad o en las cercanías (no quieren fuera, porque en Celaya se encuentra su fuente de

trabajo); que les den facilidades para empezar la construcción de una nueva casa; reconocer justamente la afectación y dar una gratificación por daños y expedir permisos para tirar casas afectadas para así venderlas como terrenos.

3. Monitoreo

- Iniciación de una investigación multidisciplinaria (geológica, geofísica, geográfica, etc.) con el objetivo de obtener un mejor conocimiento del problema. Para después señalar con seguridad zonas estables (favorables) e inestables (desfavorables) y formar la base de estrategias futuras para controlar o mitigar de alguna manera el problema.

- Establecer un método mediante el cual se pueda predecir el fenómeno. En este caso se sugiere hacer mediciones continuas sobre los hundimientos de tierra y analizar los datos sobre volumen de extracción de agua de cada pozo, para así utilizar esta información con respecto a un plan de ingeniería civil.

- Elaboración de un programa en el que se recojan el máximo de datos sobre los daños originados para llevar a cabo evaluaciones.

- Identificación de las nuevas áreas peligrosas, reflejándolas en mapas y fotografías aéreas.

- Informar continuamente a la población sobre el riesgo que esta corriendo.

- Censo inmediato de las áreas que empiecen a padecer este tipo de problemas.
- Llegar a un acuerdo entre todos los organismos interesados sobre un conjunto de técnicas para resolver o mitigar el problema.

4. Planificación u ordenamiento urbano

- Que las nuevas redes de conducción no crucen las líneas de falla.
- Poner en ejecución maniobras para evitar que el equipo de bombeo se hunda o se dañe por efecto de la subsidencia.
- Hacer conciencia entre los agricultores, los industriales y la población para que de alguna manera racionar o hacer el uso eficiente del agua.
- El río la Laja es un factor de gran importancia, dentro del entorno natural. Debido a las condiciones en que se encuentra actualmente, por lo cual se hace necesario llevar a cabo un dragado y desazolve, rectificar su trazo, consolidar los taludes a lo largo de las márgenes aprovechando las condiciones y características que presenta el flujo de agua durante las diferentes estaciones del año.
- Incrementar el número de drenes y canales y sobre todo darles mantenimiento a los que ya existen, con el fin de que cumplan mejor sus funciones de riego.

- Controlar el crecimiento de la población para decrecer la demanda de agua
- Para lograr la desconcentración y descentralización de la estructura urbana, se deben de cambiar los índices de utilización del suelo y no permitir el crecimiento de actividades en la zona de la ciudad que ya se encuentren saturadas.
- Realizar el rescate y conservación del patrimonio cultural que hasta ahora se encuentre dañado.
- Por lo que respecta a la vulnerabilidad de la población, hay que analizar los espacios donde actúa y una vez realizado esto hay que proponer un ordenamiento territorial de acuerdo con las condiciones naturales y socioeconómicas de la zona.
- Normar el uso del suelo, haciendo restricciones y cambios pertinentes, por ejemplo en el caso de la vivienda, no se debe permitir viviendas con alta densidad de población.
- Es una prioridad reforestar la zona de Celaya para mejorar y mantener la estabilidad y el equilibrio ambiental, lo cual nos permitirá tener condiciones atmosféricas adecuadas, optimizar la calidad de agua y preservar los suelos de la región.

- En el caso de la industria, se debe controlar su expansión y que de alguna manera las autoridades correspondientes certifiquen si las industrias están cumpliendo con las normas establecidas sobre el impacto ambiental y además que eviten al máximo la contaminación.

- En el caso de los espacios afectados, se puede sustituir el uso de suelo actual por: áreas verdes, parques recreativos o ubicar estratégicamente estacionamientos vehiculares.

5. Campañas educativas

- A través de las escuelas hay que concientizar a la población estudiantil sobre el tema de los riesgos en el mundo, en México y principalmente en su ciudad capital para así adquirir una cultura de riesgos.

- Dar conferencias o pláticas en un lenguaje entendible para la población, acerca de los riesgos para así lograr que está sepa que hacer en caso de que se presente uno y así tomar medidas preventivas.

6. Políticas

- La población sugiere que las autoridades reconozcan su responsabilidad para solucionar parte de los daños ocasionados por las fallas.

- Es importante considerar que el costo de las medidas planteadas no es fácil, pero requiere que las autoridades competentes se desocupen de sus “juegos políticos” para pensar en su comunidad ya que muchas de estas medidas requerirán vigor legal.

CONCLUSIONES

El riesgo por subsidencia en la ciudad de Celaya, Gto. se debe principalmente a dos elementos: el primero se refiere a un mal manejo de los recursos hídricos, en especial, la sobreexplotación de los mantos acuíferos y, el segundo, tiene que ver con el tipo de material que se encuentra en el subsuelo de la porción afectada, relacionado a su vez con la forma y profundidad del basamento rocoso, sobre el cual yace.

Cabe mencionar que la sobreexplotación del acuífero, es consecuencia de factores como el crecimiento de la población, a la agricultura de riego y al establecimiento de industrias que requieren de agua para su funcionamiento.

Por lo que se refiere al crecimiento poblacional, éste originó una gran demanda de agua sobre todo a partir de los años 80, pues dadas las características físicas, económicas y sociales que presenta la ciudad hace que sea un polo de atracción para la población (principalmente rural).

