



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE EL SALVADOR

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
DIRECCION DE INVESTIGACIONES

Techos ecológicos en vivienda multifamiliar como opción de preservación del medio ambiente

ISBN 978-99923-21-59-1

Ana Cristina Vidal Vidales

Investigadora

Dirección de Investigaciones

2009

La presente investigación fue subvencionada por la Universidad Tecnológica de El Salvador. Las solicitudes de información, separatas y otros documentos relativos al presente estudio pueden hacerlos a la dirección postal: calle Arce 1020, Universidad Tecnológica de El Salvador, Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social, Dirección de Investigaciones, edificio *José Martí*, 2ª planta, o al correo electrónico ana.vidal@utec.edu.sv

Índice

Resumen	3
Introducción	4
Planteamiento del problema	6
Objetivos	6
Método	6
Marco teórico	11
Contextualización dentro del AMSS	33
Selección de los objetos de estudio	80
Leyes y reglamentos relacionados	100
Conclusiones y recomendaciones	103
Referencias	106
Anexos	112

Resumen

La presente investigación trata de definir los criterios necesarios para implantar techos ecológicos y variantes de ellos en edificios de vivienda multifamiliar ya existentes, específicamente en el área metropolitana de San Salvador. Partiendo de los beneficios que las cubiertas ajardinadas tienen, esta solución se ve desde el punto de vista de contribuir al balance de las actividades climatológicas, como generar una superficie que absorba el exceso de agua pluvial para así reducir el potencial de inundaciones y también como barreras de los distintos elementos contaminantes del aire, propios de la ciudad.

Con base en las características físicas y climatológicas y su historia en cuanto a fenómenos naturales en San Salvador y cómo estos han afectado a la ciudad, y cómo esta responde a ellos, se plantean tres soluciones distintas, con la intención de reducir los efectos nocivos del constante crecimiento de la ciudad y las actitudes tomadas ante ello.

Techos ecológicos en vivienda multifamiliar como opción de preservación del medio ambiente

La planificación urbana, a lo largo de la historia, muy pocas veces ha tomado en cuenta a los procesos naturales como elementos determinantes de la forma urbana, dando como resultado una serie de paisajes artificiales, en los que muy pocas veces se permite que la naturaleza se desarrolle a plenitud. Las ciudades han ido cambiando de tal manera que cada vez tienen menos espacio útil al aire libre por habitante, y ninguna ciudad moderna supera a la ciudad medieval en este aspecto.¹ Los criterios de diseño de las ciudades modernas están basados en el comercio y el transporte, incluso dejando al ser humano y al medio ambiente de lado. Se ha ido perdiendo aquella conexión visual con el campo, tan propia de la ciudad preindustrial; los parques están dedicados al ocio y, por lo tanto, son ensuciados, sobreutilizados y degradados; los procesos naturales son llevados a cabo de manera artificial; el uso de energías artificiales ejerce presión sobre los recursos naturales, generando contaminación y producción de gases. A esto hay que agregar el hecho de que el crecimiento de las ciudades ejerce una presión generalizada sobre el medio ambiente, degradándolo y haciendo cada vez menos controlables los efectos de los desastres naturales, que terminan por afectar a la misma población.

Los techos ecológicos (conocidos también como techos verdes, azoteas verdes, *green roofs*, *eco-roofs* o *living roofs*) constituyen una opción para contribuir a solucionar el problema de contaminación y preservación del medio ambiente dentro del área metropolitana de San Salvador (AMSS), pues reintegran nuevamente a la naturaleza un espacio que de cualquier otro modo estaría siendo utilizado por azoteas de concreto; ayudan a reducir el escurrimiento del agua pluvial, absorbiéndola y ayudando al mantenimiento de la cobertura vegetal (el excedente que no sea absorbido por la vegetación puede ser recolectado y aprovechado para otros usos), reduciendo, así mismo, la carga de los sistemas de drenaje de la ciudad; contribuyen a mejorar la calidad del aire, ya que ayudan a la absorción del dióxido de carbono (CO₂); y actúan como barreras naturales, pues contribuyen al aislamiento térmico dentro de las edificaciones y ayudan a amortiguar los ruidos provenientes del exterior y a proteger las cubiertas de los edificios de los rayos ultravioleta. Por otro lado, contribuyen al equilibrio del medio ambiente, pues crean un hábitat favorable para la fauna, como insectos, aves y ardillas.

¹ Hough en su libro *Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos*, citando a Lewis Mumford.

Esta solución arquitectónica es muy utilizada en Estados Unidos, Europa (Suiza, Austria, Inglaterra, Hungría, Holanda, Suecia, Francia y Alemania) y Asia (en Tokio, Japón, es incluso una medida obligatoria, por normativa del gobierno municipal, para todos los edificios que tengan una azotea con una extensión mayor a los 1.000 m², construidos después de 2001, que dediquen el 20% de su superficie a los techos verdes);² aunque últimamente está cobrando auge en países latinoamericanos, especialmente en México. En El Salvador, los techos verdes no han sido muy difundidos; sin embargo, hay empresas que los han diseñado para residencias privadas, e incluso pueden verse en nuevas construcciones de edificios de vivienda en altura.

Debido a la variedad de opciones que presentan los techos ecológicos –ya que pueden utilizarse todo tipo de plantas e incluso árboles– y a que su presencia no significa ningún obstáculo para el desarrollo de las actividades cotidianas de los usuarios del edificio donde están ubicados, crean nuevas fuentes de empleo, brindan espacios de esparcimiento e incluso podrían representar una fuente de alimentos.

¿Por qué los techos?

En el contexto nacional, especialmente en el AMSS, donde los espacios libres son cada vez más reducidos y difíciles de utilizar para cualquier otra actividad distinta a la de construir, los techos proporcionan un espacio que de otra manera estaría inutilizado.

Para un proyecto de restauración de un área residencial de Ottawa, en Ontario, Canadá,³ se diseñó una matriz de actividades realizadas cotidianamente para definir los lugares posibles donde estas podían desarrollarse (ver Anexo 1), y aunque muchas de las actividades podrían no aplicarse al contexto salvadoreño, el uso de los techos queda definido como un espacio ideal donde puede tenerse un alivio para la ciudad. Por lo tanto, se pueden realizar distintas actividades como hacer *picnics*, tomar el sol, socializar, y el tema tratado en la presente investigación, su utilización como un lugar donde pueden llevarse a cabo actividades de jardinería, incluyendo el cultivo de vegetales y flores.

² Infojardín (2006). *Azoteas verdes, jardines en las alturas*. (Consultado el 19 de abril de 2009. Disponible en: <http://foroantiguo.infojardin.com/showthread.php?t=186304>).

³ Hough, Michael (1995). *Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, p. 143.

Planteamiento del problema

¿Cómo construir y adaptar los techos ecológicos o verdes en edificios de vivienda multifamiliar ya existentes, especialmente los ubicados en el AMSS?

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de techos ecológicos para edificios multifamiliares en altura, viable y adaptada a la realidad del país.

Objetivos específicos

Identificar qué sitios del AMSS son los que más podrían necesitar de una solución de este tipo, adecuándola a la realidad nacional dentro del contexto ecológico, económico, social y cultural.

Determinar los requerimientos de diseño estructural necesarios para adaptar esta solución a edificios existentes, en cuanto a su resistencia estructural y tipo de construcción.

Identificar qué tipo de plantas resultan adecuadas para los techos ecológicos en el AMSS, de acuerdo con su tipo, necesidad de mantenimiento y perennidad, así como con sus características ornamentales e incluso utilidad (hierbas, hortalizas, etc.)

Método

Participantes (objeto de estudio)

El objeto de estudio serán tres edificios de vivienda multifamiliar en altura ubicados dentro del AMSS. Estos serán seleccionados con base en una serie de criterios, considerando su ubicación, sistemas constructivos y año de construcción.

Instrumentos

Posterior a la investigación bibliográfica, para la selección de los edificios se generará una serie de criterios con base en el contexto que los rodea, así como con distintos aspectos ambientales y constructivos. Se hará uso también de planos de la ciudad para la mejor ubicación gráfica de los objetos de estudio. Posteriormente, y con la ayuda de especialistas en las áreas de botánica e ingeniería estructural, se generará una propuesta viable que haga posible la construcción de los techos ecológicos, que se presentará también en forma gráfica, así como las conclusiones y recomendaciones con base en la información recopilada.

Procedimiento

La investigación se ha dividido en cuatro etapas, por medio de las cuales se pretende generar una propuesta viable que pueda aplicarse a las edificaciones seleccionadas. Estas etapas son:

Etapas de investigación bibliográfica

1. Conceptualización

- 1.1. Definición del concepto
 - 1.1.1. Tipos de techos ecológicos
 - 1.1.2. Requerimientos físicos y ambientales
- 1.2. Antecedentes históricos
- 1.3. Países donde se implantan los techos ecológicos
- 1.4. Proceso de construcción de los techos ecológicos
 - 1.4.1. Requerimientos estructurales
 - 1.4.2. Materiales necesarios para la construcción

2. Adaptación al contexto salvadoreño

- 2.1. Aspectos físicos, sociales, económicos y culturales de la ciudad de San Salvador
- 2.2. Definición de criterios para la selección de las zonas donde estarán ubicadas las edificaciones por analizar
- 2.3. Identificación de las edificaciones por analizar
- 2.4. Adaptación de los materiales al contexto nacional (análisis de materiales disponibles en el país)

Etapas de investigación de campo

3. Análisis de las edificaciones seleccionadas

- 3.1. Perfil y análisis del entorno de las edificaciones seleccionadas (verificación del cumplimiento de los criterios de selección)
- 3.2. Levantamiento de planos (en caso que no fueran accesibles)
- 3.3. Análisis estructural de las edificaciones seleccionadas

4. Identificación de la vegetación

- 4.1. Tipos de vegetación disponible para la solución por proponer
 - 4.1.1. Características de los tipos de vegetación seleccionada

4.1.2. Requerimientos de los tipos de vegetación seleccionada

Etapa de propuesta

5. Planteamiento de la propuesta

- 5.1. Determinación de los tipos de techos ecológicos aplicables a cada una de las edificaciones seleccionadas
- 5.2. Diseño de la propuesta
- 5.3. Mantenimiento de los techos ecológicos propuestos

Etapa de conclusiones

6. Criterios generales para la construcción de techos ecológicos

- 6.1. Criterios estructurales
- 6.2. Criterios de selección de los tipos de vegetación

Cada una de las etapas fue retroalimentada conforme la investigación iba avanzando.

La etapa de selección de edificios presentó varias dificultades debido a que no se pudo encontrar un listado actualizado de edificios de vivienda multifamiliar en altura. Se contaba únicamente con uno hecho por CHF en 1998,⁴ que poseía un inventario de vivienda en condominio en el AMSS con un listado descriptivo de los materiales de construcción de cada uno de ellos, y se partió de él. Este documento fue proporcionado por la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (Fundasal). A partir de este listado, se seleccionaron los condominios de dos o más niveles, principalmente ubicados en las áreas de mayor tráfico vehicular (ver Anexo 2). Sin embargo, al realizar las visitas de campo, pudo corroborarse dos situaciones: primero, que los condominios de dos niveles generalmente poseen cubierta de fibrocemento, y segundo, que los datos de los materiales de cubierta no coincidían a la fecha actual;⁵ además de esta incongruencia entre los datos presentados y el listado utilizado, debido a las condiciones de seguridad de algunos complejos habitacionales de este tipo, el acceso es muy

⁴ Cooperative Housing Foundation (CFH) (1998). *Estudio de desarrollo físico y social de la vivienda en condominio en el AMSS*. San Salvador, El Salvador.

⁵ NOTA: Es importante hacer notar que muchos edificios han cambiado su forma debido a los terremotos y otras condiciones climatológicas y de mantenimiento. Es una práctica común reemplazar las losas de concreto por techos de fibrocemento o lámina de zinc debido a diversas razones, como mala calidad del concreto o del proceso constructivo, lo que incide en la calidad de la impermeabilización y resistencia.

difícil, y por lo tanto la visualización de los materiales constructivos de las cubiertas fue prácticamente imposible. Debido a esto se recurrió a la ayuda de diversas entidades como el Fondo Nacional de Vivienda Popular (Fonavipo), el Fondo Social para la Vivienda (FSV) y la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (Opamss).

Fonavipo proporcionó un listado de los edificios de vivienda multifamiliar construidos por el IVU (ver Anexo 3), pero se concluyó que estos edificios no podían ser utilizados para la construcción de techos ecológicos debido a su edad y estado actual (humedad y grietas profundas en las paredes), pues muchos de ellos se encuentran en condiciones de deterioro y por medio de inspección general en visita de campo se corroboró que en las azoteas de fácil acceso están ubicados los tendedores y son propiedad de cada uno de los inquilinos, registradas como tales en el Centro Nacional de Registros, y por lo tanto no pueden ser utilizados para tal fin.

Por otro lado, el primer contacto con el FSV fracasó, pues la información fue negada. Debido a esto, se realizó un contacto con el gerente general de la institución, quien proporcionó los perfiles de cuatro edificios en los que participaron para el financiamiento por parte del FSV (ver Anexo 4), de los cuales solo uno posee en la cubierta unas terrazas de losa, que es llamado “Brisas de San Francisco”, ubicado sobre la 49ª avenida Sur, siendo este el que finalmente es analizado en la presente investigación. De esta misma institución surgió también un contacto con el Arq. José Ricardo Nuila, quien revisó en su propio inventario y confirmó que el único edificio que posee un tramo de losa es uno de sus proyectos más recientes, denominado “Las Vistas”, en la colonia Escalón. Se realizó una visita al proyecto y se confirmó que el único tramo de losa es el acceso al cuarto de máquinas de los ascensores y su cubierta, por lo que no puede ser utilizado para la implantación de techos ecológicos, pues se interferiría con la función principal de dicha estructura.

De las visitas de campo basadas en el listado de CHF pudo conseguirse dos edificios que los vigilantes decían que sí poseían losa en la cubierta, pero, o se negó el acceso o se corroboró que los edificios no estaban diseñados para utilizar la cubierta como un espacio habitable, y un edificio en el cual sí era visible la cubierta de losa, ubicado en la avenida Olímpica, al que el acceso fue imposible. Debido a esto se contactó a las personas pertinentes en Opamss, quienes, debido a la naturaleza de la presente investigación, permitieron el acceso a los permisos de construcción, donde pudo comprobarse que los techos eran de fibrocemento. Los planos del edificio ubicado en la avenida Olímpica no pudieron ser analizados debido a que, por la fecha de

construcción del edificio (1989), la información no estaba disponible en la institución.⁶ Posteriormente, se recurrió nuevamente a contactar a la institución y solicitar nuevamente la información, pero esta vez siendo menos específicos en cuanto a nombres de proyectos, y la respuesta demoró más del tiempo planeado para ello, por lo que únicamente se solicitaron los permisos de construcción del antes mencionado proyecto “Brisas de San Francisco”, obteniendo así los planos estructurales del edificio, que sirvieron para el análisis estructural para la implantación de techos ecológicos (ver Anexo 5).

A causa de estos contratiempos, se recurrió a otras alternativas de solución de implantación de vegetación para edificios con espacios inutilizados, que son presentadas en la etapa de propuesta. Y aunque son sencillas y hasta cierto punto lógicas, presentan también diversos beneficios para los habitantes de los complejos habitacionales.

Para la etapa de propuesta se recurrió a la asesoría de profesionales en las áreas de diseño estructural y cultivo de todo tipo de plantas como la Escuela Nacional de Agricultura “Roberto Quiñónez” (ENA), Jardín Botánico del Plan de la Laguna y viveros reconocidos del país.

⁶ NOTA: Opamss inició operaciones en 1990, retomando la labor del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano. Debido a esto, los permisos de construcción y planos de edificios construidos antes de 1990 se encuentran en ésta última institución.

Marco teórico

El área metropolitana de San Salvador es una de las áreas urbanas más desordenadas y contaminadas del país, esto debido en parte a una planeación que históricamente no tomó en cuenta el potencial de crecimiento que podría experimentar la ciudad (migraciones del campo a la ciudad que cobraron auge en 1929, debido a los distintos conflictos sociales experimentados a lo largo del siglo recién pasado, crecimiento demográfico propio de las ciudades que constituyen polos de desarrollo, falta del seguimiento de una legislación de construcciones y ordenamiento territorial dentro del área, entre otros). Las consecuencias que este crecimiento desordenado ha traído consigo son diversas y abarcan muchos aspectos sociales y culturales, así como físicos. De acuerdo con distintas empresas, asociaciones y entidades que tratan de difundir la construcción de los techos ecológicos, estos proporcionan una solución a muchas de ellas, entre las cuales se pueden mencionar:

Aspecto estético y recreativo. Los techos ecológicos han sido incorporados en diversos diseños, incluso desde la primera mitad del siglo XX, por arquitectos como Frank Lloyd Wright y Le Corbusier, para incluir también un aspecto filosófico. Le Corbusier desarrolló cinco postulados o puntos que deben tenerse en cuenta en el diseño de viviendas, entre los cuales se encuentra la construcción de jardines en las azoteas, precisamente para devolverle a la naturaleza el espacio utilizado por la edificación. Ambos arquitectos tendían a ver estos espacios más como habitaciones exteriores que como jardines.⁷ De esta manera, cuando los techos ecológicos están considerados desde el diseño de las edificaciones, resulta más fácil implantarlos, pues ya están considerados en la estructura y pueden ser utilizados como un espacio más dentro de ella, proporcionando un área de esparcimiento y relajación, así como contribuir a la estética.

Aguas pluviales. Las áreas urbanas tienden a las inundaciones y a la erosión debido a la impermeabilidad de grandes áreas pavimentadas y a la concentración de corrientes de agua en puntos específicos. La magnitud de las inundaciones está directamente relacionada con el tamaño de la corriente que provoca una tormenta, pues de ello depende el crecimiento de los ríos. Por lo tanto, mientras mayor es el volumen de la corriente, menor cantidad de agua pasa a los mantos subterráneos y se erosionan las riberas de los ríos y los muros de retención.

⁷ Kortright, Robin (2001). *Evaluating the Potential of Green Roof Agriculture*. (Consultado el 18 de mayo de 2009). Disponible en: <http://www.cityfarmer.org/greenpotential.html>.

Una de las principales ventajas de los techos ecológicos es su capacidad para retener el agua pluvial, por lo tanto, minimizan la carga que recibe el sistema de drenaje de la ciudad, evitando las inundaciones por sobrecarga del sistema e incluso la contaminación de las aguas recolectadas, que pueden llevar consigo químicos que recogen en su trayectoria. De esta manera, el agua lluvia, al ser absorbida por la vegetación del techo, es aprovechada por las plantas. De acuerdo con el Jardín Botánico de Augustenborgs, en promedio, un techo ecológico con 5 cm de tierra absorbe el 50% de la precipitación pluvial anual y la regresa al ciclo normal de evaporación. En otros casos, los techos ecológicos pueden ser utilizados en conjunto con sistemas de recolección de agua pluvial, que utilizan el exceso de agua que el techo no puede absorber para hacer uso de ella en otras aplicaciones que van desde usos en el sistema interno de distribución de agua de las edificaciones hasta usos estéticos y recreativos como fuentes, cascadas, piscinas, estanques, entre otros.

Ecología, biodiversidad y medio ambiente. Los techos ecológicos tienen el potencial de crear hábitats para la biodiversidad dentro de la ciudad, que usualmente es un ambiente estéril. El uso de materiales naturales, plantas locales y sustratos que favorecen la vida de invertebrados propicia la creación de pequeños ecosistemas donde pueden habitar animales como aves, reptiles e insectos, que contribuyen a mantener el balance ecológico, que de otra manera no podrían desarrollarse dentro de los paisajes ornamentales y creados dentro de las ciudades.

Efectos térmicos. Las plantas actúan como barrera natural, controlando la radiación solar sobre el suelo y el calor irradiado por este, pues la absorben reduciendo las temperaturas. También ayudan a controlar otros elementos climáticos como los vientos y precipitaciones pluviales. Por otro lado, es evidente que el clima en las ciudades es diferente al de las áreas rurales –efecto conocido como isla urbana de calor– debido a la gran cantidad de superficies impermeables encontradas en la ciudad que almacenan, reflejan y conducen el calor de manera muy eficiente, así como otros procesos urbanos que al alterar los procesos naturales dan como resultado emisiones de calor y comportamientos climáticos con consecuencias impredecibles.