Lo anterior se constata por lo siguiente, según el Plan Director de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Celaya al año 2012, tenía como estrategia lograr que para el año 2000, la ciudad tuviera 340 000 habitantes como número ideal. Esta cifra ya se rebasó, pues en 1995 la población censada fue de 354 473 habitantes. Lo que quiere decir que no existe un control del crecimiento de población por parte de las autoridades.

El plano rector del crecimiento de la ciudad no ha funcionado. Además, en la actualidad, se encuentran asentamientos irregulares algunos de ellos originados gracias a manipulaciones políticas, más que a la necesidad de vivienda. Por otra parte, se siguen abriendo nuevas zonas habitacionales carentes de muchos servicios, el principal, agua potable.

Ante esta situación, la sociedad en primer término debe de estar consciente de no desperdiciar el agua ante los bajos niveles que ya se registran en los mantos acuíferos y en consecuencia, que el suministro del líquido hacia los hogares se hace más difícil.

Por lo que respecta a la agricultura de riego, los suelos de la zona de Celaya tienen vocación para esta actividad y gracias al riego, se obtienen numerosas cosechas, pero lamentablemente el agua, en su mayoría, proviene de pozos ubicados en la periferia de la ciudad, ayudando a que el nivel freático disminuya notablemente.

Por lo que se refiere a la industria, ésta requiere de grandes cantidades de agua para funcionar adecuadamente misma que proviene del manto acuífero de la propia ciudad, contribuyendo también a la escasez. Además, muchas de las industrias carecen de plantas de tratamiento para sus aguas residuales, generando un cambio tanto en la alteración del régimen hidrológico, como en la ecología por la contaminación que causan, sin embargo, las autoridades municipales no han querido "tocarlas".

Por otra parte, de acuerdo al tipo de materiales que conforman el subsuelo, el análisis realizado nos lleva a determinar que existe una correlación entre las fuerzas de bombeo del agua subterránea y la consolidación de los depósitos (arcillas). A su vez, la consolidación de las arcillas se relaciona con su grado de elasticidad. En este caso, las arcillas son elásticas, por lo tanto, la subsidencia puede ser reversible. Esto significa que independientemente del tiempo, aunque la pérdida de agua sea grande, si se deja de bombear, las arcillas pueden recobrar su estado original y los hundimientos ya no se manifestarán.

Además, una vez que se tengan las medidas para el control de la subsidencia, debe considerarse la participación de los directamente afectados para determinar el éxito o fracaso de las propuestas de reconstrucción. Ya que la imagen que tienen los habitantes afectados sobre las posibilidades de controlar o evitar el peligro, suele ser bastante diferente de la que tienen técnicos y políticos, de manera que si hay que realizar una política eficaz en relación con los riesgos naturales y antrópicos, la participación popular es imprescindible.

Más adelante, es necesario que investigadores de ciencias de la Tierra, entre otras, establezcan métodos más precisos para medir el hundimiento en función de la sobreexplotación del agua, así como otras características del fenómeno, con la finalidad de conocerlo mejor y buscar alternativas para disminuir, por ejemplo, su velocidad.

Ahora, desde el punto de vista de la percepción del riesgo el fenómeno de la subsidencia altera o rompe el funcionamiento normal de la población afectada

generando diferentes concepciones de acuerdo con la valoración relativa que cada persona tiene del fenómeno.

De acuerdo con la información recabada en las encuestas aplicadas, se percibió que la mayoría de la población no está informada sobre la situación a la que se expone, por tal motivo, mucha gente sigue llegando a la zona afectada en donde, muchas veces, los espacios son ocupados por personas de escasos recursos, en zonas de alto riesgo. Por esto, es necesario reforzar la educación a través de información para crear conciencia sobre la cuestión del riesgo en su comunidad.

Además, la población afectada ha tenido que enfrentarse con sus propios recursos al fenómeno, es decir, los costos en cuanto a pérdidas materiales se refiere son cubiertos por ellos mismos, mientras que las autoridades y personas no afectadas responden de manera errática o evasiva. Pero también es importante mencionar que mucha población quiere que sólo las autoridades resuelvan el problema, sin la participación de ellos.

Como resultado de lo anterior, se concluye que conforme a las concepciones que cada individuo tiene del peligro se da el tipo de adaptación. Es por eso que en la ciudad se están dando tres formas de adaptación al riesgo:

1. Ocupación persistente en el área de riesgo
2. Con medidas de protección (reparación constante a sus viviendas)

3. Abandonando asentamientos y estructuras dañadas o destruidas. Pero reubicándose cerca de la ciudad.

Esto permite determinar que la existencia del riesgo por subsidencia no es razón suficiente para limitar el crecimiento de la ciudad, dado el alto interés económico, pues como ya mencionó, es un centro de desarrollo comercial e industrial muy importante para la región. Además, sirve de base para el surgimiento y desarrollo de localidades periféricas, funcionando como centro de conexión con el medio rural.

Por otro lado, a lo largo del desarrollo de esta investigación se descubrió que en los estudios ya realizados, no se maneja la relación naturaleza-sociedad, por lo que ahora debe ser un requisito, y así, entender el funcionamiento del hombre en la Tierra. Además, se debe reconocer la importancia de la geografía como un elemento indispensable en este análisis, porque ésta integra fácilmente ambos elementos.

Asimismo, si las autoridades contemplan la idea de realizar estudios de riesgos, los resultados arrojarían múltiples enseñanzas, no sólo para el grupo social afectado, sino también para la sociedad en general y para las autoridades que los lleven a cabo.

Para esto se necesita que los organismos que tienen información referente al tema proporcionen todos los datos necesarios, que se realice mucho trabajo de

campo, que se apoye económicamente a los que desarrollen la investigación y que participe la población de la zona en estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar Garrido, J. (1990). "Problemática del agua superficial en el Estado de Guanajuato". En : Memoria. *Análisis de la problemática del agua y perspectivas para la modernización de su uso en la agricultura de Guanajuato*. SARH, INIFAP. Campo experimental Bajío. Celaya, Gto. Pp. 10-14.

Aguilar Sánchez, G. (1993). *Las regiones agrícolas de Guanajuato*. UACH, México. Dirección de difusión cultural. 318 p.

Aranda Portal, C. (1993). *II Informe de gobierno municipal*. Ediciones del H. Ayuntamiento de Celaya. Pp. 1-64.

Arrache Hernández, H. (s/f). *Estudio de la contaminación de la ciudad de Celaya, Guanajuato*. 191 p.

Arzate Aguirre, R. (1996). *Evaluación y zonificación del riesgo de hundimiento de tierras minadas en el municipio de Nicolás Romero, Edo. de México*. Tesis, Lic. en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

BANAMEX (1980). *BANAMEX en Celaya 1905/1980*. Departamento de Prensa del Banco Nacional de México, S.A. 36 p.

Bell, F.G. (1988). "Subsidence associated with the abstraction of fluids". In: *Engineering Geology of Underground Movements, Geological*. Society Engineering Geology Special Publication. No.5 Pp. 363-376.

Bermúdez Chaves, Marlén. (1994). "Vulnerabilidad social y organización ante los desastres naturales en Costa Rica". En: *Viviendo en riesgo*. Colombia. PP. 121-136.

Bertalanffy, L. (1984). *Teoría general de los sistemas*. México, D.F. 311 p.

Besoain, E. (1985). *Mineralogía de arcillas de suelos*. Ed. CIDIA. San José, Costa Rica. Pp. 384-390.

Bocco Verdinelli, G. (1983). *Estudio geomorfológico de la región comprendida en la carta Querétaro 1:250 000*. Tesis de maestría en Geografía.

Burton, I. y Kates, R. 1964. *The perception of natural hazards in resource management*. *Natural Resources Journal*. No. 3(3). Pp. 412-441.

Calvo García-Tornel, F. (1984). *La Geografía de los riesgos*. Universidad de Barcelona. Barcelona España. (54), Noviembre. 39 p.

Capel, H. (1973). *Percepción del medio y comportamiento geográfico*. En: *Revista de Geografía*. Volumen II. Números 1-2. Enero-Diciembre. Depto. de la Universidad Barcelona, España. Pp. 58-147.

Capitanelli, R. (1994). *Concepción geográfica de paisaje, erosión y formas de cartografiarlas*. Academia Nacional de Geografía. Buenos Aires, Argentina. Pp. 16-25.

Carreño Maldonado, A. (1992). *Imagen de Celaya*. Ed. Imprecolor Industrial, México

CENAPRED (1991). *Los desastres en el mundo. Decenio Internacional para la reducción de desastres naturales*. En: "Prevención". CENAPRED. México, D.F. (4), Octubre. Pp. 24-25.

Coll-Hurtado A.(coord). (1986). *Ciudades alternativas para la desconcentración*. Instituto de Geografía, UNAM México. Pp. 1-14.

Comisión Nacional del Agua (1981). *Estudio geohidrológico Valle de Celaya, Gto*. Contrato No. SGA 89-56. México, D.F.

----- (1991). *Estudio geohidrológico de los valles de Silao- Perjamo en el estado de Guanajuato*. Contrato No. GAZ 80-75. México, D.F.

Comisión Nacional de Ecología (1992). *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al medio ambiente 1989-1990*. México. 260 p.

Domínguez Corona E. e Izaguirre Mendoza M. (1988). *Monografía, geografía, gentes y actualidad del municipio de Celaya*. Ediciones del H. Ayuntamiento. Celaya, Gto. 178 p.

- Duchaufour.** (1984). *Edafogénesis y Clasificación*. Ed. Masson, S.A. España. Pp. 188, 273-289.
- FitzPatrick, E. A.** (1984). *Suelos, su formación, clasificación y distribución*. Ed. CECSA, México. Pp. 335-339.
- Fournier E. M.** 1979. *Objectives of volcanic monitoring and prediction*. En: Journal of Geology Society. Vol. 136. London, Great Britain. Pp. 321-326.
- García Miranda, E.** (1987). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen*. Instituto de Geografía, UNAM. México. Pp. 109-113.
- García Romero, A.** (1993). *Análisis geomorfológico de la distribución de riesgos naturales en la delegación Cuajimalpa de Morelos, D.F.* Tesis, Lic. en Geografía. Facultad de filosofía y letras, UNAM, México. Pp. 1-25.
- Gelman, O y Macías, S.** (1983). *Conferencia mundial de sistemas* . Resúmenes extendidos. 11 al 15 de julio. Caracas, Venezuela. Pp. 1-5.
- Gelman, O.** (1992). *Prioridades de la prevención de desastres*. En: "Prevención". CENAPRED. México, D.F. (2), Mayo. Pp. 16-17.
- INEGI-SPP** (1980). *Síntesis Geográfica del Estado de Guanajuato*. México. D.F. 197 p.
- INEGI** (1992). *XI Censo de población y vivienda, 1990*. Guanajuato.
- (1995). XIV Censo industrial. Censos Económicos 1994. Guanajuato. Pag. 10.
- (1997). *Conteo de población y vivienda, 1995*. Guanajuato. Resultados definitivos.
- Jaramillo Duarte, A.** (1989). *La muy noble y leal ciudad de Celaya de la Purísima Concepción*. Imprenta Franciscana, Celaya, Gto. 105 p.
- JUMAPA** (1992). *Agua para Celaya*. H. Ayuntamiento de la ciudad de Celaya, Guanajuato.