Siguiendo el criterio de Serra (1999), los techos ecológicos son un sistema de control ambiental pasivo, ya que “actúan sin la intervención de mecanismos ni de energías artificiales”. Se trata de cambios que se hacen en el exterior del edificio –que el autor denomina como “control ambiental natural” – para controlar de manera dinámica los efectos sobre el ambiente y sus usuarios, implicando la acción humana, que hace que los usuarios se conviertan en elementos

controladores del sistema. Este tipo de techos también contribuye al ahorro energético, pues ayudan a regular la temperatura al interior de los edificios, ya que impiden que los rayos del sol alcancen directamente la superficie de cubierta, lo que hace que la temperatura al interior sea usualmente similar a la del ambiente exterior. Al mismo tiempo, el efecto de evaporación de las plantas y la tierra crea un efecto de enfriamiento y un aire más húmedo y fácil de respirar. Del mismo modo, la capa de tierra ayuda a aislar las temperaturas al interior cuando el clima se torna frío.

Aislamiento de ruidos. La superficie blanda de los techos ecológicos ayuda en gran medida a reducir el ruido producido por las distintas actividades que se llevan a cabo en la ciudad, como el tráfico, ya que estos sonidos rebotan entre las construcciones de concreto. Los techos ecológicos absorben estos ruidos, silenciando el ambiente. Nuevamente, es uno de los casos en que los techos ecológicos funcionan como barreras protectoras. Muestra de esto es un estudio que se llevó a cabo en Suecia, en el Jardín Botánico de Augustenborgs, donde se evaluó la cantidad de ruido proveniente de aviones que penetraba en un edificio y los resultados fueron bastante positivos.

Polvo, contaminación y efecto invernadero. Gran parte de la contaminación en las ciudades proviene de los vehículos y sus emisiones de gases. Las sustancias provenientes de estas emisiones, los compuestos de nitrógeno, son absorbidos por el sustrato de los techos ecológicos y utilizados por las plantas como nutrientes. De otra manera, los compuestos de nitrógeno son arrastrados a las fuentes de agua, lo que produce un excesivo crecimiento de algas, que posteriormente mueren, se hunden y se descomponen, utilizando el oxígeno dentro del agua, lo que puede dañar a los organismos que viven en el fondo. Por otro lado, las emisiones de CO₂ son utilizadas por las plantas para su proceso de respiración, especialmente las plantas altamente productivas, que producen grandes cantidades de biomasa.⁸ Obviamente, los techos ecológicos no son la solución definitiva para el efecto invernadero y la polución, pero pueden contribuir en conjunto con otras acciones de reducción de estos efectos.

Sustentabilidad. Los sistemas urbanos podrían contribuir a la sustentabilidad si se fomenta la agricultura urbana, ya que se reducirían los costos de transporte de los productos

⁸ Scandinavian Green Roof. Augustenborgs Botanical Roof Garden (s/f). *What is a green roof?* (Consultado el 19 de abril de 2009. Disponible en: <http://www.greenroof.se/?pid=19>).

finales del campo a la mesa. De esta manera, podría comenzar a fomentarse el uso de techos ecológicos para pequeños huertos que satisfagan hasta cierto punto las necesidades de los habitantes de los edificios, proveyéndolos de hortalizas, hierbas e incluso plantas medicinales. En caso de que se considere el techo ecológico desde el diseño de la edificación podrían realizarse cultivos de mayor escala, que incluso podrían mejorar la economía de sus usuarios y quienes los rodean. De cualquier manera, utilizar los techos ecológicos para cultivar y producir alimentos implica un mayor mantenimiento que los techos ecológicos que poseen plantas de bajo mantenimiento, lo que puede crear nuevas fuentes de empleo.

Por otro lado, el exceso de agua pluvial drenada de los techos ecológicos en cubiertas planas, debidamente almacenada y conducida, puede ser utilizada para otros usos dentro de las viviendas –riego de plantas, lavado de automóviles, llenado del tanque de los inodoros, entre otros–, reduciendo aún más la carga de los drenajes pluviales.

Antecedentes históricos

Los orígenes de los techos verdes se remontan a países como Irlanda e Inglaterra y los países escandinavos, donde las techumbres recubiertas de césped eran una característica tradicional en las viviendas populares. Sin embargo, se encuentran distintos ejemplos de cubiertas ajardinadas como ambientes habitables y recreativos a lo largo de la historia.

Probablemente la primera construcción de la que se tiene registro –aunque no pruebas arqueológicas– donde se presentan las cubiertas ajardinadas son los Jardines colgantes de Babilonia. Según relatos, el emperador Nabucodonosor mandó a construir una montaña artificial a orillas del árido río Éufrates para su esposa Semíramis,⁹ quien era originaria del fértil y

⁹ NOTA: Según Martínez (2005), Semíramis era la esposa de Nabucodonosor; Rocca (s/f) coincide con él. Sin embargo, Krystek (1998), así como otras fuentes consultadas en Internet, coinciden en que existen dos leyendas sobre la construcción de los Jardines colgantes de Babilonia. Una de ellas es que los jardines fueron construidos por Nabucodonosor II en algún momento de su gobierno –que empezó en el año 605 a. de C. y duró 43 años– para su esposa Amyitis, siempre con la intención de mitigar su nostalgia por los verdes paisajes de su infancia. La otra leyenda –y menos aceptada– dice que los jardines fueron construidos por la reina asiria Shammuramat (llamada Semíramis por los griegos), durante su reinado de cinco años, alrededor del año 810 a. de C. Popularmente, la leyenda de Nabucodonosor es más conocida, pero los Jardines colgantes de Babilonia son también conocidos como los “Jardines de Semíramis”.

montañoso norte del país. Según Martínez (2005), Diodorus Siculus, un viajero e historiador griego que pudo ver la construcción de los jardines, los describe de la siguiente manera:

El jardín tenía cien pies de ancho y cien de largo, y fue construido en palcos, de tal modo que se pareciera a un teatro. Se construyeron bóvedas bajo las terrazas ascendentes del jardín que, en este punto, alcanzaba el mismo nivel que el de las murallas de la ciudad (...). Al estar las galerías superpuestas unas sobre otras y soleadas, contenían muchas estancias reales. (p. 33)

Diodorus describe también que los techos de las bóvedas que sostenían el jardín constaban de vigas de piedra de dieciséis pies de longitud, y que sobre ellas se colocó una primera capa de cañas cubiertas por una gruesa capa de alquitrán, luego dos hiladas de ladrillo cocido unidas con cemento, y finalmente una cubierta de plomo para evitar que la humedad en la tierra penetrara la azotea. Sobre dicha azotea había suficiente tierra como para permitir que los árboles grandes sentaran raíces; la tierra estaba nivelada y podía encontrarse sembrado en ella todo tipo de árboles. Las terrazas estaban proyectadas una detrás de la otra, recibiendo la luz del sol, y tenían una serie de conductos que subían el agua del río Éufrates por medio de un sistema de bombas.¹⁰

Martínez comenta también que muchos consideran a los Jardines colgantes de Babilonia como un zigurat, que son construcciones de tipo religioso eminentemente mesopotámicas en forma de pirámide escalonada que datan de muchos siglos antes que dichos jardines (500 a. de C.), de los cuales sí se tiene evidencia arqueológica y que en muchas hipótesis se considera el uso de cubiertas ajardinadas, aunque parece que consisten en una masa monolítica, a pesar de que aún hay dudas sobre la habitabilidad de algunas cavidades en su base. Se cree también que la Torre de Babel está basada en los zigurats, pero según arqueólogos del grupo Busnik –cuya hipótesis se ve reforzada por la representación del pintor flamenco Pedro Brueghel el Viejo–, la torre no se basaba en una estructura monolítica, sino que sus paredes poseían perforaciones, lo que permite pensar en espacios interiores habitables.

Un ejemplo más palpable de las cubiertas ajardinadas se encuentra en Pompeya, Italia, específicamente en la Villa de los Misterios, que es uno de los escasos ejemplos de “villa sobre podio”. Se trata de un podio que se eleva sobre un peristilo profundo, que se convierte en una

¹⁰ Wikipedia (s/f). *Hanging Gardens of Babylon*. (Consultado el 27 de agosto de 2009. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Hanging_Gardens_of_Babylon).

prolongación al nivel de las estancias interiores de la segunda planta de la casa. Esta terraza, además de su comprobado uso –por medio de pruebas arqueológicas– como jardín, era un mirador sobre el Mediterráneo, donde podía disfrutarse de una vista al golfo de Nápoles.

Por otro lado, la Torre Giunigi en Lucca, Italia, tiene una intención ambigua, pues se trata de una torre defensiva, pero posee unos robles en su parte superior, que claramente la hacen muy visible. Es posible llegar a la cúspide por medio de una escalera interior, pero su elevada altura (120 metros) y las estrechas dimensiones de la azotea hacen poco creíble la idea de que alguien pudiera encontrar sosiego en ese ambiente.

Leonardo da Vinci, en el *Manuscrito de París* (1487-1490), hace una propuesta de jardines colgantes, pero esta vez como una intervención en el ámbito urbano, donde nuevamente se sitúan los jardines en un podio que se alza sobre los espacios abovedados de las galerías de servicio de la villa urbana. Esta propuesta urbanística de Da Vinci no pasó de ser una investigación, y, así como lo hizo muchas otras veces, dejó su proyecto sin terminar.

Johann van Lamberg, al proyectar la azotea de la residencia del obispo de Passau (Alemania, 1705), utiliza la azotea como paseo y como mirador sobre el valle del Inn, introduciendo además elementos como recorridos entre parterres, fuentes y estanques, intentando crear un espacio arquitectónico con entidad propia.

Posteriormente, con la aparición de nuevos materiales de construcción, como el hormigón armado y los derivados bituminosos, fue posible la construcción de nuevos proyectos que constaban de cubiertas planas aisladas y transitables. Samuel Haüsler (Alemania) inventó en 1839 la cubierta de cartón impermeabilizante, que consistía en unos rollos de cartón impregnados de alquitrán que se desplegaban sobre un entablado de madera y posteriormente se protegía con una cubierta de arena o grava, dando como resultado una superficie impermeable. Esta solución se utilizó a partir de entonces hasta buena parte del siglo XX por arquitectos de la vieja escuela, como Peter Behrens.

En 1867, Carl Rabitz presentó en la Exposición Universal de París la patente de su propia versión de cartón impermeabilizante (esta vez sobre una base de cemento volcánico). Con este prototipo, Rabitz pretendía demostrar las ventajas que esta solución ofrecía y proponía plantar un jardín en la azotea de su propia vivienda en Berlín, donde se pudiera pasear entre árboles y quioscos recreativos.

La Revolución industrial permitió la creación de nuevas planchas impermeabilizantes, más finas, ligeras y flexibles, fabricadas en un principio con derivados de la hulla y más tarde del asfalto. Sin embargo, había que saber darle una razón constructiva a este nuevo material, por eso fueron muy comunes los errores y los ejercicios de prueba por parte de los primeros arquitectos del movimiento moderno.

Mientras tanto, se estaban buscando soluciones alternativas al entablado de madera para la base estructural de la cubierta; pues la madera resultaba cara, su resistencia no era suficiente y es un material sumamente combustible. Fue entonces cuando surgió el hormigón armado, que no era más que una recuperación de la técnica de Henri Labrouste de rigidizar superficies delgadas con una malla de acero y se popularizó en Europa debido a una intensa actividad comercial. Posteriormente, con la presentación de la patente del nudo armado monolítico de François Hennebique, que estableció las bases para el esqueleto estructural, la atención se centró en el desarrollo de cubiertas planas, que ahora construidas con hormigón armado proporcionaban una superficie completamente plana, resistente al fuego y económica, así como un nuevo espacio o ambiente que presentaba una variedad de usos impensables hasta ese momento: la azotea. François Coignet, uno de los inventores del material, previo a concretizar la solución, imaginaba verdaderas plazas públicas, jardines y *foyers* al aire libre sobre los teatros, que servirían de paseos descubiertos accesibles para el público en general.

Fue el mismo Hennebique quien hizo realidad todas estas visualizaciones al construir una residencia para su propia familia en el suburbio de París, Bourg-la Reine, en 1904, donde experimentó con la plasticidad del hormigón armado, utilizándolo en volúmenes cilíndricos y rematando el edificio con una superficie plana que convirtió en un verdadero jardín tradicional inglés, con sinuosos senderos, un quiosco de música, un huerto y un invernadero para especies exóticas. A más de un siglo de su construcción, el edificio se encuentra en un estado de semiabandono y la traza original ha sido sustituida por una vegetación frondosa, pero su existencia reafirma lo que Le Corbusier planteó con insistencia cuando dijo que el conjunto de hormigón armado con una impermeabilización flexible y una cubierta vegetal es una de las soluciones constructivas de cubierta más acertadas y duraderas que se pueden realizar.

Si bien ni el hormigón armado, ni sus precursores, ni la impermeabilización flexible inventaron la cubierta plana ni la hicieron habitable, sí hicieron posible que esta solución se redescubriera por los arquitectos e ingenieros de la época moderna y que su uso se generalizara.

Durante el siglo pasado, en Europa se presentaron varios ejemplos de jardines elevados, esta vez más populares debido a los preceptos higienistas,¹¹ entre ellos el de Otto Wagner, quien proyectó un paseo con vegetación sobre la cubierta de la columnata en Karlsbad, Alemania (1906); la llamada “Calle del futuro” de Eugène Hénard, en París en 1910, quien al presentar su proyecto comentó acerca de la importancia del uso de cubiertas planas en una ciudad moderna y poblada, ya que estas cubiertas podrían ser plantadas con pequeños jardines florales, pero también expuso una proyección más visionaria: él veía a las cubiertas planas de hormigón armado cumpliendo una función más importante, como zonas de aterrizaje para aeronaves en lo que el consideraba un futuro cercano.

Hacia la década de 1920 se conciben las primeras ciudades-jardín inglesas, Welwyn y Letchworth, bajo los criterios de planeación de Robert Owen –que pretendía crear un nuevo tipo de tejido urbano independiente de las urbes industriales, donde predominara el concepto de privacidad sobre el de las relaciones sociales– y Ebenezer Howard –que proponía una sectorización de la ciudad según sus usos y la imposición de una cuota determinada de áreas verdes al suelo construido–. La sola existencia de estas ciudades ya era un éxito, pero nunca lograron la autosuficiencia que sus precursores hubieran deseado, pues, debido a su proximidad a Londres, terminaron por convertirse en ciudades-satélite de dicha ciudad.

En Francfort, Alemania, Ernst May y su proyecto de construcción de las *Siedlungen* (1927), que dio lugar a los barrios que actualmente se conocen como *Das neue Frankfurt*, es

¹¹ NOTA: El *higienismo* (principios del siglo XX) surgió en Europa como respuesta de parte de los urbanistas y arquitectos –tomando en cuenta los postulados médicos de la época– a la insalubridad de las ciudades, con la intención de aumentar las condiciones sanitarias que con las masivas migraciones del campo a las ciudades industriales se habían ido perdiendo, creando un ambiente propicio para la propagación de enfermedades como el cólera, la tuberculosis, entre otras. Este movimiento tomó en cuenta no solo los aspectos de salud física, sino también aspectos de salud mental y social, resultando en una serie de criterios de diseño que tomaban en cuenta la orientación de los edificios para permitir una óptima iluminación y ventilación natural –mejorando la circulación del aire e iluminación y control de temperatura natural en los espacios interiores– y la provisión de espacios abiertos para la recreación, la educación y la gimnasia, que fueron utilizados tanto en hospitales como en escuelas y viviendas. [Ver, por ejemplo, el sanatorio popular de Davos, Suiza (1907); el sanatorio antituberculoso de Paimio, Finlandia (1928-1933); el sanatorio de Waiblingen, Alemania (1928); la clínica infantil Rittberg en Berlín, Alemania (1927-1928); escuelas al aire libre Peterschule en Amsterdam, Alemania (1927-1928); Europahaus en Berlín, Alemania (1932); Villa Noailles en Hyères, Francia (1923-1933) y las viviendas de Weisenhofsiedlung, en Stuttgart, Alemania (1927)].

también una ciudad jardín con amplias zonas verdes comunes que siguen el coeficiente de proporción de Howard, así como áreas verdes privadas que se han ubicado en la cubierta, proporcionando, según la publicidad de la época, un espacio del que sus inquilinos “no podrían prescindir”.

Por su parte, en Francia, entre los años de 1913 y 1930, Henry Sauvage logró reinterpretar a su favor la normativa parisina del *gabarit* en sus *immeubles à gradins*, con su tipología de “inmueble retranqueado” o escalonado. Según Martínez, dicha normativa exigía que “las verticales que marcaban las alineaciones de la calle y del patio giraban 45° en los niveles máximos de cornisa para trazar las respectivas envolventes de cubierta, que se encontraban en el punto más alto de coronación”, permitiendo así que los edificios no bloquearan la iluminación natural de las calles. El diseño de Sauvage propone ampliar este “cono de iluminación” por medio del retranqueo sucesivo de cada planta en la fachada de la calle, obteniendo estándares mínimos de asoleamiento y ventilación e incluso permitiéndole añadir más altura al edificio, cumpliendo siempre con la ordenanza parisina, al mismo tiempo que utiliza las terrazas formadas por la disposición de las viviendas como pequeños jardines para que cada unidad residencial tuviera su propia área verde.

Como se mencionó anteriormente, Le Corbusier ideó sus “Cinco puntos para una nueva arquitectura”, donde el quinto punto trata precisamente acerca de las cubiertas planas y su uso como jardines. Así mismo, en 1927 publicó en la revista *L'Architecture Vivante* su artículo “*Théorie du toit-jardin*” (“Teoría de la cubierta-jardín”), donde asegura que las cubiertas inclinadas ya no son convenientes para los climas extremos, donde la nieve que estaba en contacto con la cubierta se derretía debido a la calefacción interna, filtrándose hacia adentro de las edificaciones, pues los canales no podían soportar el flujo al que eran sometidos. Propuso entonces la utilización de cubiertas planas con un sistema de drenaje que consiste en desagües verticales y aseguró al mismo tiempo que esta solución podía ser aplicada a cualquier tipo de clima.

Por su parte, Sigfried Gideon, tras un análisis del uso de las cubiertas planas en comparación con las inclinadas (*Bauen in Frankreich, Bauen in Eisen, Bauen in Eisenbeton*, 1928 y *Befreites Wohnen*, 1929), su uso en distintos lugares y en distintos momentos (incluso varios años antes del artículo de Le Corbusier) complementa la “Teoría de la cubierta-jardín” y hace un comentario similar al de Eugène Hénard, afirmando también que las cubiertas inclinadas

estarían prohibidas en las ciudades grandes, aunque fuera únicamente por razones higiénicas, brindando con el uso de las cubiertas planas un lugar de esparcimiento y descanso visual.

Esta “guerra de las cubiertas”, como la llama K.D. Wiess, iniciada por Le Corbusier y Gideon, se basa, además de experiencias y observaciones propias, en el análisis de edificaciones vernáculas que permiten cubiertas habitables, como es el caso de la arquitectura popular mediterránea, la de Argelia y Nuevo México. Obviamente, las cubiertas planas no podían ser utilizadas en cualquier clima debido a la falta de tecnología y materiales específicos que llegaron durante la Revolución industrial.

Sin embargo, la misma Revolución industrial trajo consigo una nueva tecnología y métodos de acondicionamiento y climatización, que permiten que los edificios sean más confortables, pero de una manera artificial, haciendo uso de maquinaria e instalaciones que necesitan estar al aire libre. Es así como las azoteas se fueron convirtiendo en “cuartos de máquinas”, donde el ruido y la falta de espacio terminaron por restarle atractivo y eliminando el concepto de lugar de sosiego.

La idea de la implantación de las cubiertas ajardinadas en las ciudades recobra importancia como una opción a la pérdida del concepto de “ciudad-jardín” de finales del siglo XIX, pues en la actualidad se han perdido los espacios verdes dentro del contexto urbano debido al crecimiento, la falta de regulación y el alza de precios del suelo.

Experiencias en diversos países

La construcción de techos ecológicos está cobrando auge en distintos países alrededor del mundo. Entre ellos, Japón, Suiza, Austria, Inglaterra, Hungría, Holanda, Suecia y Estados Unidos son países que poseen regulación en cuanto a la instalación de esta solución, lo que ayuda a promoverla.

Alemania. En la década de los 60 inició en la investigación y desarrollo de techos ecológicos. En la actualidad, en este país se encuentran más de 13 millones de metros cuadrados de soluciones de este tipo. En Dusseldorf, hay regulaciones que obligan a que las grandes áreas de tejados planos posean cubiertas ajardinadas.

España

- Ciudad Blanca (Alcudia, Mallorca). Francisco J. Sáenz de Oíza planeó un nuevo y ambicioso concepto de poblado vacacional (1962-1963), del cual solo terminó

construyéndose el bloque más cercano al mar: un edificio que consta de una traza sesgada en planta y un perfil escalonado en sección. Se trata de unidades de cuatro plantas, todas con la misma orientación hacia la playa, donde hay en cada una de sus plantas un apartamento al que se accede por medio de una escalera en espiral en la parte trasera del edificio. El área de los apartamentos se desplaza progresivamente en forma escalonada, formando una terraza con jardineras profundas que, además de tener las condiciones óptimas de iluminación, ventilación y asoleamiento, permiten condiciones de privacidad, pues impiden la vista hacia arriba o abajo y actúan como colchón acústico.

- Casa Verde (Pozuelo de Alarcón, Madrid). Concebida por Ábalos & Herreros en 1997, posee un geometría en su cubierta que es considerada como una prolongación de las especies del jardín, proporcionándole un efecto de camuflaje.
- Estudio Gordillo (Villanueva de la Cañada, Madrid). Diseñada también por Ábalos & Herreros entre los años de 1999 y 2002, aprovecha los desniveles del terreno para enterrar parte del estudio, permitiendo que la cubierta sea una continuación del jardín superior, donde se encuentra una variedad de árboles y arbustos junto a unos senderos de grava que rodean los lucernarios que proporcionan iluminación natural al espacio interior.

Estados Unidos. En ciudades importantes de este país –como Nueva York–, debido al alto precio de la tierra, las legislaciones constructivas se han hecho más flexibles y es posible utilizar, aprovechar o rehabilitar espacios de los edificios ya existentes, como las azoteas de los edificios, donde se han construido distintos espacios nuevos, como pistas deportivas o restaurantes.

- Rockefeller Center (Nueva York). Para los años comprendidos entre 1930 y 1933, Raymond Hood planeó un proyecto para remodelar las cubiertas de los cuerpos más bajos del Rockefeller Center, acuñando el término de *viewscales*, para paliar el efecto poco agradable que producía la vista desde la torre más alta de dicho edificio. Hood proyectó colocar en los edificios bajos una serie de jardines colgantes, con arboledas y fuentes, que se comunicaban entre ellos por medio de puentes peatonales, logrando así un lugar de estancia o un “oasis urbano”. Sin embargo, al morir Hood, el equipo a cargo de llevar a cabo el proyecto simplificó la propuesta y eliminó los puentes

peatonales y la intrincada trama paisajística y se limitaron a colocar un sencillo jardín ornamental.

- Oakland Museum (California). El proyecto, diseñado en 1961 por Kevin Roche y John Dinkerloo, alberga bajo el mismo techo a tres principales museos californianos: el Museo de Historia Natural, el Museo de Historia Cultural y el Museo de Arte. Los tres museos son articulados por medio de una plaza pública. Para asegurar la cantidad de iluminación natural que se necesitaba, se construyeron sobre el edificio unos terraplenes que permiten amplias ventanas, dando lugar, sobre la ya ascendente topografía natural, a una topografía artificial en la cubierta del edificio, que se conecta al contexto de circulación urbano por medio de una red peatonal que permite una entrada distinta para cada museo, y que está compuesta por una serie de pasadizos, calles, terrazas y escalinatas.
- Ático del apartamento privado de Paul Rudolph (Nueva York). Construido sobre un edificio de un siglo de antigüedad en Beekman Place, Manhattan (1973). Paul Rudolph diseñó un apartamento que rompe con la continuidad del edificio antiguo, pues una de las fachadas retranquea unos metros mientras la otra es un voladizo, utiliza un tipo de ladrillo más claro y aplantillado; sin embargo, la unidad arquitectónica no se rompe. La fachada norte se cierra con muros de ladrillo, mientras en las demás se encuentra una doble fachada con una estructura tubular de acero y cables para plantas trepadoras.

Francia

- Villa Savoye (Poissy-sur-Seine, París). Una de las obras más representativas de Le Corbusier (1929-1930), donde aplica sus “cinco puntos para una nueva arquitectura”, está construida sobre pilotes que separan la edificación del suelo para utilizarlo más eficientemente y posee una planta interior muy abierta, con transiciones dinámicas entre los niveles –como escaleras en espiral y rampas– y una cubierta ajardinada con esculturas tanto arquitectónicas como vegetales.
- Ático de Beistegui (París). Construido sobre un edificio antiguo de los Campos Elíseos por Le Corbusier (1930-1931) y normado todavía por el *gabarit*, consiste en tres terrazas en las que se distinguen espacios distintos: una terraza balcón baja, estrecha y alargada, que es una prolongación inmediata de las habitaciones interiores;

una azotea intermedia con vegetación y topografía propia; y un solarío con césped, cuyos límites están marcados por un antepecho de 1.5 metros de altura y una chimenea Luis XIV horadada en el pretil.

Holanda

- Biblioteca Central, Delft University of Technology (Prometheusplein 1, Delft). Diseñada por Mecanoo Arkchitecten en 1997, se encuentra bajo una cubierta de césped que se despliega desde el suelo y puede ser utilizada como espacio de lectura cuando hace buen clima.

Italia

- Colegio de la Vela (Urbino). Giancarlo de Carlo es el responsable del diseño de varios proyectos de vivienda y de colegios mayores (1962-1983), entre ellos Tridente, Aquilone, Vela y Colle. Todos los colegios partían de la condición de estar ubicados en solares que se encontraban en lo alto de laderas en las afueras de la ciudad. De aquí que De Carlo planteó un esquema conceptual que aplicaba a todos ellos: en lo alto de la loma, sobre un llano, está el edificio principal que contiene la mayoría de los espacios comunes, y sobre la ladera están las habitaciones, que tenían un trazo y geometría distinta según la inclinación de la pendiente, haciendo siempre que las cubiertas fueran transitables. En el caso del Colegio de la Vela, los bloques de habitaciones están dispuestos de manera paralela al valle y poseen cubiertas ajardinadas que están próximas entre sí, permitiendo una conexión física y contacto visual y acústico para los usuarios.

Japón. Como se mencionó anteriormente, en 2001 la municipalidad de Tokio creó una normativa que establece que todos los edificios que tengan una azotea con una extensión mayor a los 1.000 m² debe dedicar el 20% de ella a los techos ecológicos.

- Museo de Arte Contemporáneo (Naoshima). La edificación fue concebida por Tadao Ando en 1988, con la intención de que los visitantes llegaran en embarcaciones, pudiendo observar principalmente los geométricos volúmenes blancos, pero en su parte superior se encuentra un jardín con la misma vegetación natural de la isla.
- Monte Rokko II (Kobe). Obra de Tadao Ando en 1993, consiste en un edificio de apartamentos, escalonado, donde se da lugar a una serie de terrazas, producto de la topografía del terreno, que es una ladera de roca. A diferencia de la primera fase del

proyecto (Monte Rokko I), las cubiertas de los edificios más bajos de esta segunda fase ya no son transitables, y se han convertido en jardines ornamentales de hierbas.

- Gimnasio Municipal de Osaka (Osaka). Proyecto de Nikken Sekkei (1993-1996), posee una cubierta verde que ocupa la totalidad del espacio, creando una nueva topografía. Este proyecto utiliza los conceptos de sostenibilidad y alta tecnología disponible, manteniendo una relación ambiental con la ciudad.
- Universidad de Saitama (Yokohama). Diseñada en 1999 por Riken Yamamoto, donde la plataforma central está compuesta por las aulas y los laboratorios se encuentran ubicados en dos extremos opuestos. Cada aula se abre a un patio, proporcionándole la luz y ventilación naturales adecuadas y sobre la cubierta plana se encuentra una serie de jardines, plazas y paseos de madera dispuestos aleatoriamente con base en una cuadrícula ortogonal.

México. En un intento por reestablecer la riqueza natural y la diversidad de la flora y la fauna que alguna vez tuvo la cuenca de la ciudad de México, se ha tomado la iniciativa de construir techos ecológicos en este país, cuya ciudad capital ha crecido de manera incontrolada y desordenada.

Suiza

- Complejo residencial Halen (Berna). Este complejo residencial, construido por Atelier 5 (1959-1962) integra inteligentemente el espacio público, el privado y la vivienda. Partiendo de una unidad básica de habitación, normalmente de dos alturas, se ensambla con el terreno por medio de bloques lineales, entre los cuales existen espacios públicos que conectan los distintos equipamientos comunitarios. Cada vivienda es propietaria de la parcela donde está ubicada y de la cubierta de la vivienda que le antecede en la pendiente, y sobre esta cubierta (según su localización) se encuentra un jardín.

El Salvador. En nuestro país esta es una solución arquitectónica poco difundida, y esto puede deberse en parte a que el Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños, en la Parte Sexta, Capítulo V, Artículo VI. 32 referente a las áreas complementarias y equipamiento en condominios habitacionales, prohíbe la construcción de áreas verdes en losas u otras superficies impermeables en los condominios habitacionales, a menos que existiera algún plan especial. Esto

puede interpretarse como una medida para evitar que muchos diseñadores y constructores no tomen en consideración las áreas verdes necesarias establecidas por dicho reglamento y como una salida rápida para la aprobación del proyecto las ubiquen sobre la losa, porque a pesar de ello sí fue posible encontrar un proyecto de este tipo. Otra de las posibles razones por las que las cubiertas ajardinadas no son muy utilizadas en el país es por la frecuente actividad sísmica y por el temor a que la estructura falle. Pero como se verá más adelante, con las medidas y estándares de calidad necesarios es posible superar esa situación.

- Skala Lofts (colonia Escalón, cantón El Carmen). Proyecto diseñado por la Arq. Eva María Hinds (2008-2009;?), es un proyecto de *lofts* que cuenta con una vista de la ciudad muy privilegiada. De estilo minimalista y sencillo pero atractivo, posee una azotea habitable con un pequeño jardín, una piscina y área de estar.

Para ver más ilustraciones (*renders*) y fotos del proyecto, consultar <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=449554>, pues la entrada no fue permitida, aunque sí pudieron obtenerse fotografías del exterior del edificio.



Foto 1. Skala Lofts en la colonia Escalón. Vista de la fachada del edificio. En la parte superior puede apreciarse el barandal de la terraza donde se encuentra ubicado el jardín, la piscina y el área de estar.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 2. Skala Lofts en la colonia Escalón. Vista de lateral del edificio. Nótese la vegetación sobresaliente en la cubierta a la derecha de la fotografía.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

- 525 San Benito (colonia San Benito). Proyecto construido en 2003 (¿?), donde cada apartamento posee terrazas con abundante vegetación, concepto que se manejó desde el principio de la construcción.



Foto 3. 525 San Benito. Vista de la fachada principal del edificio.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

- Condominio Las Terrazas (colonia San Benito). Proyecto que utiliza el retranqueo sucesivo de los distintos niveles para proporcionar a cada uno de ellos una terraza con vegetación suficiente y variada, que se distribuye en espacios habitables para cada uno de los apartamentos.



Foto 4. Condominio Las Terrazas. Vista de la fachada principal del edificio.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

Así mismo, pueden encontrarse en toda el AMSS varios ejemplos de viviendas unifamiliares particulares y en condominio que utilizan vegetación en sus terrazas, ya sea construyendo estructuras para plantas trepadoras o con el uso de macetas.

Definición

Un techo ecológico es una superficie cubierta con una capa de tierra sobre la cual crecen y habitan plantas. El grosor de la capa de tierra o el tipo de sustrato¹² que se utiliza depende del tipo de plantas que crecerán en él. Dicho material es colocado sobre la membrana del techo,

¹² Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Acuaristas del Perú, 2008).

muchas veces sobre una barrera protectora para evitar que las raíces penetren en ella, y usualmente se coloca una capa que facilita el drenaje.

Existen dos tipos de techo ecológicos, los extensivos y los intensivos. Un techo ecológico extensivo posee una capa de tierra delgada, plantas resistentes a la sequía y requiere de poco mantenimiento, pero la variedad de plantas por utilizar es limitada. Un techo ecológico intensivo tiene una capa de suelo mucho más gruesa y puede verse como un jardín común y corriente, con árboles y arbustos. Este último requiere de mucho más mantenimiento y únicamente puede ser construido en un techo que soporte cargas pesadas. Puede diferenciarse también un tipo de techo ecológico de carga media, conocido como semi-intensivo.

Condiciones físicas necesarias para la construcción de un techo ecológico

Pendiente. Según el Jardín Botánico de Augustenborgs, los techos ecológicos se construyen en techos con una pendiente de entre 1 y 30 grados. Mientras mayor es la pendiente, es más difícil prevenir la erosión y los deslizamientos. Esto se puede prevenir con el uso de redes y similares, pero debe tomarse en cuenta que, entre mayor es la pendiente, es necesaria la irrigación frecuente porque el agua se drena rápidamente y porque el techo recibe menor cantidad de lluvia por metro cuadrado. Por el contrario, un techo demasiado plano permite la acumulación de agua, por lo que tiene otros requerimientos de drenaje. Debido a las diferencias entre retención de agua y erosión, la selección del material de drenaje depende de la pendiente.

Longitud. La longitud del techo, desde la orilla hasta el alero, afecta el contenido de humedad en el suelo. El agua es atraída por la fuerza de capilaridad hacia el suelo, pero solo a una distancia corta, por lo que las condiciones se tornan más secas en el área cercana a la parte superior del techo.

Orientación. Las condiciones de luz y calor son distintas en los techos que están orientados al norte y los que están orientados al sur. También influye si el techo recibe sombra de árboles o de otras edificaciones; incluso un tragaluz puede hacer que la vegetación se desarrolle de manera diferente en ese sector. Así mismo, es posible que existan tramos donde se reciba mayor o menor cantidad de agua.

Viento. Los techos ecológicos son menos susceptibles al daño ocasionado por los vientos que cualquier otro material de cubierta. Es recomendable utilizar algún tipo de protección contra la erosión (como redes) en lugares donde el viento es muy fuerte.

Peso. Es necesario hacer un análisis estructural para verificar cuánto peso de más puede soportar la estructura del edificio sobre la cual se colocará el techo ecológico. De acuerdo con el Jardín Botánico de Augustenborgs, un techo ecológico extensivo pesa aproximadamente 50 kg/m² cuando está saturado con agua. Se pueden utilizar fibras sintéticas como sustrato, en lugar de tierra, para disminuir las cargas, lo que pesa aproximadamente 35 kg/m².

Materiales

A continuación se enumeran los materiales que según el Jardín Botánico de Augustenborgs deben utilizarse al momento de construir un techo ecológico. Sin embargo, a medida que la presente investigación avance, se indagará y tratará de proponer otras opciones de materiales considerando su costo y disponibilidad, sin menospreciar su efectividad.

Impermeabilización. En países donde se construyen los techos ecológicos, se coloca una membrana de bitumen¹³ que, aunque puede ser dañada por los rayos ultravioleta y tornillos o cualquier otro elemento que la perfora, es protegida por el mismo suelo o sustrato y la vegetación sobre ella.

Barrera para raíces. La función de esta barrera es asegurar que las raíces no ocasionen daños a la membrana de impermeabilización. Los diferentes países donde se construyen techos ecológicos tienen distintas prácticas y normas de construcción –y algunos carecen de ellas–, pero en países como Alemania se coloca siempre una barrera para raíces, que puede consistir en un agente químico y venenoso para las plantas, o puede ser una lámina delgada de cobre. En Suecia, esta barrera suele obviarse cuando se trata de un techo extensivo con 2 a 5 cm de tierra, donde solo pueden sobrevivir musgos o plantas del género *Sedum*, ya que estos tienen raíces débiles e incluso los musgos no tienen raíces. Cuando la capa de tierra es más gruesa, es posible una mayor retención de agua y, por lo tanto, el riesgo de que crezcan malas hierbas es mayor y estas tienen raíces más penetrantes. Cuando es éste el caso, en este país suele usarse una cubierta de hule.

Drenaje. Se utiliza una capa de material de drenaje para evitar la erosión producida por la filtración del agua, o en el caso de los techos con poca pendiente la acumulación de agua puede

¹³ El betún o bitumen es una mezcla de líquidos orgánicos altamente viscosa, negra, pegajosa, completamente soluble en disulfuro de carbono y compuesta principalmente por hidrocarburos aromáticos policíclicos (Wikipedia, s/f).

formar charcos. Esto, en ambos casos, puede dañar a las plantas, ya sea pudriéndolas o permitiendo el crecimiento de malas hierbas. Otra función de este material es retener cierta cantidad de agua, lo que es importante cuando las condiciones se tornan más secas. No es necesario que la función del drenaje sea cumplida por una capa separada, pues también se pueden utilizar sustratos porosos para que el exceso de agua pueda drenarse efectivamente. Este material puede ser de origen natural, materiales reciclados o específicamente manufacturados para ese uso. Entre los materiales que se pueden utilizar como drenaje están:

- Grava, roca triturada: uno de los materiales naturales más simples; sin embargo, su forma no debe ser demasiado redondeada, pues se rodarían del techo. Resulta muy económico y efectivo, favoreciendo al mismo tiempo el desarrollo de la biodiversidad. Uno de los inconvenientes de este material es que resulta pesado y no puede retener demasiada agua o nutrientes disueltos para las plantas.
- Lava triturada, ladrillos de barro triturados: la lava triturada es un material natural, mientras que los ladrillos de barro triturados son un material reciclado. A pesar de sus orígenes tan distintos, estos materiales son muy similares, pues ambos son porosos y pueden retener mucha más agua y nutrientes que la roca. Esta última característica asegura que se minimice el escape de los nutrientes hacia los drenajes de agua, donde pueden resultar contaminantes. Estos materiales poseen la ventaja de ser relativamente menos pesados y también pueden ser utilizados como hábitat por distintos invertebrados.
- Fibra sintética: es un material hecho de minerales de roca, que generalmente es utilizado como aislante en las viviendas o como un medio de crecimiento en cultivos de invernadero. Las raíces de las plantas pueden penetrarlo, y la fricción entre la fibra y el recubrimiento impermeabilizante de bitumen hace que esta se mantenga en su sitio. La fibra sintética puede retener una gran cantidad de agua y liberarla hacia las plantas por períodos de tiempo prolongados, pero también drena el exceso de agua. Como solución para techos ecológicos ligeros, la fibra sintética es utilizada en lugar del sustrato, las plantas crecen directamente sobre ella y se esparce grava para evitar que el viento la levante. Sin embargo, la fibra sintética no mantiene los nutrientes por mucho tiempo, por lo que es necesario el uso de fertilizantes. Así mismo, desde el

punto de vista ecológico, debe considerarse el consumo de energía necesaria para transformar la roca en fibra.

- Espuma: pueden ser de asientos de vehículo reciclados. Drena el agua, pero no la retiene, ni a los nutrientes necesarios para las plantas.
- Láminas de plástico con recipientes: se elaboran según las necesidades del tipo de techo, ya sea intensivo o extensivo. Los recipientes reciben el agua y la distribuyen uniformemente en la superficie. Una vez los recipientes están llenos, el exceso de agua se drena por medio de unos agujeros. Este material está especialmente diseñado para mantener un óptimo funcionamiento del techo ecológico, son fáciles de transportar y de instalar, pero una vez se secan los recipientes, el material es incapaz de proporcionar la humedad necesaria para las plantas. Los materiales porosos se secan con mayor lentitud, lo que hace que las plantas ajusten su consumo de agua y se adapten según la disponibilidad. Las láminas de plástico tampoco guardan los nutrientes y pueden ser caros, especialmente tomando en cuenta la energía consumida para su fabricación y el hecho de que el plástico viene de una fuente no renovable.