Lee, D. (1992). *Natural Hazards. Local, National and global*. Oxford University Press, inc. United States of America. Pp. 1-10.

Lofgren, B.N. (1979). "Changes in aquifer system properties with groundwater depletion". In: *Evaluación and prediction of subsidence, proceedings speciality*. Conference of the american society of civil engineers. Gainsville. Pp. 26-46.

Lugo Hubp, J. (1989). *Diccionario Geomorfológico*. Instituto de Geografía. UNAM, México. 337 p.

----- (1990) *El relieve de la República Mexicana*. Instituto de Geología. UNAM, México.

Macías, J. M. (1993). "Prolegómenos al estudio de desastres en México". En: *Analizando el desastre en Guadalajara*. CIESAS. México, D.F. Pp 15-23.

----- (1994). "Alerta. Un capitulo de la prevención contra el desastre". En: *Desastre en Guadalajara*. Notas preliminares y testimonios. CIESAS. México, D.F. Pp 15-23.

Malpica Sánchez, I. F. (1997). *Análisis de la subsidencia en la ciudad de Aguascalientes, desde un enfoque geológico ambiental*. Tesis. Ingeniero geólogo. Facultad de ingeniería. UNAM, México.

Mansilla, E. (1993). "Desastres y Desarrollo en México". En : *Desastres y sociedad*. La Red: Red de estudios sociales. Jul. - Dic. (1) 1993. 123 p.

Marrón Miranda, M. (1908). *Las catástrofes de 1906*. Imprenta y fototipia de la Secretaría de Fomento. México, D.F. Pp. 148-149.

Maskrey, A. (compilador). (1993). *Los desastres no son naturales*. La Red: Red de Estudios Sociales. Colombia.

Mitre, L.M. (inédito). *Informe sobre la situación geológica ambiental del municipio de Celaya, con énfasis en los problemas de contaminación de agua y suelo*.

Murck, B., Skinner B., y Porter S. (1997). "Subsidence". En: *Dangerous Earth: An Introduction to geologic hazards*. Ed. John Wiley y Sons, Inc. Pp. 173-189.

NAFIN y SECOFI. (1993). *Directorio Nacional de Localización Industrial.*

Oliver López, A. (1985). "Efectos del fallamiento en edificios y servicios públicos en la Ciudad de Celaya, Gto". En : *Fallamiento de terrenos en Celaya.* Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS). México. Pp. 23 - 29.

Ortega Gutiérrez, F., et al. (1992). *Texto explicativo de la quinta edición de la carta geológica de la República Mexicana.* Escala 1: 200 000. UNAM, México.

Palacio Aponte, A. G. (1995). *Ensayo metodológico geosistémico para el estudio de los riesgos naturales.* Tesis. Maestría. Colegio de Geografía. Facultad de filosofía y letras. UNAM, México. 119 p.

Panniza, M. (1991). *Geomorphology and seismic risk.* En: *Earth-Science Reviews*, 31. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. Pp. 11-20.

Pérez Carabias, V. (1993). "Prevención de desastres tecnológicos y ecológicos en el contexto de prevención civil". En: *Prevención.* CENAPRED. México, D.F. (6), Agosto. Pp 8-9

----- (1993). "Planeación del desarrollo urbano y prevención de desastres". En: *Prevención.* CENAPRED. México, D.F. (6), Agosto. Pp 10-11.

Porta Casanellas, J., et al. (1994). *Edafología.* Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

Rojas Bustamante, I. A. (1988). *Proposición metodológica para el análisis de la geografía de los riesgos.* Tesis de licenciatura. Facultad de Filosofía y letras. UNAM, México. Pp. 145-171.

Rowe, W. D. (1977). *The anatomy of risk.* Wiley, New York.

Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México.* Ed. Limusa, México

Salinas Montes, A. (1994). *Geomorfología de la sierra de Guadalupe y riesgos naturales.* Tesis Lic. en Geografía. Facultad de filosofía y letras, UNAM, México. 102 p.

Scheidegger, Adrian E. (1975). *Physical aspects of natural catastrophes*. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam. Pp. 1-10.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1981). *Estudio geohidrológico de los valles de "Silao-Penjamo" en el estado de Guanajuato*. Pp. 19-129.

Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Guanajuato (1988). *Los Municipios de Guanajuato*. Colección : Enciclopedia de los Municipios de México. Pp. 44-49

SEDUE (1988). *Estudio de factibilidad técnico - financiero para el sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Celaya, Gto.* Dirección General de Infraestructura Urbana. Julio. 250 p.

Serrat Viñas, C. (1992). *Catástrofes naturales y antropogénicas. Búsqueda de un enfoque en geografía*. Tesis de doctorado. Facultad de Filosofía y letras. UNAM, México. Pp. 19-58.

Shapiro Lerner, J. (1988). *La evolución del suelo agrícola en el municipio de Celaya, Guanajuato. 1960-1985*. Colegio de Geografía. Facultad de Filosofía y letras. UNAM, México

Sistema Nacional de Protección Civil. (1986). *Base para el establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil*. México. Pp. 71-74.

Sociedad Mexicana de Mécanica de Suelos (1985). *Fallamiento de terrenos en Celaya*. México. 50 p.

Still Well, D. H. (1992). *Natural Hazards and Disasters in Latin America*. En: Natural Hazards. No. 2. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. Pp. 131-159.

Traconis Ramos, F. (1990). "Panorámica de la contaminación del recurso hidráulico en Guanajuato, su saneamiento y reutilización". En : Memoria. *Análisis de la problemática del agua y perspectivas para la modernización de uso en la agricultura de Gto.* SARH, INIFAP. Campo experimental Bajío. Celaya, Gto. Pp. 15-19.

Trujillo Candelaria, J. A. (1985). "Subsidencia de terrenos en la ciudad de Celaya, Gto". En : *Fallamiento de terrenos en Celaya*. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C. (SMMS). México. Pp. 35-42.

----- (1990). "Problemática del agua subterránea en el Estado de Guanajuato" En Memoria. *Análisis de la problemática del agua y perspectivas para la modernización de uso en la agricultura de Gto*. SARH, INIFAP. Campo experimental Bajío. Celaya, Gto. Pp. 1-9.

----- (1991). *Fallamiento de terrenos por efecto de la sobreexplotación de acuíferos en Celaya, Guanajuato*. XXIII Congreso Internacional. Sobreexplotación de acuíferos. Tomo I. Asociación internacional de hidrogeólogos. Islas Canarias. España. Pp. 175-178.

Verdejo Aguirre, I. (1998). *La vivienda en los municipios urbanos costeros de la región Mar de Cortés*. Tesis, Lic. en Geografía. UNAM, México

White, G. F. (1975). "La investigación de los riesgos naturales". En: *Nuevas tendencias en Geografía*. Instituto de estudios de administración local. Madrid, España. Pp. 281-319.

Fuentes hemerográficas

Barrera R. (1994). *El cambio del relleno sanitario no resuelve el problema ecológico*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

----- (1994). *El nuevo relleno sanitario tendrá que esperar más*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

----- (1994). *Abatimiento de los mantos acuíferos*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

----- (1996). *Setenta y cuatro pozos cubren la fuerte demanda de agua aquí*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

Comisión ciudadana de protección ambiental de Celaya, A. C. (1994). *Excesiva tolerancia a los problemas*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

Córdova, G. (1996). *Causan nuevas grietas en Celaya, una falla geológica*. En: El Universal. Distrito Federal.

García, E. (1994). *Celaya permanece vigente aún en el programa de ayuda a cien ciudades*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

Gómez, S. (1996). *Los 425 años de Celaya*. En: Revista Conozca Más. No.2. Ed. Televisa. 74 p.

Miranda, A. (1995). *Celaya una mediana urbe con alta contaminación*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

Serrano, G. (1996). *Por fin. Celaya dentro del programa de las cien ciudades*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

Vaca, R. (1996). *Se acentúan fallas geológicas*. En: El Sol del Bajío. Celaya, Guanajuato.

Fuentes cartográficas

CANACINTRA (1993). *Distribución industrial. Corredor del Bajío. Sección: Apaseo-Celaya-Villagrán*. Escala 1:50 000.

Comisión Nacional del Agua (1996). *Relación de pozos de la ciudad de Celaya, Guanajuato*. Escala 1: 10 000.

----- (s/f). *Acuífero Valle de Celaya*. Escala 1: 50 000

CETENAL (1972). *Carta topográfica. Celaya*. Escala 1: 5 000. 2 hojas.

----- (1973). *Carta Edafológica. Celaya, Cortázar y Querétaro*. Escala 1: 50 000.

----- (1973). *Carta geológica. Celaya, Cortázar y Querétaro*. Escala 1: 50 000.

García, E. y Vidal, R. (1992). *Temperatura máxima y mínima. Promedio anual*. Escala 1: 8 000 000 En: Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México

Gobierno del estado de Guanajuato y H. Ayuntamiento de Celaya (1993). *Plan director de desarrollo urbano del centro de población Celaya al año 2012.* 2 hojas. Escala 1: 25 000

Guía Roji (1996). *Celaya.* Escala 1: 16 000

H. Ayuntamiento de Celaya (1980). *Áreas de reservas territoriales de Celaya.* 2 hojas. Escala 1: 1 200

Hernández, M.E. (1992). *Mes de mínima y máxima insolación.* Escala 1: 8 000 000 En: Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México

Infotur (1998). *Mapa de la ciudad de Celaya.* Escala 1:10 000

Pérez, G. (1992). *Insolación anual.* Escala 1: 8 000 000 En: Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México

Pérez, J. (1869). *Plano topográfico de la ciudad de Celaya.* Escala 1: 1 000

A N E X O S



Anexo 1. Encuesta aplicada

El objetivo de esta encuesta es recabar información directa de las personas que están siendo o pueden ser afectadas por las fallas geológicas de la Ciudad de Celaya, con el fin de apoyar el proyecto denominado "Riesgos naturales y antrópicos de la Zona de Celaya, Guanajuato" que se lleva a cabo en el Instituto de Geografía de la UNAM.