Control de erosión y capa de filtro. Generalmente se coloca una capa de filtro (usualmente en forma de tela) sobre la capa de drenaje para evitar que el sustrato obstruya la función de éste último elemento. Si se adquieren comercialmente las membranas para la construcción de techos ecológicos, la capa de filtro incluye una red tridimensional de nylon que ayuda a controlar la erosión, pero también puede adquirirse la tela con la red de nylon por separado. El control de la erosión es cada vez más necesario cuando la pendiente del techo es mayor.

Sustrato. No es recomendable utilizar la tierra que se utiliza en los jardines para los techos ecológicos, pues la presencia de materia orgánica hace que el volumen de la tierra disminuya. Esto podría implicar un riesgo de incendio. Sin embargo, el riesgo de incendio no es tan grande en muchos de los sistemas de techos ecológicos, pues depende del tipo de plantas que se utilice y la cantidad de agua que estas retienen en su follaje. La tierra ideal para los techos ecológicos es una con un alto contenido mineral sin arcilla, ya que esta es impermeable. Para reducir el peso de la tierra, pueden mezclarse ladrillo o lava triturados. Además, para un rápido crecimiento de la cobertura vegetal, es recomendado mezclar un abono granular de liberación prolongada.

Tipos de plantas. Es necesario que las plantas se adapten al clima y a la región en que estarán ubicadas; esto es un factor muy importante por tomar en cuenta, ya que el concepto de los techos ecológicos se basa en la sostenibilidad. Para techos ecológicos de tipo extensivo, es necesario que las plantas sean resistentes a la sequía, pues las condiciones en estos tipos de techo suelen ser muy secas en la mayoría de climas. Las plantas suculentas,¹⁴ entre ellas las del género *Sedum*, son apropiadas para los techos ecológicos extensivos, así como los musgos. Las plantas pueden ser sembradas directamente en el techo o sobre un elemento de vegetación prefabricado.

Superficies verticales

Generalmente, la atención se centra en las superficies horizontales que requieren sombra, pero las superficies verticales también contribuyen al calor interno perceptible, tanto dentro como fuera de los edificios. La colocación de plantas trepadoras en las paredes de los edificios puede contribuir, al igual que las que se encuentran en las azoteas, a disminuir las temperaturas de las áreas urbanas. Las hojas de las plantas son deficientes colectores de calor, por lo que estas se elevan para aprovechar la radiación, permitiendo una mejor circulación del aire entre la planta y el edificio, refrescando el ambiente mediante la transpiración de las mismas hojas. En épocas de frío, las hojas forman una capa aislante de aire alrededor del edificio.

¹⁴ Las plantas suculentas o crasas son aquellas en las que la raíz, el tallo o las hojas se han engrosado para permitir el almacenamiento de agua en cantidades mucho mayores que en las plantas normales. Esta adaptación les permite mantener reservas de líquido durante períodos prolongados y sobrevivir así en entornos áridos y secos que otras plantas encuentran inhabitables (Wikipedia, s/f).

Contextualización dentro del AMSS

Definición

El área metropolitana de San Salvador (AMSS) es el área comprendida entre los municipios de Antiguo Cuscatlán, Apopa, Ayutuxtepeque, ciudad Delgado, Cuscatancingo, Ilopango, Mejicanos, Nejapa, Nueva San Salvador, San Marcos, San Martín, San Salvador, Soyapango y Tonacatepeque. Cabe mencionar que con el correr de los años y con el crecimiento del área urbana se han ido agregando más municipios a lo que es considerado el AMSS, siendo al inicio diez, posteriormente trece hasta llegar a los actuales catorce, por lo que también es conocida como el área metropolitana de San Salvador ampliada (AMSSA).

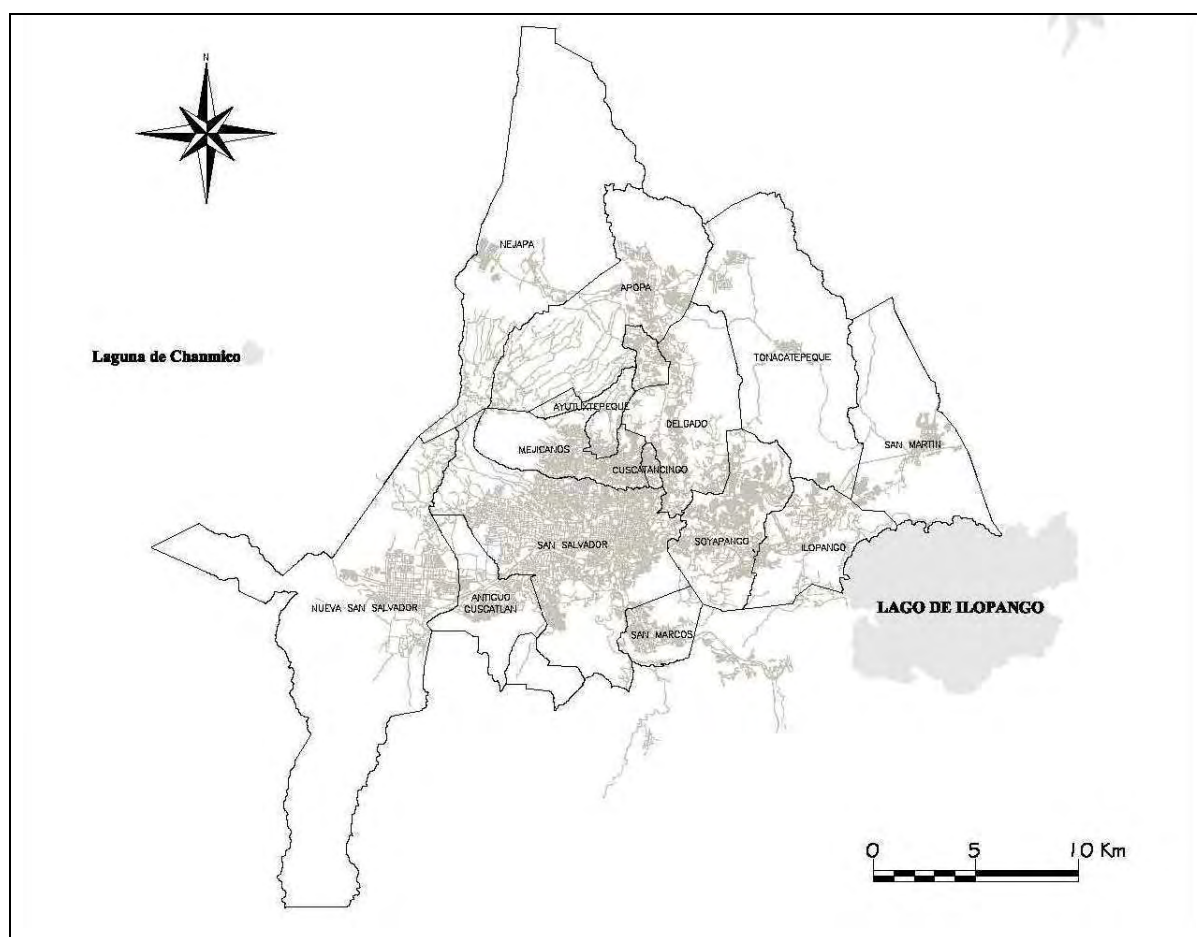


Ilustración 5. Área metropolitana de San Salvador

(Fuente: elaboración propia en base a mapa Opamss.)

Aspectos sociales y culturales

El área metropolitana de San Salvador ha tenido una mayor concentración de población desde prácticamente la segunda mitad del siglo XX, y la densidad poblacional sigue incrementando en la actualidad, a pesar de los distintos fenómenos de migración que se dan debido a otros factores sociales, económicos y ambientales del país.

Estos incrementos en la densidad poblacional del AMSS generan una serie de problemas, entre ellos se puede mencionar:

- Físicos: el aumento en la demanda de espacio para todo tipo de actividades que se llevan a cabo en el AMSS, lo que implica una reducción del espacio físico.
- Funcionales: la amplia dotación de servicios del AMSS puede llegar a impedir la instalación de otros servicios necesarios para otras áreas del país.
- De flujo: el AMSS sigue siendo un lugar atractivo para las personas debido a la oferta de servicios, oportunidades laborales, oferta de productos, etc.

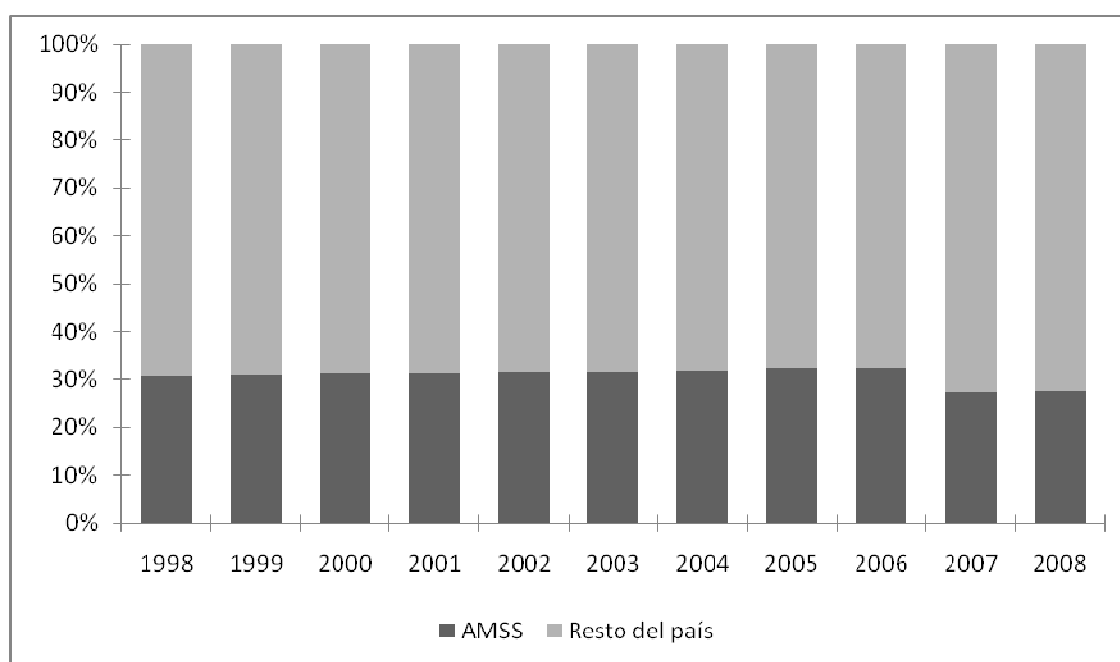


Gráfico 1. Población de El Salvador. El gráfico compara el porcentaje del número de habitantes del área metropolitana de San Salvador con el porcentaje de habitantes en el resto del país. Puede observarse que el AMSS alberga a una mayor concentración de habitantes –o densidad poblacional– si se toma en cuenta que el área metropolitana representa únicamente el 2.9 % del área de territorio nacional.

(Fuente: elaboración propia con base en Encuestas de Hogares y Propósitos Múltiples de los años de 1998 a 2008.)

Como demuestra el *Relato sociológico* (1997) del Plamadur-Amssa, la población pobre también ha aumentado en el AMSS, y esto da como resultado un congestionamiento de vivienda. Este aumento poblacional se da, según una hipótesis, debido a una combinación del incremento natural y a las migraciones internas. Debe tomarse en cuenta que el aumento de población puede ser un desencadenante de muchos otros problemas sociales, como la falta de empleo, y, como consecuencia de ello, la delincuencia, el aumento de comerciantes informales y muchas veces actividades comerciales ilícitas, la falta de ordenamiento de espacios públicos, entre otros, pues la población creciente rebasa la capacidad de la ciudad, haciéndola incapaz de satisfacer sus necesidades más básicas.

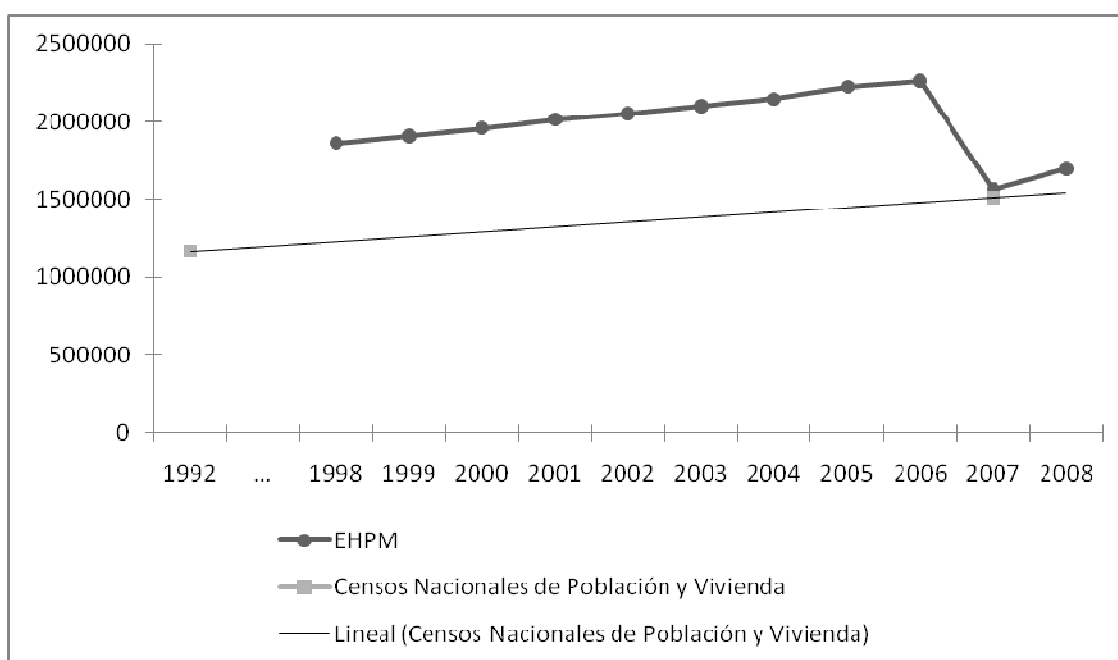


Gráfico 2. Población del área metropolitana de San Salvador. Debido a que los censos nacionales de población y de vivienda no tienen el apartado que indica los datos del AMSS, se han utilizado únicamente los datos del área urbana de cada uno de los municipios pertenecientes. Por otro lado, es de hacer notar que los datos de las EHPM son hechos con base en proyecciones y datos tomados de muestras, y solo fue posible obtener los datos a partir de 1998. Debe tomarse en cuenta que el área metropolitana de San Salvador fue ampliada para abarcar 14 municipios en 1993.

(Fuente: elaboración propia en base a los Censos Nacionales de Población y Vivienda de los años 1992 y 1997 y las Encuestas de Hogares y Propósitos Múltiples de los años de 1998 a 2008.)

Las migraciones siempre han sido una constante en la realidad nacional, pero dos sucesos que dieron lugar a grandes movimientos migratorios son la guerra de la década de los 80 y los terremotos del 2001. El primero se tuvo como consecuencia las migraciones internas hacia el

AMSS y hacia Estados Unidos, pero el segundo implicó movimientos de masas aún mayores hacia Estados Unidos debido a que el AMSS fue una de las áreas más afectadas por este fenómeno natural; y es posible que uno de los razonamientos de los migrantes para dejar el país haya sido generar fondos en el extranjero para ayudar a sus familias a reconstruir sus viviendas en El Salvador.

De cualquier manera, el incremento de migraciones hacia un solo sitio da lugar a la desintegración familiar y al incremento de población marginada con el establecimiento de asentamientos populares urbanos (colonias ilegales, tugurios y mesones).

Aspectos económicos

La conformación espacial, política y social de una ciudad se fundamenta en su actividad productiva y económica. El caso del área metropolitana de San Salvador no es la excepción, y su desarrollo económico y social actual tiene sus orígenes en la época colonial.

Como colonia de España, las actividades económicas de El Salvador estuvieron íntimamente relacionadas con los intereses de los españoles, y hasta los últimos años del siglo XIX el país se dedicó a actividades agrícolas cuyo producto era exportado, entre ellas cultivo del cacao y posteriormente del añil. Cada uno de estos cultivos predominó en ciertas regiones del país, cuya importancia declinó progresivamente cuando los cultivos que producían anteriormente perdían importancia.

Con la independencia se debilitó el lazo con España, pero se mantuvieron relaciones comerciales con otros países. El cultivo predominante en el país en ese momento era el café, y proveyó ingresos, fuentes empleo y favoreció la actividad económica en otros sectores productivos, generando poder económico y político. Toda actividad económica de esta magnitud en definitiva afecta los otros aspectos (sociales, espaciales, etc.) de una sociedad; y el cultivo del café trajo consigo una mejora de la infraestructura vial, especialmente entre los centros urbanos ubicados en zonas productoras y entre ellos y los puertos de exportación. Esto trae, a la vez, dotación de servicios de agua, electricidad y teléfonos, que favorecen la urbanización, lo que también conlleva la prestación de otros servicios (mantenimiento de infraestructuras, recreación, servicios religiosos, etc.) que se van concentrando poco a poco en los centros urbanos, aislando a las zonas que se encuentran lejos de estos polos de desarrollo, y entonces las personas recurren a las migraciones internas para poder satisfacer sus necesidades en un entorno cambiante y en

proceso de modernización. En el siglo XX se suman el cultivo de la caña de azúcar y del algodón a la producción del café, dándole oportunidad de crecimiento a otras regiones del país. Es por ello que la mejor infraestructura de transporte, comunicaciones y servicios del país se encuentra en la franja longitudinal central del país (Santa Ana, Ahuachapán, Sonsonate, Santa Tecla, San Salvador, San Vicente, Usulután, San Miguel), siendo Acajutla el puerto comercial más importante de la época.

A partir de la década de los sesenta se instalan empresas industriales y de servicios en el AMSS, que históricamente ha sido el área que posee la mejor infraestructura y mejores servicios, además de ser el centro de poder político y económico, debido a su ubicación y fácil acceso a los otros puntos del país.

Por las ventajas laborales y de infraestructura y servicios, que son relativamente más accesibles en el área urbana, el problema de la pobreza urbana tiende a ser menos dramático que en el área rural, si se toma en cuenta que por la disponibilidad de esta infraestructura y servicios en el área urbana resulta más fácil de superar el concepto de déficit habitacional cualitativo,¹⁵ sin que esto implique necesariamente que lo que la ciudad ofrece sea del todo adecuado, pues es muy común encontrar cierto grado de deficiencia en la calidad de la infraestructura y servicios del AMSS.

En la actualidad, la competitividad de la economía postindustrial depende de la calidad de servicios y de vida que las ciudades ofrecen, porque allí se concentran la fuerza de trabajo, la investigación, la educación superior, etc., que determinan el desarrollo de las innovaciones tecnológicas; sin embargo, el AMSS presenta una serie de obstáculos muy antiguos que nunca han intentado mejorarse y que se agudizan conforme pasa el tiempo. Entre ellos están:

- Concentración de estructuras productivas en el área metropolitana.
- Oferta de transporte público inadecuada.
- Daños al medio ambiente.
- Redes de infraestructura inadecuada.
- Baja calidad urbana.

¹⁵ El déficit habitacional cualitativo se refiere a la carencia en la satisfacción de las necesidades de alojamiento, así como la calidad de los materiales de construcción y la falta de servicios básicos complementarios (como servicio de agua potable, drenaje de aguas negras y electricidad).