La encuesta es de carácter confidencial, la información que proporcione será utilizada únicamente con fines estadísticos.

Su amable colaboración será de gran utilidad por lo que mucho agradeceremos la veracidad y seriedad de sus respuestas.

1. Subraye quién responde la encuesta.

a) Madre b) Padre c) Abuelo (a) d) Hijo (a) e) Otros (especifique) _____

2. Su edad. _____ Lugar de nacimiento _____

3. ¿Cuántos años ha vivido en esta casa? _____

4. ¿Cuántas personas habitan en su casa? _____

5. ¿Cuál es el valor que le da a su casa en este momento? (Anote el valor en pesos) _____

6. ¿Cuál es la parte más afectada de su casa?

7. ¿Hace cuánto tiempo su casa esta afectada por las fallas? _____

8. ¿Qué otros problemas han generado las fallas en su vivienda?

9. ¿De qué materiales está construida su casa? Subraye

Pisos: a) Tierra b) Cemento o firme c) Madera, mosaico u otros recubrimientos

Paredes: a) Lámina de cartón b) Madera c) Lámina de asbesto o metálica
d) Adobe e) Tabique, ladrillo, block, piedra o cemento f) Otros materiales

Techos: a) Lámina de cartón b) Madera c) Lámina de asbesto o metálica
d) Teja e) Losa de concreto, tabique o ladrillo f) Otros materiales

10. ¿Cuál es la superficie de su vivienda (m²)? _____

11. ¿En cuánto calcula las pérdidas de su casa?(Anoto el valor en pesos)

12. ¿Tiene que hacer reparaciones a su casa debido al deterioro producido por las fallas?

a) Sí _____ ¿Qué tipo de reparaciones? _____

b) No _____ ¿Por qué? _____

13. ¿Cada cuánto tiempo tiene que hacer reparaciones? _____

14. ¿Cuánto se gasta en las reparaciones de su casa a lo largo de un año? _____

15. ¿Se han presentado fugas de la red de drenaje o en la red de agua potable, en su vivienda.?

Sí _____ No _____

16. A partir de éste momento. ¿Cuánto tiempo más cree que su casa soportara el deterioro?

Meses _____ Años _____

17. ¿En qué meses o temporada del año se acelera más el deterioro o hundimiento de su casa?

18. ¿Qué piensa hacer a futuro con su casa? Subraye

a) Venderla b) Rentarla c) Abandonarla d) Otros (especifique). _____

19. Si su casa estuviera en buenas condiciones y la pudiera vender. ¿Cuál sería su costo?

20. ¿Ha pensado irse de la Ciudad?

a) Sí _____ ¿A dónde? _____

¿Porque piensa irse a ese lugar? _____

b) No _____ ¿Por qué? _____

21. ¿Cuántos años ha vivido en la Ciudad de Celaya? _____

22. ¿En qué fecha o temporada se presentan lluvias torrenciales en la Ciudad de Celaya?

23. ¿Cuánto tiempo hace que la Ciudad de Celaya comenzó a ser afectada por las fallas?

24. ¿Conoce otros lugares importantes que están siendo afectados por las fallas (escuelas, industrias, hospitales, etc.). Anote el lugar y nombre

25. ¿Cree que este fenómeno se calmará algún día?

Sí _____ ¿Por qué? _____
No _____ ¿Por qué? _____

26. ¿Ha solicitado a las autoridades que les resuelvan el problema?

Sí _____ ¿Por qué? _____
No _____ ¿Por qué? _____

27. ¿A qué autoridad le han solicitado la ayuda? _____

28. ¿Qué medidas o acciones han tomado las autoridades al respecto? (Explique)

29. ¿De qué forma le gustaría que las autoridades resolvieran el problema?

30. ¿Usted sabe si las siguientes colonias están afectadas por las fallas? . Por favor marque con una X y anote las calles de referencia.

Colonia	Sí	No	No se	Nombre una de las calles como referencia
Col. Villas del Paraiso				
Col. Girasoles				
Col. Sn. Juanico				
Col. Las Fuentes				
Barrio Tierras Negras				
Fracc. Ex-hacienda Sta. Bárbara				
Col. Los Laureles				
Col. Residencial				
Col. Los lagos				
Col. Ejidal				
Col. Las Flores				
Col. Cuauhtemoc				

<i>Col. Jardines del Sur</i>				
<i>Col. Liberación</i>				
<i>El Olivar</i>				
<i>Col. Bosques del Sol</i>				

Comentarios: _____

Anexo 2. Notas periodísticas en relación a la subsistencia

Sobre Explotación del Subsuelo

Abatimiento de Mantos Acuíferos

Faltarán el Vital Líquido si no se Cuida con Firmeza

Por Ramón BARRERA B.

Ante el abatimiento de los mantos freáticos en este municipio derivado de la sobre-explotación del subsuelo, existe el riesgo de que se generen problemas preocupantes para garantizar el suministro del vital elemento en el mediano plazo a los habitantes de esta localidad, considero ayer la JUMAPA.