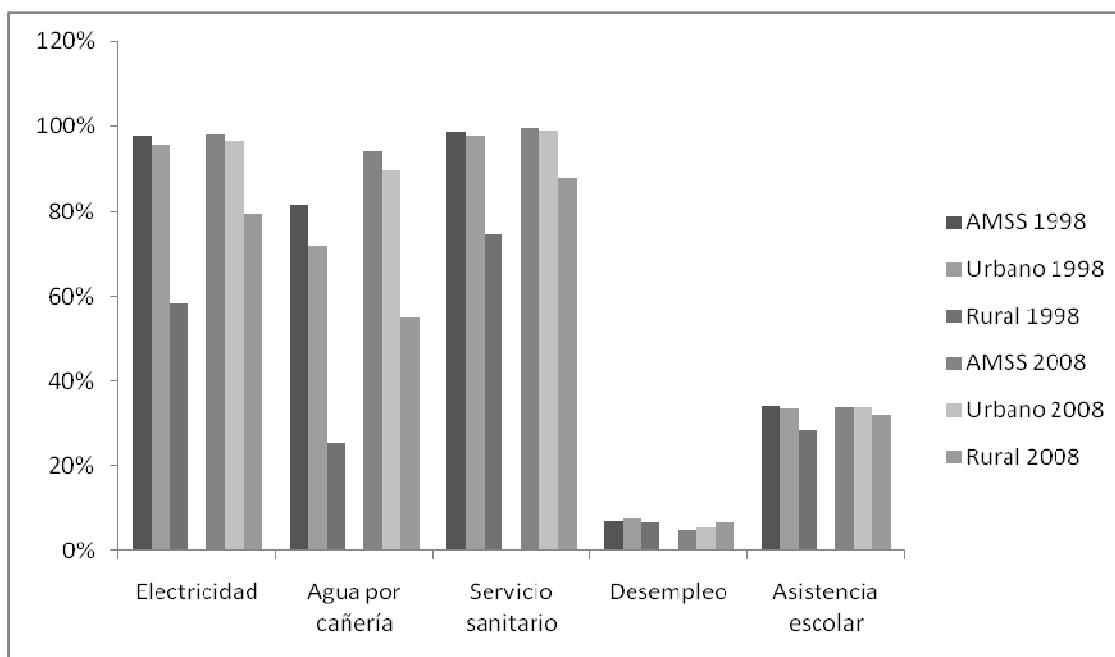


Gráfico 3. Infraestructura, servicios básicos y situación de desempleo en el AMSS y el resto del país en las áreas urbanas y rurales, comparando los años de 1998 y 2008. Aunque la dotación de infraestructura para la prestación de servicios básicos ha mejorado, históricamente el AMSS es el área con mejor infraestructura y condiciones de empleo debido a ello, lo que a su vez implica una mayor concentración de población. (Fuente: elaboración propia con base en las encuestas de hogares y propósitos múltiples de los años 1998 y 2008.)

Aspectos físicos

Clima. Por su ubicación, El Salvador se encuentra dentro del área de climas tropicales. La temperatura tiene muy poca variación mensual y estacional, y los meses más fríos son diciembre y enero, debido a los vientos provenientes del norte. Marzo y abril son los meses más calurosos. De acuerdo con el Diagnóstico ambiental del Plamadur-Amssa, en el área de San Salvador se alcanza una temperatura máxima absoluta de 36 °C.

Debido a que la variación de temperatura mensual es mínima, es posible considerar como válido para el área metropolitana de San Salvador lo que se presenta en el cuadro No. 1, donde se sintetiza el comportamiento climático del país.

Mes	Comportamiento climático
ENERO-FEBRERO	<ul style="list-style-type: none"> • Estación seca. • Posible ocurrencia de precipitaciones débiles durante el último tercio de enero. • Clima subtropical seco, con mucho brillo de sol. Mayor frecuencia de vientos “Nortes”, que comienza a disminuir en febrero.
MARZO-ABRIL	<ul style="list-style-type: none"> • Máximos valores de calor. • Inicio de la transición seca-lluviosa en abril. • Clima subtropical seco y caliente. Disminuyen los vientos “Nortes”. • Aumento de la nubosidad en abril, primeras lluvias en forma de chubascos y localmente de aguaceros. • Ocasionales enfriamientos nocturnos a causa de las invasiones de frío tardías.
MAYO-JUNIO	<ul style="list-style-type: none"> • Inicio de la estación lluviosa, presentándose chubascos y tormentas eléctricas. • Temporal en junio • Disminución de la oscilación diaria de temperatura.
JULIO-AGOSTO	<ul style="list-style-type: none"> • Estación lluviosa. • Concentración de la actividad lluviosa en horas de la noche. • Períodos de varios días con mucho brillo de sol.
SEPTIEMBRE- OCTUBRE	<ul style="list-style-type: none"> • Último tercio de la estación lluviosa. • Inicio de la transición lluviosa-seca en octubre. • Disminución de actividad lluviosa e inicio de los primeros vientos “Nortes”.
NOVIEMBRE- DICIEMBRE	<ul style="list-style-type: none"> • Estación seca. • Períodos de vientos “Nortes”, pueden esperarse días con lluvia. • Disminución de las temperaturas.

Cuadro 1. Comportamiento del clima en El Salvador a lo largo del año.
(Fuente: elaboración propia con base en datos del *Atlas de El Salvador*.)

La precipitación pluvial anual del área metropolitana de San Salvador oscila entre los 1.600 y 2.100 mm anuales. Generalmente, la estación lluviosa es desde abril a octubre y la estación seca de noviembre a marzo.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, Sapper y Lauer, que asocia el clima de las zonas con la altura sobre el nivel del mar, el área metropolitana de San Salvador posee las siguientes zonas climáticas:

1. Sabanas tropicales calientes o tierra caliente:
 - de 0 a 800 msnm con temperaturas anuales entre 22 °C y 28 °C.
2. Sabanas tropicales calurosas o tierra templada:
 - de 800 a 1.200 msnm con temperaturas anuales entre 19 °C y 22 °C.
3. Clima tropical de las alturas:
 - a) de 1.200 a 1.800 msnm, con temperaturas anuales entre 16 °C y 20 °C.
 - b) de 1.800 a 2.700 msnm, con temperaturas anuales entre 10 °C y 16 °C. Esta zona climática tiene un porcentaje mínimo de área en el AMSS, y se encuentra en la zona más alta del volcán de San Salvador.

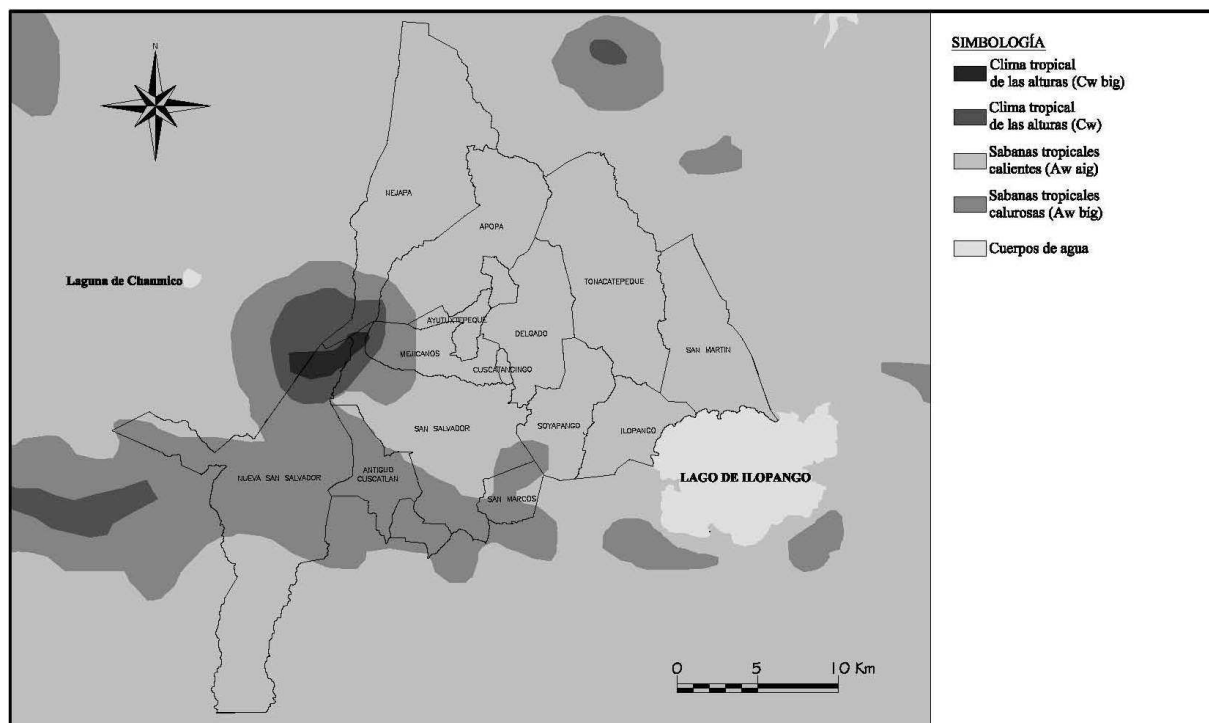


Ilustración 2. Zonas climáticas en el AMSS, según Köppen, Sapper y Lauer.
(Fuente: elaboración propia en base a Opamss y el *Atlas de El Salvador*.)

Sistema volcánico de San Salvador

- *Macizo volcánico de San Salvador o Quezaltepeque.* Es un macizo volcánico que cubre un área de aproximadamente 18 km². Está compuesto por varios aparatos y estructuras de edades y significados bien definidos, entre los cuales el más característico es “El Boquerón”. Este es el cono volcánico que ocupa la parte central de dicho macizo volcánico, su cráter tiene un diámetro de aproximadamente 1.500 m y su borde se encuentra entre los 1.780 y 1.880 msnm; al fondo se encuentra un cono de escoria de aproximadamente 30 m de altura, producto de la última erupción en 1917.

A aproximadamente 2.5 km este-noreste del borde de este cráter se eleva la cima más alta del complejo, “El Picacho”, con 1.967 msnm; y a 3 km al oeste se encuentra “El Jabalí” o Amatepeque, que es una cima completamente separada del cono de “El Boquerón”.

En la parte norte se encuentra una marcada discontinuidad morfológica que abarca la base interna de “El Picacho” hasta el pie de “El Jabalí”, lo que ha sido interpretado como el borde una caldera que ha sido llenada paulatinamente debido a la actividad de “El Boquerón”.

En el flanco noroccidental del macizo volcánico se encuentran “El Playón” (cono de escorias de una gran colada asociada), “Los Chintos” (conos pequeños) y el cráter de la laguna de Chanmico, así como tres cráteres de explosión asociados que se alinean en dirección a “El Jabalí”. Hacia el flanco sur-oriental está “La Joya” (cono de escorias de altura aproximada de 1.200 msnm), el “Plan de la Laguna” y otros pequeños cráteres y conos.

- *Caldera del lago de Ilopango.* Es considerada de origen vulcano-tectónico, ya que ha sido afectada muchas veces por hundimientos debido a una actividad explosiva intensa. Estos eventos han sido controlados por la superposición de varios lineamientos tectónicos regionales, por lo que la mayoría de estos colapsos han seguido líneas de debilidad estructural.

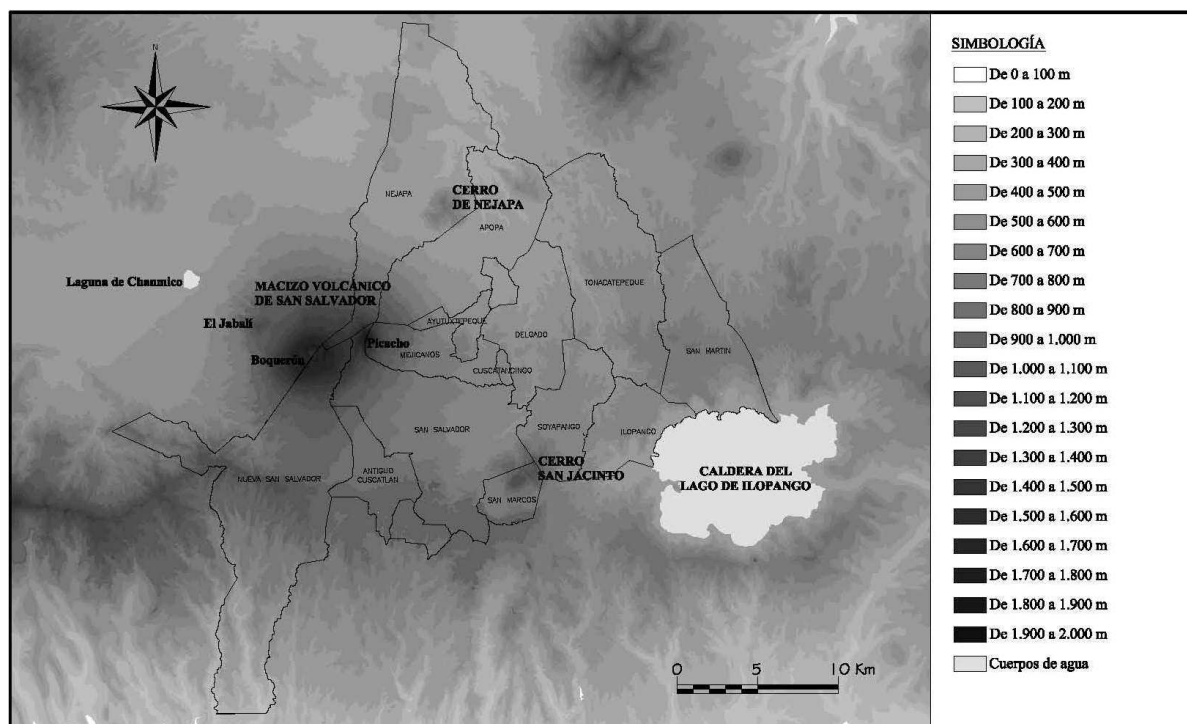
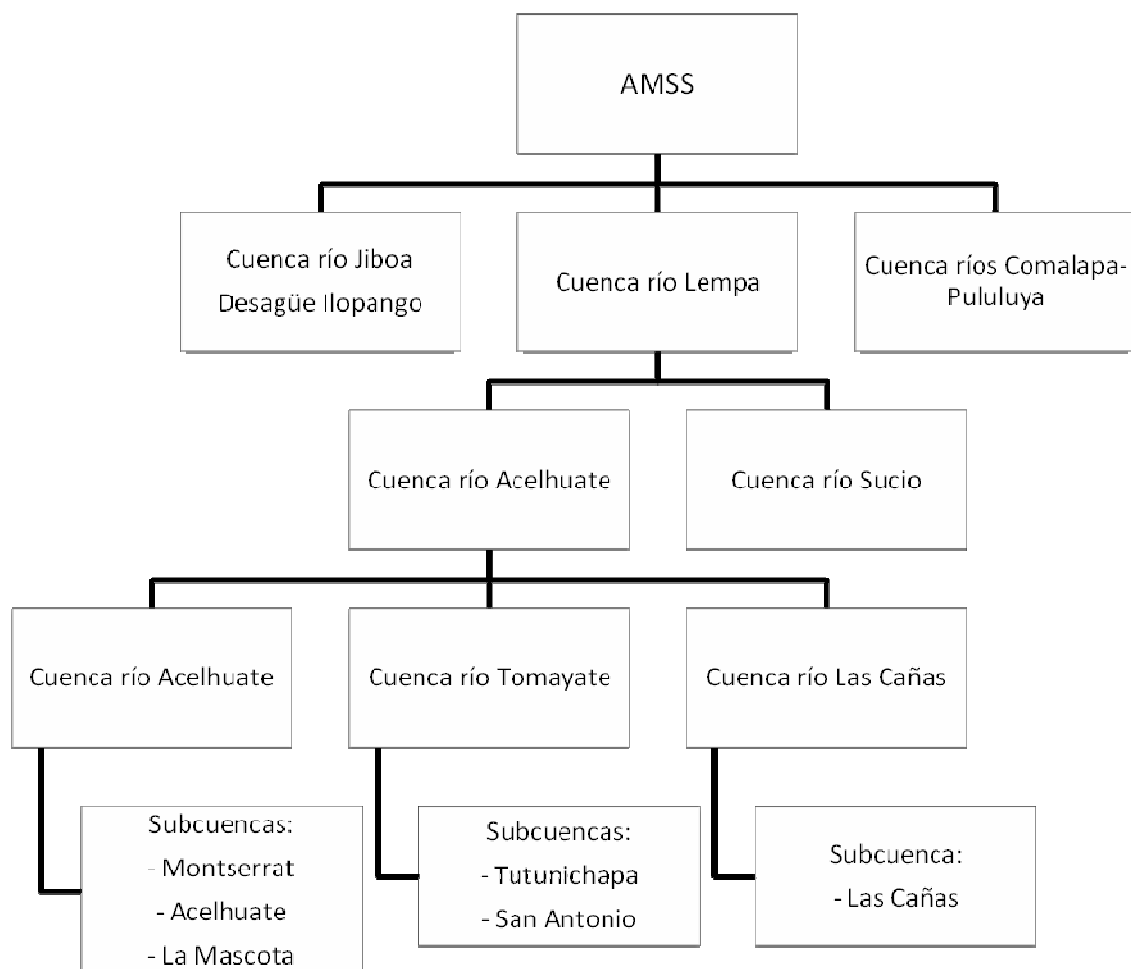


Ilustración 3. Principales formaciones geológicas del AMSS y curvas de nivel.
(Fuente: elaboración propia con base en Opamss y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.)

Sistema hídrico. El caudal de los numerosos ríos y quebradas que atraviesan el Área metropolitana de San Salvador depende en gran medida de las precipitaciones pluviales, como en las regiones tropicales que poseen un régimen de lluvias similar al del país.

Según el Plamadur – Amssa (1997), el sistema hídrico del AMSS está formado por tres grandes cuencas con sus respectivas subcuencas, como muestra el cuadro 2:



Cuadro 2. Sistema hídrico del AMSS.
(Fuente: Plamadur-AMSS, Diagnóstico ambiental.)

Evidentemente, el río que mayor influencia tiene en el AMSS, desde sus inicios como ciudad, es el Acelhuate, que atraviesa el municipio de San Salvador y que, además del aporte natural de los acuíferos, recibe los afluentes de varias quebradas provenientes de las laderas del volcán de San Salvador. Este río también se alimenta de las aguas servidas de diversos asentamientos dentro del AMSS, lo que contribuye a la contaminación ambiental y su caudal aumenta considerablemente en la época comprendida entre los meses de mayo a octubre debido a las lluvias. Por estas situaciones, el río Acelhuate representa un área de alta vulnerabilidad que necesita de medidas fuertes de protección y rehabilitación.

El arenal de Montserrat abarca el sector sur del AMSS y su flujo contribuye a las inundaciones en el área de los barrios de Candelaria, Modelo y La Vega. Nace en la confluencia

de las quebradas El Piro y El Triunfo (Antiguo Cuscatlán), el tramo siguiente es conocido como la quebrada La Lechuza (área del Centro Internacional de Ferias y Convenciones), para finalizar en lo que se conoce como arenal de Montserrat, desembocando finalmente en el río Acelhuate a la altura del barrio La Vega.

El arenal de Tutunichapa recoge también buena parte de las aguas provenientes del volcán de San Salvador, naciendo en la colonia Escalón y desemboca en el río Urbina, cerca de la Carretera Troncal del Norte. Este último desemboca a su vez en el nacimiento del río Tomayate, en el punto donde se junta con la quebrada El Chagüite.

El arenal de Mejicanos ha cobrado importancia desde el punto de vista de la vulnerabilidad debido a la impermeabilización del suelo del sector de San Ramón. Nace en la colonia Zacamil, en el punto de confluencia de tres quebradas menores que provienen de “El Picacho” y desemboca en el río San Antonio, cerca de la colonia Jardines de Mompegón.

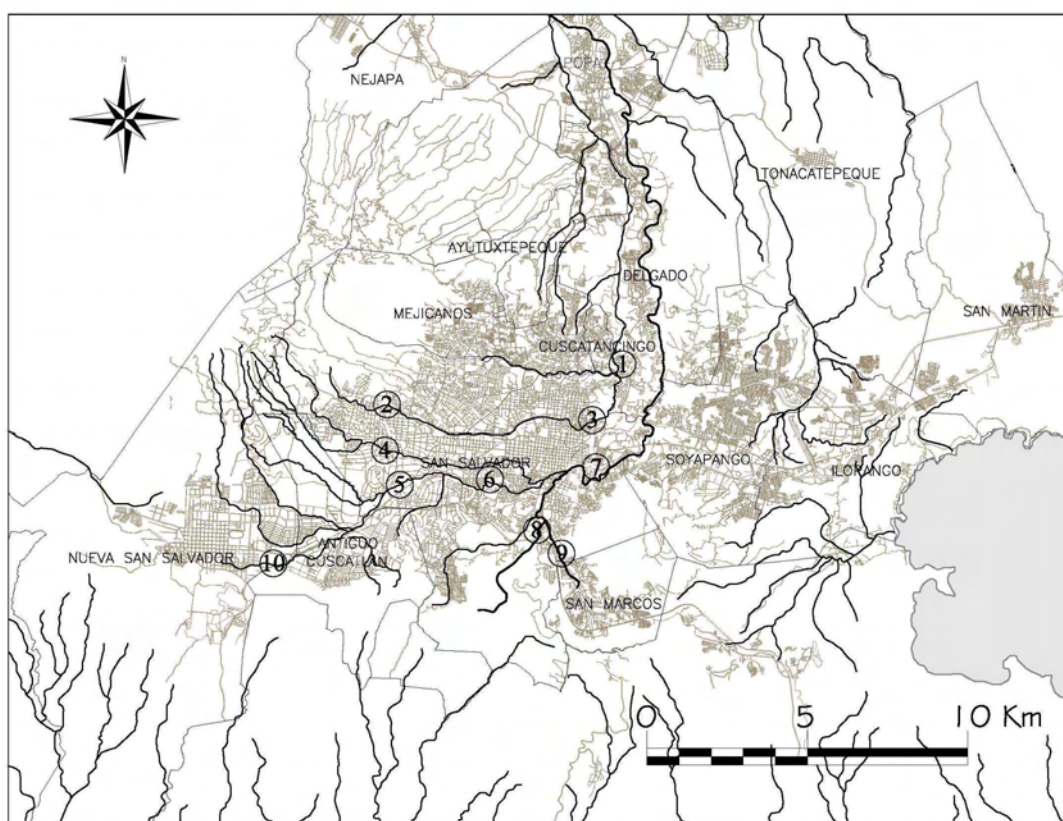


Ilustración 4. Principales ríos y quebradas del AMSS, donde: 1. Río Urbina, 2. Quebrada Las Lajas, 3. Arenal Tutunichapa, 4. Quebrada La Mascota, 5. Quebrada La Lechuza, 6. Arenal de Montserrat, 7. Río Acelhuate, 8. Río Ilohuapa, 9. Río Matalapa, y 10. Quebrada El Piro.

Fuente: elaboración propia en base a Opamss, Ministerio de Turismo-CNR, CNR-Snet-Unesco y otros, y Snet-Marn.

Sistema biótico. El sistema biótico incluye tanto a la flora como a la fauna propia de una región, y específicamente en el AMSS, según la clasificación de Zonas de vida de Holdridge,¹⁶ se encuentran tres zonas de vida: Bosque húmedo tropical, Bosque húmedo subtropical y Bosque muy húmedo subtropical, con sus respectivas zonas de transición, como se muestra en la Ilustración 5.

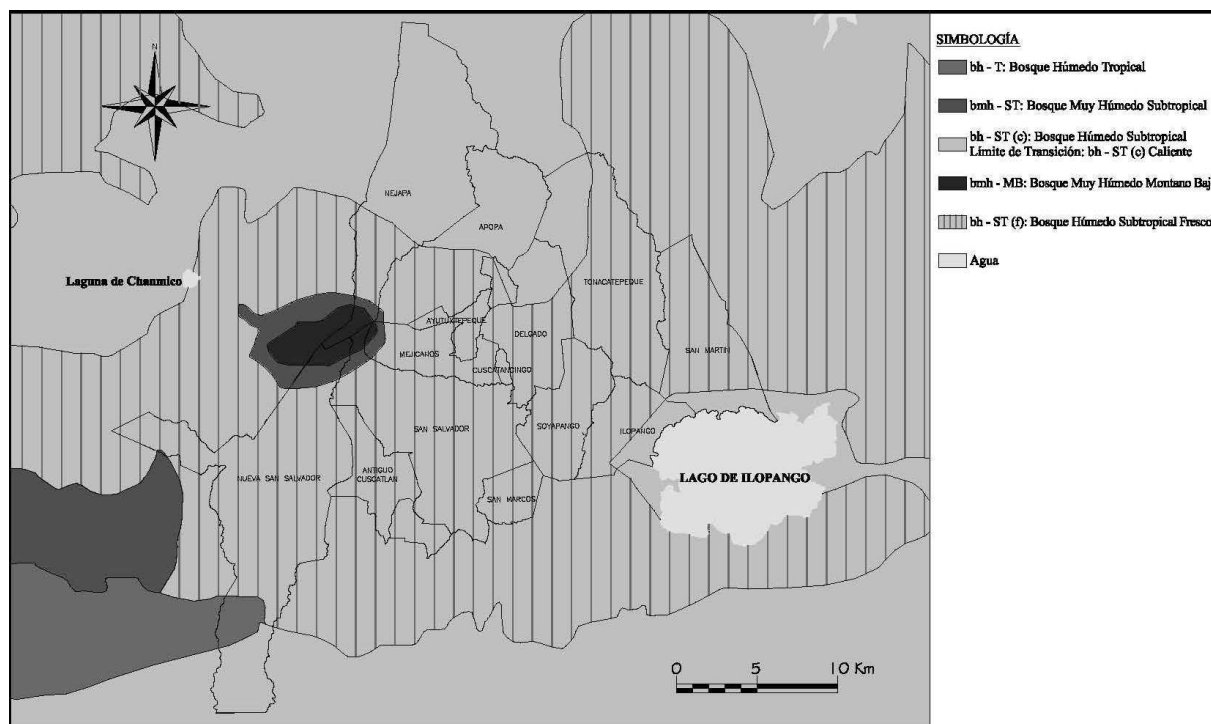


Ilustración 5. Zonas de vida ecológicas del AMSS.

(Fuente: elaboración propia en base a Opamss y el *Atlas de El Salvador*.)

El bosque húmedo tropical cubre parte del departamento de La Libertad (área de la cordillera del Bálsamo) con una biotemperatura menor de 24 °C y precipitación mayor de 2.000

¹⁶ Holdridge (1947) subdivide las zonas de vida definidas por el clima (temperatura, precipitación y humedad) en asociaciones basadas en las condiciones ambientales locales y la cobertura vegetal y usos del suelo. Estos límites fueron definidos con base en incrementos logarítmicos de la biotemperatura media anual, incrementos logarítmicos de la precipitación total anual y la razón de la evapotranspiración potencial media anual con la precipitación media anual. Con esta información, creó un modelo de zonas de vida, que usualmente se presenta como un grupo de hexágonos dispuestos dentro de un marco triangular. Esta clasificación es válida para todo el planeta, pero es más utilizada por investigadores en los trópicos americanos (Woodward, S., 1996).

mm anuales. Posee pendientes pronunciadas y suelos de poca profundidad susceptibles a la erosión con afloramientos de rocas.

El bosque húmedo subtropical es la principal zona de vida del país y cubre la mayor parte del AMSS. La parte baja de dicha zona de vida se encuentra en La Libertad y posee temperaturas mayores de 30 °C y una precipitación anual que varía entre 1.400 mm y más de 2.000 mm. La topografía es variable, pues cubre las pendientes pronunciadas de la cadena volcánica hasta las planicies de la costa y presenta una gran variedad de tipos de suelos que incluyen los formados por cenizas volcánicas recientes y suelos de mayor edad.

El bosque muy húmedo subtropical se encuentra en el área de la cordillera del Bálsamo y el volcán de San Salvador, con una biotemperatura de 22 °C y precipitaciones anuales mayores de 2.000 mm, presentando una topografía quebrada con pendientes abruptas.

Para un mayor detalle de las especies de árboles y animales que se encuentran en las zonas de vida del AMSS, consultar el *Diagnóstico ambiental* del Esquema Director del Plamadur-AMSS (1997) donde también se presenta un estudio completo de los ecosistemas más importantes y críticos del AMSS, entre los cuales se incluyen el volcán de San Salvador, la laguna de Chanmico, la cordillera del Bálsamo, el cerro de San Jacinto, la cuenca del lago de Ilopango y el río Acelhuate.

Ciudad y medio ambiente

Tipos de comunidades de plantas urbanas. Las ciudades crean medio ambientes modificados donde le es más difícil a las plantas adaptarse. Una de estas modificaciones es un clima más cálido, lo que influye en gran manera en la supervivencia y distribución de las plantas. Hough (1995) distingue tres tipos de comunidades de plantas en las ciudades, las cuales existen en el AMSS, y son las siguientes:

- *Plantas cultivadas.* Son aquellas producidas por la horticultura, utilizadas para satisfacer las necesidades medioambientales culturales de las personas que habitan las ciudades. Son creadas por medio de clonaciones e injertos, como respuesta a una serie de requerimientos. Muchas especies de plantas son importadas de otros países y se adaptan al nuevo medio ambiente –vientos, régimen de lluvias, contaminación ambiental–, y generalmente se eligen las resistentes a plagas y distintas enfermedades, cuyas raíces no dañen la infraestructura subterránea y sus

ramas no dañen el tendido eléctrico. Idealmente deberían de crecer rápidamente y tener larga vida, y deben adaptarse a ciertas condiciones estéticas, donde muchas veces no se permite que den frutos, tengan espinas o generen demasiadas flores u hojas que ensucien los alrededores del lugar donde se encuentran. Debido a que las condiciones de los viveros son distintas a las de su ambiente natural, estas plantas requieren de complejos procesos de ingeniería y horticultura para su trasplante, preparación del suelo, sistemas de irrigación y protección e incluso apuntalamiento para mientras terminan de adaptarse a su nuevo medio ambiente. Muchas veces la intención de “rehabilitar” una zona descuidada de la ciudad permite que la diversidad natural sea reemplazada por vegetación de este tipo, que requiere de un mayor gasto de recursos y energía.



Foto 5. Plantas ornamentales sobre la avenida La Capilla, San Salvador.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

- *Plantas nativas.* Son comunidades de plantas nativas de la región que aún se encuentran relativamente inalteradas, tales como bosques naturales que están rodeados por la ciudad en crecimiento, pero que aún mantienen ciertos elementos del ecosistema original. Muchas de estas áreas se encuentran afectadas por el paso de carreteras y otras infraestructuras del desarrollo, pero aún pueden encontrarse habitando en ellas especies de pájaros y plantas que debido a su aislamiento resultan extrañas en el contexto urbano.



Foto 6. Zona industrial Plan de la Laguna, en Antigua Cuscatlán. Aún puede observarse parte del bosque natural original de la zona.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

- *Plantas urbanas naturalizadas.* Son aquellas que se han adaptado a las condiciones de la ciudad sin la intervención humana. Los terrenos baldíos, los corredores de servicio e incluso edificaciones descuidadas y abandonadas son lugares propicios para el desarrollo de este tipo de vegetación. Generalmente se trata de plantas herbáceas que nacen entre las grietas del pavimento y en los techos de teja, pero también pueden encontrarse ciertos tipos de musgos y otras plantas suculentas, incluso pequeños árboles.



Foto 7. Vegetación de crecimiento espontáneo en una acera de las calles del centro de San Salvador.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

Fauna. Muchas variedades de fauna urbana pueden encontrarse en algunas propiedades de tipo privado tales como cementerios y campos de golf, donde hay una diversidad de vegetación por las mismas condiciones del sitio. Sin embargo, también las viviendas y sus jardines privados pueden sostener pequeños hábitats de variados animales que suelen vivir cerca del suelo tales como aves, mamíferos pequeños y ardillas; donde hay hierbas altas suelen habitar las mariposas y otros insectos; y donde hay agua pueden encontrarse algunos anfibios. Los techos planos son también hábitats ideales para ciertos tipos de animales e insectos, pues se encuentran fuera del alcance de los humanos.

El crecimiento del AMSS ha ido reduciendo en gran medida los hábitats naturales de la fauna original de la región, y estos animales han tenido que adaptarse a esta nueva condición. Es notorio, por ejemplo, el incremento en la cantidad de palomas que habitan en la ciudad, consideradas por muchos como una plaga, pues además de su creciente población, se acomodan en espacios como canaletas de drenaje, defensas en las ventanas, cornisas y tejados de las viviendas, así como edificios públicos y monumentos, ensuciando y dañando las estructuras con sus desechos, además de ser portadoras de enfermedades como la toxoplasmosis.

Desastres naturales. El Salvador siempre ha estado expuesto a numerosos desastres naturales tales como terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos e inundaciones debido a su ubicación geográfica, que está afectada por diversos riesgos geológicos e hidrológicos (ver Anexo 6).

La vulnerabilidad del país aumenta debido a la falta de técnicas de mitigación, que se ve en la negación por parte de la población de aprender de las lecciones pasadas, tiende a olvidar las experiencias vividas por darle prioridad a otros aspectos distintos a los de su propia seguridad y bienestar. Hay una mala interpretación de conceptos: siguen utilizándose técnicas constructivas inadecuadas, el medio ambiente sigue degradándose y explotándose, y las medidas que se creen efectivas son repetidas aún cuando muestran fallas.

Por otro lado, es necesario tomar en cuenta los escenarios probables de desastres naturales a los que está expuesta el AMSS, pues aunque muchos de ellos no son controlables por el ser humano, sus efectos sí; y estos pueden reducirse en gran manera si se consideran las consecuencias de las acciones que se toman en el planeamiento de la ciudad. Esto involucra el aprendizaje de experiencias pasadas y diversos estudios geológicos y climatológicos, entre otros,

de los cuales surgen los criterios de diseño adecuados, permitiendo al mismo tiempo que la ciudad mantenga la armonía necesaria con el medio ambiente. Es importante tomar en cuenta que a menor degradación medioambiental, menor es el riesgo ante eventos naturales sobre los que no se tiene control, como temporales, erupciones volcánicas y sismos.

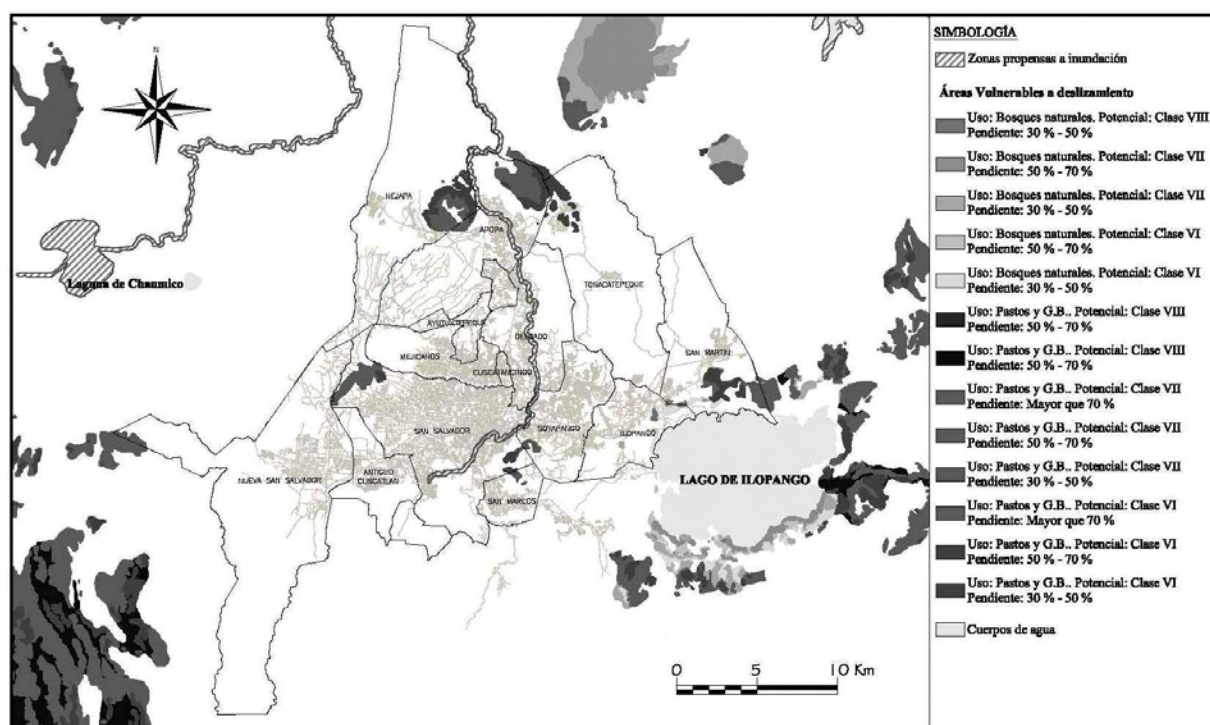


Ilustración 6. Mapa de zonas de riesgo del AMSS. Donde:

G.B. = Granos básicos.

La clasificación de usos potenciales de la tierra, según el mapa agrológico, son:

Tierras de uso limitado, no aptas para cultivos intensivos

Clase VI: limitaciones muy severas, por lo que son inadecuadas para cultivos intensivos y están limitadas a cultivos permanentes como frutales, bosques y praderas. Requieren cuidadosas medidas de conservación y manejo.

Clase VII: limitaciones muy severas que las hacen inadecuadas para cultivos. Uso restringido para vegetación permanente, como bosques y praderas que requieren un manejo muy cuidadoso. Las limitaciones de este tipo de tierra son de carácter permanente, como pendientes muy abruptas y suelos muy superficiales.

Clase VIII: tierras restringidas para uso agrícola. Únicamente son aptas para vegetación permanente de protección de vida silvestre o recreación.

(Fuente: elaboración propia con base en *Mapas de aspectos biofísicos*. MARN.)

- *Temporales.* Puede decirse con bastante certeza, basados en la historia climática de país, que los temporales forman parte de los regímenes de lluvia del país. Sin embargo, muchas veces se convierten en un factor destructivo que afecta en gran manera a los habitantes, especialmente los que se encuentran en las tierras bajas y en los márgenes de ríos y quebradas. Generalmente, los temporales más fuertes suceden en los meses de

septiembre y octubre, casi coincidiendo con la época en que los huracanes azotan la zona atlántica de Centroamérica.

- *Inundaciones.* Las aguas pluviales son controladas en gran medida por el drenaje natural de las tierras con vegetación, pues ayudan a la filtración natural hacia dentro de la tierra y controlan la velocidad del flujo del agua, evitando la erosión y la sedimentación. No puede negarse que existe una estrecha relación entre la forma de uso de suelos en las ciudades y la modificación de la escorrentía de las aguas lluvias, lo que genera riesgo de inundaciones. Esto se debe a que las distintas actividades urbanas impermeabilizan la superficie natural del suelo, además de modificar la morfología y caudales naturales de ríos y quebradas.

Las inundaciones son un fenómeno común en la ciudad de San Salvador, y las más afectadas son las personas de escasos recursos que generalmente habitan en zonas vulnerables a este tipo de eventos. Las inundaciones ocurren generalmente en la zona sur de la capital, y los más afectados son los barrios históricos de La Vega, Modelo, Candelaria, San Esteban y San Jacinto, que tienen como factor común el hecho de ser atravesados por el río Acelhuate y sus afluentes. En la actualidad, los ríos y quebradas de la ciudad de San Salvador reciben la descarga de aguas lluvias de las urbanizaciones de Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán, lo que contribuye a aumentar el volumen de las aguas de estos, incrementando el riesgo de inundaciones.

Las causas de las inundaciones pueden ser diversas, entre ellas la modificación de la escorrentía superficial por medio del proceso de urbanización, que impermeabiliza las superficies (viviendas, edificios, red vial, etc.); la falta de modernización de la red de drenajes, que actualmente colapsa ya sea por obsolescencia o por incapacidad para contener su carga (el sistema de drenaje de la ciudad fue construido hace más de 50 años); el manejo inadecuado que las personas le dan a la basura al arrojarla en las cuencas de los ríos; las intervenciones humanas en el cause natural de los ríos (obras de protección, bóvedas y relleno de quebradas) y los sedimentos arrastrados por el mismo río o quebrada.

De acuerdo con el “Análisis de vulnerabilidad y riesgo por inundaciones y deslizamientos de tierra en la microcuenca del arenal de Montserrat” (2003), las

inundaciones son cada vez más comunes a partir de 1995, cada vez que las precipitaciones son mayores de 33 mm.

- *Deslizamientos.* El AMSS está asentada sobre una capa de tierra blanca joven producto de la erupción de la caldera del lago de Ilopango en 430 d.C. Esta capa de tierra es sumamente vulnerable debido a su composición geológica, pues se trata de elementos sueltos que son sumamente erosionables cuando no tienen una cubierta vegetal. Este tipo de suelos es muy sensible a los factores exógenos que puedan afectarle, entre ellos los cambios diarios de temperatura, los sismos, las lluvias y el tipo de vegetación que esté sobre ellos.
 - *Derrumbes.* Se trata de desplazamientos de masas de tierra o rocas a través de una pendiente, ya sea de forma súbita o lenta. La fuerza de gravedad es una de las principales causas, pero también afecta el tipo de rocas y suelos del lugar, la topografía, las fracturas en la tierra, la lluvia, la actividad sísmica, las actividades humanas y la erosión del sitio.
 - *Deslaves.* Conocidos también como flujos de escombros, lahares o aluviones, se deben a la inestabilidad de las laderas volcánicas, provocada por prolongados períodos de lluvia. Consisten en una mezcla de suelos, rocas, restos de árboles y agua que ocurren por la saturación y aumento de peso de los suelos que da lugar a una ruptura y, por lo tanto, se genera un movimiento de suelo por las quebradas, que finalmente se deposita en las zonas planas.