El señor José Medina Miranda y el ingeniero Antonio Padilla Castro presidente y director técnico del organismo operador respectivamente, al señalar lo anterior, insistieron en la necesidad de que la sociedad en primer término debe estar consciente de que no se debe desperdiciar el agua ante los bajos niveles que se registran en los mantos acuíferos y en consecuencia, el suministro del vital líquido a los hogares se hace cada vez más difícil.

Los funcionarios de la JUMAPA informaron a los medios de comunicación que aparte

de esta medida, como segundo paso se tendrán que implementar otras acciones en el corto plazo para traer agua hacia el municipio celayense.

El director técnico del organismo operador en este sentido habló sobre el proyecto que existe desde hace mucho tiempo y que se refiere a la manera de traer el agua en bloque de una batena de pozos del Cerro de la Gavia, pues con ello se tendrían disponibles alrededor de 250 mil litros de agua por segundo y a la vez se evitara la sobre-explotación de los mantos freáticos.

Según el funcionario la otra opción, sería buscar la manera de traer el agua desde la Presa Ahende aunque ello requeriría de un estudio más profundo que haga factible la generación de infraestructura para traer desde este lugar agua para los habitantes de este municipio.

Recalcaron los funcionarios que frente a esta situación la población debe estar consciente de que el ahorro en el uso del agua es fundamental ante los bajos niveles que ya registran los mantos acuíferos.

COMENZARON LAS NOTIFICACIONES A LOS FRACCIONAMIENTOS, POR LA FACTIBILIDAD DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE.

(Pasa a la Página 4-A)

Abatimiento...

Viene de la Página 1-A

Por otra parte, el señor José Medina Miranda presidente del Consejo Directivo de la JUMAPA dio a conocer que ya se comenzaron a emitir las primeras notificaciones a los responsables de los fraccionamientos de Nueva Creación y que se relaciona con la factibilidad para los servicios de agua potable y drenaje.

Medina Miranda indicó que hasta el momento los fraccionamientos que ya fueron notificados son La Misión, Excelaris y Paseo del Campestre a efecto de que regularicen la integración de los expedientes, aunque la mayoría de ellos dese a que no lo asegure el funcionario de JUMAPA tiene que ver con el pago por esa factibilidad de servicios ante el organismo operador.

Causa nuevas grietas en Celaya una falla geológica

GILBERTO CORDOVA

CELAYA, Gto., 13 de junio.— Por segunda ocasión, la falla geológica que atraviesa la avenida Irrigación cuarteó una base de concreto donde se encuentra un equipo de bombeo de agua potable dejando sin el elemental líquido a 15,306 personas. Informó esta tarde Armando Mancera Mendoza.

El director de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (Jumapa) dijo que ello obligó a personal especializado del organismo a poner en ejecución a partir de hoy una maniobra para evitar que el equipo de bombeo se hunda y se dé por perdida la fuente de abastecimiento, una de las más importantes del municipio.

Desde anoche se preveía la instalación de un equipo de bombeo sumergible, pese a lo cual esas miles de personas sufrirán la falta del vital líquido por cuando menos tres días.

El director del organismo operador externó a EL UNIVERSAL que el pozo se vio afectado como consecuencia del movimiento dinámico de la falla geológica en las proximidades de la fuente de abastecimiento de la colonia Alfredo V. Bonfil,

El pozo colisionado abastece además de la colonia V. Bonfil, la de Bosques de la Alameda y la Emiliano Zapata, todas densamente pobladas.

Un total de 417 tomas domiciliarias, tan sólo en esta última colonia son las que tiene registrado el respectivo padrón, informó Mancera.

Cabe recordar que la falla geológica que atraviesa Celaya es uno de los principales problemas, según estudiosos de la materia hidráulica, que ocasiona daños materiales a las tuberías de abastecimiento y al drenaje en una ciudad donde el agua escasea.

Por Sobre Explotación de Mantos Acuíferos y la Desección

Se Acentúan Fallas Geológicas

Poco o Nada Puede Hacerse Para Evitar el Deterioro de la Ciudad

RAMIRO VACA MONTALVO

La ciudad de Celaya sigue sufriendo los efectos de la deshidratación del subsuelo que se refleja en sendas fallas geológicas causadas por la desección, por la sobreexplotación de mantos freáticos y por la falta de recargas de agua, el hundimiento es hasta ahora de 2.3 metros que ha causado el desalojo de viviendas, que se rompan los sistemas de agua, drenaje y pavimentos y que las casas se vengán al suelo.

Varios conocedores de este aspecto como es Eliseo Sámano, funcionario de JUMAPA conocedor de la Técnica de Suelos y Jorge Trujillo Candelaria, geólogo funcionario de la CNA, han expuesto sus puntos de vista y ampliado el conocimiento a este fenómeno que afecta físicamente la parte central de la ciudad.

La ciudad es atravesada al menos por tres fallamientos y sus ramifi-

caciones que se extienden hasta el norte más allá de la Autopista, pasando por la ciudad industrial Alameda, el Centro Histórico de la ciudad y al sur pasando por Jardines de Celaya, Luis Cortazar, Central de Autobuses y se sigue al sur.

En las zonas agrícolas es evidente el desnivel en las tierras de labranza, pero no es mayor el daño, sin embargo en la zona urbana, las columnas de los pozos se ven afectados seriamente con elevados costos para la JUMAPA y a la vez para la población, una columna rota en dicha el director técnico de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, hace inservible al pozo de abastecimiento.

En el área urbana de la ciudad las fallas geológicas rompen por igual el sistema de agua potable y el

68

Se Acentúan...

1-A

red de drenajes, así como calles, banquetas y guarniciones, en las viviendas el daño es elevado, si una construcción queda sobre una de las fallas, ésta sufre una fuerte presión por la falta de cimientos o cimientos inestables y a final de cuentas termina rompiéndose, hundiéndose y con fracturas que transforman al inmueble en inhabitable.

La falla poniente y central son las que más estragos han causado a las construcciones, fue el origen de que el Seminario Franciscano fuera cortado en su estructura arquitectónica y varias de sus alas despejadas, de que en el mismo sitio se registrara hace dos años el rompimiento de las tuberías de gas que obligó a un desalojo de la zona por 24 horas.

En la Alameda ha originado que muchas viviendas queden en la categoría de inseguras y en otras el

derrumbe total del edificio, por parte de ingeniería de vialidad y obras, las fallas son causa de que continuamente se tengan que remodelar o rellenar los desniveles con asfalto, los costos mayores los sufre definitivamente la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado.

Su director técnico Eliseo Sámano, señaló que la rotura en las columnas de los pozos que causan colapsos de alto costo financiero y el rompimiento de las redes de agua potable y drenaje, causan elevados costos para el organismo operador.

Sin embargo es poco lo que se puede hacer para remediar el problema, solamente con recargas artificiales o recargas naturales que tardarían años, hasta el momento el abatimiento de los mantos freáticos (espesores de agua) en los pozos es de tres metros al año, el agua es prioritario y por lo tanto su reflejo es en la estructura de la ciudad y su basamento.

Setenta y Cuatro Pozos Cubren la Fuerte Demanda de Agua Aquí

RAMON BARRERA B.

Según la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, en el renglón del abasto del agua en este municipio, dicho organismo operador ha logrado el 99.9% de dotación a los celayenses que están incorporados al sistema que administra este organismo.

Para cumplir con esta misión, en Celaya, en la actualidad se cuenta con 74 pozos perforados de los cuales 20 no están en operación, empero; la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado consideró, que resulta extraño que teniendo tantas fuentes de abastecimiento, la población consumidora enfrente una situación de escasez de agua, que se ha manifestado a raíz de una serie de injusticias que hemos cometido con la naturaleza y que ahora de diversas maneras se ha visto su reacción.

En un balance que hace el organismo operador a través de su departamento de comunicación social, en la actualidad en Celaya de los 54 pozos que están en operación, unos se encuentran colapsados y, otros tantos están en su último aliento de abastecimiento de agua, esto ha sido a causa, principalmente de la extracción del vital líquido que va generando cavidades en las profundidades de la tierra y que posteriormente origina desajustes en su estructura, como fallas geológicas y que estas a su vez, por el movimiento de la misma tierra por pérdida de humedad, provoca movimientos que hacen que los ademes o protecciones del pozo, se colapsen o se desfasen.

Por otra parte, la Junta Municipal de Agua Potable informó, que el potencial a que ha llegado el organismo operador en cuanto a cloración de todos sus pozos, es del 100 por ciento lo que permite decirle a la población, que el agua que les llega a sus hogares es potable, libre de bacterias o virus que afectan la salud del ser humano que desgraciadamente el agua, es un vital elemento de fácil transmisión de este tipo de anticuerpos que se reproducen con demasiada facilidad.

El organismo operador reconoció, por otro lado, que en Celaya a causa de las excesivas extracciones del agua desde las profundidades de los pozos, es sumamente difícil mantener una presión en las redes de agua potable y por ello, para dar una medida de solución, la JUMAPA construyó dos estaciones de rebombeo, la de Cañitos y la de Rábago.

Otro aspecto que aborda la JUMAPA, tiene relación con la gran confusión que en Celaya ha causado debido a la intervención de grupos políticos que por ganar un puesto político, han utilizado como bandera a los medidores, lo que ha originado que no se alcance el 100 por ciento de cobertura.



ARMANDO Mancera Méndez Director de JUMAPA.

Anexo 3. Esta zona es afectada por la subsidencia, sin embargo la venta de viviendas se promueve ignorando los futuros problemas.

fraccionamiento CIUDAD INDUSTRIAL



pagos sólo
ichiquitos! \$190
semanales

**TRAMITAMOS SU CREDITO
INFONAVIT
EN FORMA GRATUITA
Ven y Llena tu Solicitud!!**

Contamos con 11 CASAS TERMINADAS !!

● **Informes y Ventas**

"Centro Comercial Morelos"
Morelos 134 Local 24 Planta Alta
Zona Centro Celaya, Gto.
Tels. 27-028 y 36-437
y Diariamente en el
Fraccionamiento
de 11:00 a.m. a 5:00 p.m.
(Única Entrada por Av. México Japón)

- Todas son Dos Plantas.
- Con Opción a Crecimiento.
- Fracc. Totalmente Bardeado.
- Escuelas Cercanas.

BBV. . .

BANCO BILBAO VIZCAYA