Este tipo de fenómenos se produce principalmente en los márgenes de quebradas, volcanes y otras formaciones geológicas, zonas que idealmente no deben estar habitadas. La utilización de estos espacios es un fenómeno relativamente reciente y se debe al incremento de la población en el área metropolitana, a las migraciones del campo a la ciudad, que generalmente –aunque no siempre– se trata de personas de escasos recursos económicos que ocupa esa área de manera ilegal y construye sus viviendas con materiales inadecuados, incrementando su vulnerabilidad.

- *Erupciones volcánicas.* Aunque es prácticamente imposible predecir las erupciones volcánicas, es posible realizar un análisis estadístico acerca del comportamiento eruptivo de los volcanes. Partiendo de este principio, se ha llegado a la conclusión de que el AMSS posee un alto nivel de peligrosidad debido a que los volcanes de San Salvador y el

de Ilopango se encuentran activos. Por otro lado, aunque la reciente actividad eruptiva del Volcán de San Salvador fue de carácter efusivo con derrames de lava hacia el sector noroeste, no debe descartarse la posibilidad de pequeñas erupciones explosivas que podrían afectar la ciudad de San Salvador con la producción de cenizas y lapilli. El volcán de San Jacinto presenta menor riesgo debido a que su período de inactividad ha sido mayor que el de los dos volcanes mencionados anteriormente y tiene características eruptivas de menor riesgo.

- *Sismos.* Siguiendo el criterio de que la magnitud máxima de los terremotos de origen puramente volcánicos muy rara vez es mayor a $M_s = 5.0$, se asume que la mayoría de los eventos sísmicos sensibles en el AMSS son de origen tectónico. Se cree, así mismo, que en el caso de que un evento sísmico de gran magnitud vaya acompañado de una erupción volcánica (como en el caso del terremoto de 1917), se debe al efecto de la ruptura de la cámara magmática, producida por la misma falla que genera el sismo.

La ciudad de San Salvador está expuesta a los daños producidos por sismos provenientes de dos sistemas tectónicos: el de la zona de subducción de la placa de Los Cocos bajo la placa del Caribe y la depresión estructural de la cadena volcánica central. Los del primer sistema son históricamente menos peligrosos, debido a la profundidad de los hipocentros (entre 20 y 200 km); mientras que los del segundo sistema tienden a ser más destructivos debido a su superficialidad, y se dan dentro de una estrecha franja que está comprendida entre las fallas longitudinales, que corren paralelas a la cadena volcánica.

Con base en una media estadística de datos recolectados de los terremotos ocurridos a partir del año de 1710, se ha determinado la hipótesis de que los terremotos locales superficiales ocurren aproximadamente cada 23 años.

Respuesta de la ciudad a los desastres naturales. Ante las vulnerabilidades y amenazas que representan los diversos elementos físicos que forman parte del AMSS, a continuación se realiza un recuento histórico de cómo ha reaccionado la población para responder a su manejo y mitigación.

- *Lago de Ilopango.* En relatos que datan de 1586, se observa que el lago de Ilopango ya servía para sustento de los españoles que allí habitaban, proporcionándoles mojarras que

ellos mismos habían echado en el lago años atrás. Aunque les tomó un tiempo poder obtener este fruto, la pesca llegó a ser una de las actividades más productivas en el siglo XVI. En 1807, don Antonio Gutiérrez¹⁷ comenta del lago que no hay “otra pesca que la mojarra, (de aguas) de mala calidad y fetidez durante los vientos ‘Nortes’”, y observa que el pueblo de Soyapango “pudiera estar mejor poblado, si no usasen con tanto exceso la mojarra de la laguna de Ilopango”. Ciertamente, y según relatos posteriores, el agua del lago es clara, pero no es potable ni podía utilizarse para usos domésticos, pues, como podía observarse, por su color verde cuando se agitaba exhalaba un olor a azufre que aumentaba cuando soplaban los vientos. Es entonces cuando resultaba más fácil obtener buena pesca.

Otra peculiaridad que se ha observado es que el lago de Ilopango ha sido el origen de varios sismos y fenómenos volcánicos, entre ellos el de 1857 (sentido en Cojutepeque), el de 1873 (con el que las aguas subieron de nivel, aproximadamente un metro), el de 1879 y el fenómeno eruptivo de principios de 1880 con el que aparecieron los cerros Quemados, que son unos promontorios de roca de lava que emergieron en el centro del lago. Al ocurrir este último fenómeno, el nivel del agua del lago subió y posteriormente inundó varias aldeas y poblados en los alrededores, y los peces que allí habitaban murieron debido a la liberación de azufre. Luego, el lago se drenó y su nivel resultó más bajo de lo normal, y fue entonces cuando se formaron dichos cerros.

Históricamente, el lago de Ilopango ha sido drenado con la creencia de que con esta práctica se evitarían los frecuentes sismos en la zona. Obviamente, esto es completamente falso e ilógico y solo logró provocar serias inundaciones aguas abajo del desagüe, e incluso en 1922 aún se seguía afirmando que esta actividad lograría aminorar los sismos y no causaría daños de otro tipo. El copioso temporal de 1906 y siguientes contribuyeron a elevar el nivel del agua del lago; posteriormente tuvieron lugar los terremotos de 1915, 1917 y 1919, reforzando la creencia antes mencionada.

La primera acción de este tipo que se llevó a cabo durante el siglo pasado fue a raíz del terremoto de abril de 1919, considerado como “el más violento de la historia”, y cuyo resultado fue –según ciertas publicaciones– 400 personas heridas debido a los

¹⁷ Lardé y Larín, Jorge (2000). *El Salvador, inundaciones e incendios, erupciones y terremotos*. San Salvador, El Salvador. 2ª edición. Dirección de Publicaciones e Impresos. p. 159.

derrumbes y la destrucción de 22 manzanas de terreno. La petición para dicha acción fue iniciada por la prensa, y el Gobierno de turno la siguió, apoyando la teoría que sostenían algunos personajes de la época de que el nivel del agua había subido debido a los sismos. Esta modificación a la naturaleza cobró varias vidas de los pobladores del valle del Jiboa al formarse un torrente incontrolable que inundó la zona.

En noviembre de 1922, el nivel del agua del lago volvió a subir, se realizaron las inspecciones correspondientes y se autorizó a drenarlo nuevamente; en enero de 1923, luego de un temblor, se drena el lago y se logra bajar su nivel; sin embargo, la ciudad vuelve a ser sacudida por un temblor un mes después.

En 1926 se instala un sistema de tuberías en el lago que ayudaran a disminuir el riesgo de inundaciones.

En 1927, y nuevamente en 1930, se sugiere desaguar el lago una vez más para evitar los temblores. Para el año de 1932 se experimentan hundimientos en el lago; sin embargo, los desagües del lago continúan en 1935 con la intención de controlar su crecimiento, pero las aguas seguían subiendo de nivel de manera progresiva, por lo que nuevamente se desagua pero infructuosamente, las subidas del nivel del agua continúan en los años siguientes. En 1936 se experimenta lo que se llama en ese entonces como el “invierno más copioso de la historia”, por lo que surge un nuevo proyecto para desaguar el lago, pero sus aguas inundan a valle Dolores, en Apulo, siendo esta una de las razones por las cuales se planea la construcción de un túnel o presa hidroeléctrica. Las continuas crecidas del lago hacen que Apulo sea desalojado en octubre de 1937, y nuevamente continúan los proyectos para su desagüe, esta vez por propuesta de los propietarios de terrenos en las cercanías del lago.

Las actividades de drenaje del lago continúan hasta la fecha, y siempre ha representado un área vulnerable, especialmente en la época de lluvias, pues se obstruye con los sedimentos acarreados por las corrientes de agua.

- *Río Acelhuate.* El río Acelhuate recorre gran parte del centro de San Salvador, y su nivel siempre aumenta cuando llueve copiosamente. Las inundaciones ocasionadas por estas crecidas siempre han sido una constante realidad de la capital.

En septiembre de 1921 el nivel del río aumentó, y cuando la experiencia se repitió el año siguiente, provocando una inundación que dejó un saldo de 100 muertos, se solicita

que se modifique el curso del dicho río. Las peticiones de la reconfiguración del cauce del río continúan en 1923, por parte de los vecinos de los barrios de Candelaria y La Vega, hasta que finalmente un año después se planea la canalización que va desde el puente San Jacinto hasta la iglesia San Esteban.

Durante 1924, las inundaciones y los temporales continúan, lo que lleva al seguimiento de medidas de saneamiento, y ese mismo año se inicia la desviación del río, pero este sigue creciendo a tal grado que provoca alarma en la población.

En 1933 ya es evidente el alto grado de insalubridad del río. La canalización del río sigue siendo estudiada en 1934.

En 1935, el período de lluvias hizo que los vecinos del barrio de Candelaria abandonaran sus viviendas por temor a otra inundación. Para 1938, los habitantes de dicho barrio, así como el de La Vega, piden a las autoridades que se realicen obras de protección para prevenir las frecuentes inundaciones provocadas por el río.

En 1951 se planea la construcción de una bóveda sobre el río. Cuatro años después, el río es desviado nuevamente para evitar que sus aguas, altamente contaminadas, afecten las aguas de El Coro.

Recientemente se mejoró el sistema de drenaje de aguas lluvias en la zona de la colonia Escalón, lo que contribuyó a mejorar la situación de esa área de la parte alta de la ciudad. Sin embargo, debe tomarse en cuenta cómo esta reparación afecta la vulnerabilidad a inundaciones de las zonas más bajas. Cabe mencionar que el sistema de drenaje de aguas pluviales de toda la capital es incapaz de soportar la carga, aún cuando las precipitaciones pluviales no sean tan copiosas, por eso la situación se agrava cuando llegan eventos aún mayores. Esto es un fenómeno que se repite todos los años, y las áreas más afectadas son siempre las mismas: las que se encuentran en las cercanías del río Acelhuate.

- *Reforestación y medio ambiente.* En los relatos descriptivos de la ciudad de San Salvador del siglo XIX se evidencian los inicios de la degradación del medio ambiente, tal es el caso del “*Bosquejo físico y político de la República de El Salvador*” (1869)¹⁸ del Cnel. y Lic. Manuel Fernández, quien señala:

¹⁸ Lardé y Larín, Jorge (2000). *El Salvador, inundaciones e incendios, erupciones y terremotos*. San Salvador, El Salvador. 2ª. edición. Dirección de Publicaciones e Impresos. p. 76.

Volcán de San Salvador. Su denominación primitiva, en lengua indígena, era Quezaltepec o cerro de los quetzales,¹⁹ la que fue impuesta sin duda en razón de los muchos pájaros de esta especie que habitaron en otro tiempo en el espeso bosque que lo cubría, y del que aún quedan restos considerables de sus sitios más agrestes y escarpados (...).

A raíz de la erupción del volcán de San Salvador, la formación de “El Playón” y el cambio natural de la conformación geomorfológica de la zona en 1658, los habitantes de la antigua Nejapa tuvieron que trasladarse en calidad de damnificados y pasaron algún tiempo esperando que las autoridades los reubicaran. Cuando finalmente encontraron un nuevo sitio donde establecerse, en 1736, la celebración debido a ello implicó también, aunque en una dimensión pequeña, una modificación al medio ambiente natural, pues comenta Gabriel Sánchez de Verraspe, alcalde de San Salvador, que el alcalde de Nejapa, Reymundo Valentín, “en señal de posesión él y todo el común de su pueblo, cortaron yerbas, tiraron piedra y rompieron árboles, y con alborozo y gusto dispararon cohetes, de que se dieron por entregados”.

Otro caso de modificación ambiental es el del Plan de la Laguna. Se trata de un cráter de explosión, ubicado al sureste del volcán de San Salvador, a la orilla del cual está asentada la actual ciudad de Antigua Cuscatlán. Era una laguna de la cual se obtenían peces pequeños, y que a causa del terremoto del 19 de marzo de 1873 se desecó casi por completo. Posteriormente, esta laguna fue desecada completamente por medio de túneles artificiales y en la actualidad alberga un complejo industrial.

Hacia el año de 1917, la ciudad de San Salvador había cuadruplicado su tamaño desde que fue destruida por el terremoto de 1873, lo que puede adivinarse es que, debido a una debilidad en el planeamiento de la ciudad, implica una degradación progresiva del medio ambiente, y para esta fecha ya pueden verse noticias en los periódicos locales donde se plantean tanto la obligación de las municipalidades de reforestar, así como la ejecución de un proyecto para desviar las aguas que bajaban del volcán de San Salvador. Ambas acciones traen implícito un desequilibrio ambiental histórico, que traería consigo numerosas consecuencias negativas para la ciudad de San Salvador.

¹⁹ NOTA: Lardé y Larín, en la obra citada, no está de acuerdo con la afirmación del autor acerca del nombre indígena del volcán de San Salvador y su etimología.

En una iniciativa por reducir el consumo de leña y la consiguiente tala de bosques, se reducen los impuestos al gas en 1927. En 1929 se realiza una protesta en las plazas de San Salvador en contra de la tala de árboles.

La tala de árboles indiscriminada se hace aún mayor en 1931, y se hace notar el desperdicio del agua potable. En 1936 se emite una prohibición para cortar árboles y dos años después se adoptan medidas de protección para las arboledas y manantiales, impulsando la siembra de árboles. A pesar de ello, en 1939 las talas de vegetación natural en el área del volcán de San Salvador continúan. Como medida para impulsar la reforestación se crean viveros y se plantea la solución de incrementar el servicio de energía eléctrica para combatir la degradación del recurso. Los esfuerzos de conservación y uso de suelos continúan en 1946 con “Amigos de la Tierra”, y hacia 1947 con nuevas campañas de reforestación, conferencias y proyectos. En 1951 ya el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) propone un plan forestal. En 1954 la ONU lanza su apreciación acerca de la reducción de los recursos naturales del país y ese mismo año, el alcalde capitalino de la época tala los árboles de la calle Rubén Darío; con esta acción, bajo su perspectiva estaba mejorando la ciudad, y en 1960 son talados los árboles de la calle Arce.

En 1951 se declara que la erosión está llevando al país al agotamiento.

En 1966 el MAG pide el apoyo de la Asamblea en un intento más por la reforestación y un año después se exige tramitar la Ley Forestal. Se inicia un plan para tratar la deforestación y erosión en el volcán de San Salvador.

A partir de la década de los 70 inician diversos planes y proyectos de reforestación y controles de contaminación atmosférica en San Salvador y el resto del país. Así mismo, inicia nuevamente la preocupación por el agotamiento de los mantos acuíferos, que ya habían sido declarados de utilidad pública y propiedad nacional por el Ejecutivo en 1949.

En 1973 la Asamblea aprueba la Ley Forestal, el MAG y la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR) hacen un llamado a la población a favor de un plan de reforestación. Ese mismo año surge un plan de reforestación para el volcán de San Salvador, y para el año de 1974 el decreto 22 del Ejecutivo demuestra una intensión de protección al medio ambiente, ordenando la reforestación y conservación de suelos en el volcán de San Salvador, cerro de San Jacinto y la subcuenca del lago de Ilopango.

Para ese mismo año, ya se había determinado que la escasez de madera se debía a la indiscriminada tala de árboles y, entre las diversas respuestas ante la preocupación por la degradación del medio ambiente, la asociación “Amigos de la Tierra” pide que se detenga la tala de árboles en las vías públicas, la Universidad de El Salvador funda una organización ambientalista, el MAG inauguró en mayo la primera siembra en la finca “9 de mayo” con la intención de proteger los suelos y restaurar los mantos acuíferos, se integró el Comité de Ecología; se hace notar que, según el director el Zoológico, la fauna nacional estaba entrando en un proceso de extinción, y, un año más tarde, la Alcaldía de San Salvador anuncia que sancionaría la tala de árboles.

Los intentos de concientización continúan hacia el año de 1977 con la afirmación de DGRNR de que la autodestrucción sobrevendría debido al deterioro de los recursos naturales, y continúan los esfuerzos a manera de planes de restablecimiento de los recursos boscosos por parte del MAG, cuya intención era producir 6.805.000 plantas para el año 1979.

Las consecuencias de la deforestación se hicieron evidentes en 1982 con el deslave ocurrido en la colonia Montebello, arrastrando entre 200 y 300 mil metros cúbicos de tierra una distancia de 3.5 km, afectando especialmente al reparto Montebello Poniente, colonia Lorena, colonia San Mauricio, residencial Montebello, colonia San Ramón y colonia Santa Margarita. Se realizan obras de mitigación que, hasta el momento, aparentemente han cumplido su función. Así mismo, se ha permitido la reforestación que contribuye a disminuir la erosión. Una experiencia similar, pero mucho menos grave, se repetiría en octubre de 2008, provocando alarma en los habitantes de la zona.

En 1983 continúan los estudios y observaciones en cuanto al deterioro de los recursos naturales del país, por lo que se inician nuevamente campañas de reforestación un año después, esta vez por parte de *La Prensa Gráfica* y nuevamente por el MAG. Esta última entidad se encargó de llevar a cabo un proyecto de reforestación en las haciendas del sector reformado.

Hacia el año de 1985, el Comité de Emergencia Nacional (Coen) hace de conocimiento público que la explotación de canteras de piedra en el cerro de San Jacinto representa un inminente desastre ecológico, por lo que, para 1986 el MAG declara como obligatoria la reforestación y conservación de suelos del volcán de San Salvador, cerro de

San Jacinto y la subcuenca del lago de Ilopango; la reforestación del cerro de San Jacinto tendría un costo de \$50 millones. Para reducir los peligros para los habitantes de los alrededores de dicho cerro, el Coen aprobó que la pedrera dejara de funcionar.

Por su parte, luego del terremoto de 1986, la Sociedad de Ingenieros Agrónomos de El Salvador (Siades) pide al Ministerio de Obras Públicas (MOP) que se prohíban las construcciones en las faldas de los volcanes.

Los mantos acuíferos continúan en progresiva degradación hacia 1987, con la destrucción de cafetales en ciudad Merliot. Unas 200 escuelas se unen al esfuerzo de reforestación con el Plan piloto “Nuestros árboles” y se forma la Unión de Asociaciones Ecológicas de El Salvador.

En 1988, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) observa que el país es el más deforestado de América Latina y que pronto se convertiría en un desierto, por lo que el MAG continúa los esfuerzos de reforestación. Los ecologistas piden que se cree una legislación a favor de los recursos naturales y se inicia un proyecto de arborización en la autopista Sur.

En 1989 se hace pública la noticia de la notable deforestación en la cordillera del Bálsamo, y un año después las alcaldías de San Salvador y Antiguo Cuscatlán declaran zona de reserva ecológica el “Bosque de los Pericos”, y posteriormente la primera declara reservas ecológicas El Tikal y La Danta. Ese mismo año continúan los esfuerzos de reforestación y protección de suelos por parte del MAG y la alcaldía municipal de San Salvador.

En la actualidad, la publicidad de los esfuerzos de reforestación ha disminuido y estas actividades han pasado incluso a un segundo plano.

- *Sismos.* Los sismos han sido parte de la historia de la ciudad de San Salvador desde su fundación en el llamado valle de “Las Hamacas”. Muchas veces la ciudad fue destruida hasta la ruina y muchas otras parcialmente. Luego del terremoto del 16 de abril de 1854, el presidente Cnel. José María San Martín emitió el decreto que decía que la capital podía ser fundada en otro asiento, y fue entonces cuando se fundó “Nuevo San Salvador” (conocida hoy como “Nueva San Salvador”, pero los habitantes de San Salvador se negaron al traslado y reedificaron la ciudad en el mismo sitio donde había estado desde hacía años.

Nuevamente, la ciudad sufrió un terremoto destructivo el 19 de marzo de 1873. La ciudad fue reconstruida nuevamente, pero esta vez con materiales más ligeros y resistentes como la madera y la lámina, en lugar de los materiales vernáculos como el adobe, ladrillo, calicanto y piedra.

Luego del terremoto de 1917, seguía la ordenanza de construir con estos materiales más resistentes, que no lograron sustituir completamente a los materiales vernáculos. Para el año de 1925 surgió la reglamentación de la construcción de viviendas en la ciudad, lo que terminó de cambiar radicalmente la imagen de la ciudad.

En 1929 se inició la demolición de los mesones que estaban en malas condiciones. A inicios de 1937 se publica que únicamente se permitirá la construcción de edificaciones asísmicas en todo el país, sin embargo, las casas de adobe se siguieron construyendo en San Salvador, prohibición que siguió siendo expresada fuertemente un año después.

La frecuente actividad sísmica de febrero de 1965 hizo que se reunieran sismólogos y geólogos para organizar comités de emergencia sísmica en los que estaban involucrados el Coen y el Concejo Municipal. Luego de una intensa y constante actividad sísmica durante los primeros meses de ese año, el 3 de mayo ocurre un terremoto de 7.5 grados que llamó la atención de instituciones nacionales e internacionales como la Unesco –que determinó que los sismos eran de origen volcánico– y fue necesaria la adquisición de préstamos y telemaratones para ayudar a las víctimas. Como resultado, entra en vigencia la Ley del Servicio Nacional de Emergencia. El alcalde prohíbe la reparación de los edificios dañados, pero el Centro Judicial y el Centro de Readaptación de Mujeres son reparados y se demuelen el edificio de la Fuerza Aérea Salvadoreña y la estación de ferrocarril. El IVU firma un préstamo para construir 4.000 viviendas y la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador otorgó las primas de casas a damnificados.

En 1967 la actividad sísmica se reanuda, por lo que el Coen lanza un nuevo plan de prevención.

Con el terremoto de 1986, en vista de la devastación que produjo, se diseñó una legislación para demoler todas las edificaciones dañadas. Surge un plan de emergencia nacional que permitiría atender a las víctimas del terremoto. Por su parte, la Cámara Salvadoreña de la Construcción (Casalco) señala las deficiencias constructivas en muchas

de las edificaciones colapsadas, y lanza un dato de 13.568 viviendas dañadas. Los efectos del terremoto fueron aún más sensibles debido a las constantes réplicas que persistieron hasta dos meses después y las lluvias que se presentaron en ese momento. Luego de este terremoto, el sector salud incursiona en la mitigación de desastres en los establecimientos de salud y se fortalece el Centro de Investigaciones Geotérmicas (CIG) con instrumentos y personal especializado.

En 1987, se reconstruyen los edificios dañados por el terremoto del 86, principalmente con donaciones del exterior, como el hospital Bloom, hospital Rosales, el Hogar del Niño, la escuela “Santa Catalina”, en San Jacinto, y se demuele la Biblioteca Nacional. También se crea el Comité de Reconstrucción Metropolitana. Se entregan viviendas para personas afectadas por el terremoto. El Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social (Miplan) anuncia que realizará un estudio del subsuelo para determinar el riesgo sísmico del país. Hacia 1989 aún continúan las reconstrucciones debido al terremoto, esta vez en la zona sur de San Salvador, por parte del MOP; se siguen escriturando viviendas para las familias afectadas. Ese mismo año se publica la elaboración del Código para el diseño sísmico.

Los sismos de 2001 pusieron de manifiesto la falta de cultura antisísmica, aunque uno de los aspectos que logró reducir el número de víctimas fue que ambos fueron durante el día, el primero en un día no laboral y ya para el segundo las familias afectadas estaban en albergues. Las viviendas que colapsaron y que estaban construidas con materiales tradicionales como adobe y bahareque fallaron debido a la falta de mantenimiento y de adelantos tecnológicos pertinentes. A partir de ello, se hicieron estudios y publicaciones de construcciones más seguras utilizando materiales tradicionales, tomando en cuenta la calidad de la materia prima, el uso de refuerzos estructurales, proceso constructivo y proponiendo criterios estructurales de seguridad, como dimensionamiento de las viviendas y utilización de materiales livianos para los techos.

- *Estructura física de la ciudad.* Desde el momento en que se fundó, la ciudad de San Salvador logró establecerse y empezar a crecer hasta mediados del siglo XVI. Según

relato de don Jorge Lardé,²⁰ la ciudad estaba constituida de “buenos edificios de cal y canto, ladrillo y madera, y enriquecido con árboles frutales traídos de Europa”. Desde 1551, inician las modificaciones a los recursos de la zona, pues cuando se instaló el monasterio y el convento en lo que actualmente es el barrio de Candelaria, entre la cuesta del Palo Verde y el río Acelhuate, se construyó un cerco y se condujo hasta la zona un brazo del río.

Hacia 1586, imperaba el sistema constructivo de los españoles, tanto en edificios religiosos como en viviendas: tapias de adobe, rafas de cal y ladrillo, cubiertas de paja o tejas, piedra, yeso y madera. Sin embargo, los *xacales* precolombinos, o chozas de varas y paja, nunca estuvieron excluidos.

Según Lardé y Larín, en su libro *El Salvador: Historia de sus pueblos, villas y ciudades*, en 1693, fray Francisco Vásquez habla de la ciudad de San Salvador en su “*Crónica de la Provincia del Dulcísimo Nombre de Jesús de Guatemala*”, descripción que resulta curiosa y hasta cierto punto premonitoria:

El terruño es arenisco, a cuya causa y de estar algo cuesta abajo las calles, aunque llanas, por mucho que llueve, quedan pocos lodos. Su panino es fértil para los frutales que le son proporcionados; tiene un río (el Acelhuate), no muy distante de la ciudad, en tal disposición, que sin ser penosa la bajada a él, va tan hondo, que parece materia imposible, el que por él en algún tiempo se pueda inundar la ciudad (...). (pp. 466-467)

En cuanto a la distribución espacial y otras características físicas de la ciudad, la misma fuente cita:

Ésta es de muy buena traza de calles, Norte, Sur, Este y Oeste, anchas y de muy buen paseo en los días que le hay. Casería por la mayor parte de teja, y muy bien labradas viviendas; tiene barrios y andurriales de recreo, y algunas huertas, y razonables salidas por todas partes. El río corre como de la parte del Sur, hacia el Oriente (aunque desemboca en el mar del Sur) corre por la circunvalación oriental de la ciudad, a raíz de unas sierras (cerro de San Jacinto o Amatepec), de donde brollan a trechos algunos manantiales de agua caliente (El Coro, La Chacra, Agua

²⁰ Lardé y Larín, Jorge (2000). *El Salvador: Historia de sus pueblos, villas y ciudades*. 2ª. edición. San Salvador, El Salvador. Dirección de Publicaciones e Impresos. p. 463.

Caliente, etc.) que incorporada con la del río (Acelhuate), que es frío, hace una temperatura muy suave para baños, mas o menos tibia, según la elección y gusto de los que los usan. (p. 467)

Luego de la erupción de “El Playón” y el terremoto que destruyó nuevamente la ciudad de San Salvador, el capitán general del Reino de Guatemala giró la orden de que la ciudad fuera reedificada o trasladada, pero nunca se llegó a un acuerdo. A raíz de este desacuerdo, el fiscal de la Real Audiencia, Lic. Juan Bautista de Urquiola Elgorriaga, dijo que los habitantes podían “vivir y edificar libremente, donde quisieran”. Según un informe enviado al rey Carlos II, a pesar de que ese terremoto había sido el mayor desde la fundación de la ciudad, no se habían perdido vidas humanas, por lo que se aprueba la resolución de que la ciudad se quedase en esa misma ubicación.

Cuando el cultivo principal del país fue el café, las ciudades salvadoreñas respondieron a esta nueva dinámica económica, tanto en el sentido de interconexión vial como de concentraciones de población, esto dio lugar al surgimiento de más ciudades en el país.

San Salvador se expandió en 1928 hacia el occidente, limitando con la hacienda “San Diego”; en el año de 1930 el crecimiento se dio hacia el sur y al norte. El fenómeno de expansión hizo que la renta de los inmuebles en el centro de San Salvador disminuyera a la mitad entre los años de 1928 y 1931, dejando un aproximado de 500 casas vacías. Es durante este período que las elites comienzan a salir del centro, específicamente hacia el este.

Los mesones insalubres seguían demoliéndose en el año de 1932, proceso que duró varios años. Esta alternativa de vivienda empieza a intentar suprimirse en 1937 por ser considerados lugares donde se “incubaban males físicos y morales”, por lo que comienza a prohibirse su construcción y se busca la construcción de casas para sustituirlos.

La expansión de la ciudad continúa en 1933 hacia el parque Atlacatl; sin embargo, un temporal en 1935 ocasionó el hundimiento de los terrenos en las Casas Baratas, ubicadas en esta zona, por lo que disminuyeron los precios de los terrenos y se ampliaron los plazos.

Entre las décadas de los 30 y 40 la elite se mueve hacia el oeste de la ciudad, sustituyendo el tradicional sistema de organización de barrios por las colonias, con la colonia Flor Blanca como una de las primeras de este tipo.

Las nuevas fuentes de trabajo se encontraban en las ciudades, que siempre han respondido al modelo de subsistencia económica de las regiones, y con el cambio del cultivo de caña de azúcar a la industrialización, las tierras rurales ya no resultaban tan productivas como antes. Es por ello que los habitantes de las áreas rurales buscaron acercarse a las ciudades, dando lugar al establecimiento de viviendas en terrenos marginales o residuales con la vulnerabilidad y exclusión social como principales características.

La participación del Estado en la construcción de viviendas fue nula hasta 1935, y su única intervención hasta ese momento en los procesos urbanos se limitaba a la construcción de carreteras y acceso a servicios. Es hasta finales de los 50 cuando el Estado toma un papel más activo en los procesos urbanos y crea el Ministerio de Obras Públicas (MOP), la Dirección de Urbanismo y Arquitectura (DUA) –que aplicaban la Ley de Urbanismo y Construcción– y el Instituto de Vivienda Urbana (IVU) –que formaba parte del proceso de compra y venta de suelo urbano–. Las municipalidades no tenían un papel activo en este aspecto. Históricamente, el país en general ha carecido de políticas públicas basadas en la planificación y regulación territorial de acceso urbano, y la comercialización de tierras estaba a cargo de los propietarios, lo que dio lugar a todo tipo de abusos y desordenes.

Las elites económicas continúan alejándose cada vez más del centro, que les representa un lugar cada vez más incómodo para vivir. Esta vez se mueven hacia la colonia Escalón (1947-1948) y la San Benito (1950-1952).

La zona metropolitana de San Salvador se define como tal en 1961.

En abril de 1967 se declara que el problema urbano de la ciudad de San Salvador se debe al incremento de la población. Ya para 1970, el Comité de Desarrollo Urbano estaba ejecutando cinco estudios sobre reforma metropolitana, y Fundasal proyecta la construcción de vivienda mínima.

El conflicto armado de finales del siglo XX afectó mayormente a las poblaciones rurales y ciudades pequeñas del interior del país, dando lugar a una nueva ola de

migraciones hacia las cabeceras departamentales, municipios aledaños y la capital, que eran considerados menos conflictivos. En el caso del municipio de San Salvador, se experimentó un aumento de población de hasta el 22,8%, aumentando la necesidad de vivienda. En la época de la postguerra, la estructura socioeconómica del área metropolitana de la ciudad terminó de definirse: la población de bajos ingresos se ubica hacia el norte y el este (Apopa, Soyapango, Ilopango, San Martín) y la de medios y altos ingresos hacia el noroeste y suroeste (San Salvador, Nueva San Salvador y Antiguo Cuscatlán).

Actualmente, el crecimiento urbano se da hacia el poniente de la capital (bosque El Espino y faldas del volcán de San Salvador), con lo cual se incumple la Ordenanza de Zonas de Protección.

- *Agua potable.* El sistema de abastecimiento de agua potable del área metropolitana de San Salvador posee cuatro fuentes de captación:

1. *El sistema tradicional.* Se trata de la explotación del manto acuífero de San Salvador y data desde 1900, iniciando con la captación de las fuentes de la “Danta la Vieja”, aportando al sistema el 45,5 % de la producción. La disminución de la capacidad de infiltración y almacenamiento han llevado a esta fuente de agua a la sobreexplotación. Esto se estableció en 1960. A ello debe agregársele el aumento de la impermeabilización de la superficie debido al crecimiento de la ciudad y la contaminación del manto por lixiviados precolados, la influencia del río Acelhuate y la zona industrial de Soyapango. La profundización de los pozos es un claro indicativo de dicha sobreexplotación. Por otro lado, el sistema de tubería es obsoleto, ya que fue instalado hace más de 50 años.

2. *El sistema Zona Norte.* Ubicado a aproximadamente 20 km al norponiente de la ciudad de San Salvador en el acuífero del río Sucio/Zapotitán, proporciona el 27,7% del suministro. Funciona desde 1982 y abastece a la parte norponiente de la ciudad y surponiente de Santa Tecla. También es sumamente susceptible a la contaminación y sobreexplotación por la influencia de las zonas industriales.

3. *El sistema Río Lempa.* Opera desde 1993 y es el único sistema de captación de agua superficial. Consiste en la captación de agua del río Lempa y una planta de tratamiento ubicada a 23 km al norte de la ciudad. Proporciona el 22,36% de la producción. Durante la estación lluviosa, el río transporta una carga de sólidos suspendidos y coloides que provocan paros en la producción debido la necesidad de mantenimiento de los filtros de la planta de tratamiento.

4. *El sistema Guluchapa.* Es el más pequeño y está ubicado a 12 km al oriente de la ciudad. Consiste en la explotación de un acuífero semiconfinado que abastece parte del municipio de San Martín y la colonia Santa Lucía. Debido al contenido de hierro, manganeso y otros componentes químicos, el agua necesita de un tratamiento.

- *Aguas negras.* El sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Salvador data de la década de 1920, y se construyó como resultado de la pavimentación de las calles principales de la ciudad. En 1928 se construyó el colector que intercepta todos los colectores secundarios del centro de la ciudad y transporta esas descargas al río Acelhuate. Cuando se estableció la Dirección de Alcantarillados Sanitarios en el Ministerio de Obras Públicas, en 1950, se construyeron varios ramales; y con la creación de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (Anda) se continúa con el mejoramiento de la red, que contribuyó a proporcionar el servicio a la mayor parte de San Salvador y Santa Tecla.

Gran porcentaje de la carga del sistema de aguas negras drena directamente a ríos y quebradas del AMSS, y otro porcentaje es descargado a los drenajes de aguas lluvias debido a que las aguas de los colectores primario y secundario se encuentran sobre los niveles de descarga de ciertas zonas urbanas.

Actualmente, con todas las obras de mejoramiento y ampliación que se han llevado a cabo, la vida útil de este sistema esta proyectada para el año 2015. Sin embargo, una mayor mejora del sistema implica varias complicaciones debido a la falta de supervisión y control por parte de las instituciones pertinentes. Por otro lado, la contaminación que el diseño del

sistema implica para las aguas del río Acelhuate afecta no solamente a las personas, sino también al medio ambiente general del país.

- *Aguas lluvias.* El drenaje natural de la zona del AMSS es el receptor de todos los colectores de aguas lluvias, por lo tanto, el comportamiento de los ríos y quebradas está íntimamente relacionado. La susceptibilidad a inundaciones se da especialmente en la parte baja de las cuencas, agravado con la cantidad de basura en los cauces y el material arrastrado de las zonas altas, producto de la erosión y falta de control.

Ocho de doce minicuenas que drenan la zona tienen problemas de inundación, especialmente en la época lluviosa, entre ellas La Mascota, Las Lajas, Quebradona, Bambural, Arenal, Llohapa y El Matazano. Estas minicuenas, que cruzan la ciudad, convergen en puntos críticos, donde la presión que ejerce la urbanización es alta o se encuentran asentamientos populares urbanos irregulares, agravando aún más la situación.

Usos de suelo del AMSS. De acuerdo con la Opamss, en el área metropolitana de San Salvador se distinguen nueve usos de suelo principales, con la intención de identificar las zonas de protección y conservación de los recursos naturales, y los suelos urbanizables y no urbanizables. Este Plano general de zonificación del AMSS es uno de los instrumentos que la Opamss utiliza para emitir regulaciones sobre los usos del suelo, y distingue las siguientes:

- *Área urbana.* Se refiere a una porción de territorio donde se construye un poblado que posee todos los servicios públicos. Para efectos del cálculo de porcentajes de usos de suelos en el AMSS se han incluido en esta clasificación dos distinciones más:
 - Comercio: actividades tendientes al intercambio de bienes y/o servicios de productos finales y/o terminados.
 - Industria liviana: actividades de transformación y producción de bienes, y que en ningún momento del proceso productivo usen, manipulen o generen insumos, productos intermedios, subproductos, residuos, o productos finales de tipo tóxico, corrosivo, explosivo, o emisión de radiaciones iónicas, así mismo la generación de ruidos y vibraciones que afecten a la población circundante.

- *Desarrollo agrícola.* Son zonas que por sus características físicas, hidrológicas, geográficas, agronómicas y pedológicas son aptas para un desarrollo agrícola, sostenible y compatible con los usos y la explotación de los recursos naturales renovables y no renovables, los cuales requieren de planes especiales de desarrollo.
- *Desarrollo restringido.* Son aquellas áreas de baja densidad habitacional, las cuales se establecen con base en estudios técnicos, que determinan el nivel de intervenciones por realizarse con respecto al impacto ambiental que causarían por estas, que además deben serlo por su efecto positivo en la conservación, protección y restauración de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de las áreas boscosas y matorrales (tanto natural como agrícola, es decir, cafetales, cortinas, cortavientos, frutales, etc.), de las áreas con valores paisajísticos y culturales, de la estructura rural del territorio y del ecosistema presentes.
- *Máxima protección.* Son aquellas que por la integridad de sus recursos ambientales, por su nivel de biodiversidad existente o potencial, por su singularidad, por su ubicación y por la presencia de importantes elementos paisajísticos, históricos y culturales deben conservar y proteger dichos caracteres únicos.
- *Zona de amortiguamiento.* Áreas frágiles colindantes y de incidencia directa a las áreas naturales protegidas, sujetas a promoción de actividades amigables con los recursos naturales, que apoyen los objetivos de manejo y minimicen los impactos negativos hacia adentro y afuera de las áreas.
- *Zona de alto riesgo geológico.* Son aquellas zonas que por las características geomorfológicas del suelo son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos de flujos de gran magnitud, ya sea por la ocurrencia de sismos o por la saturación del suelo.

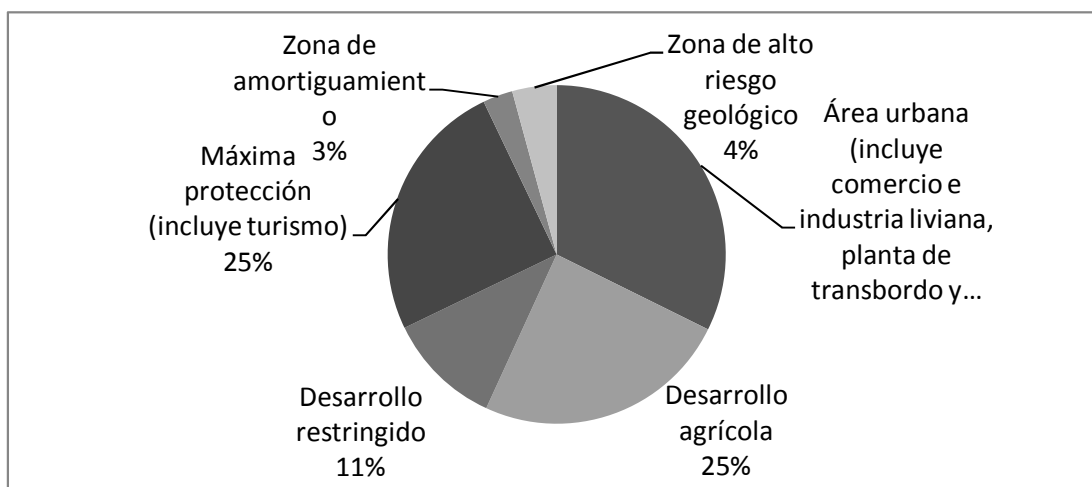


Gráfico 4. Porcentajes de usos de suelos del AMSS.

(Fuente: elaboración propia con base en el Mapa de usos de suelos del AMSS, Opamss)

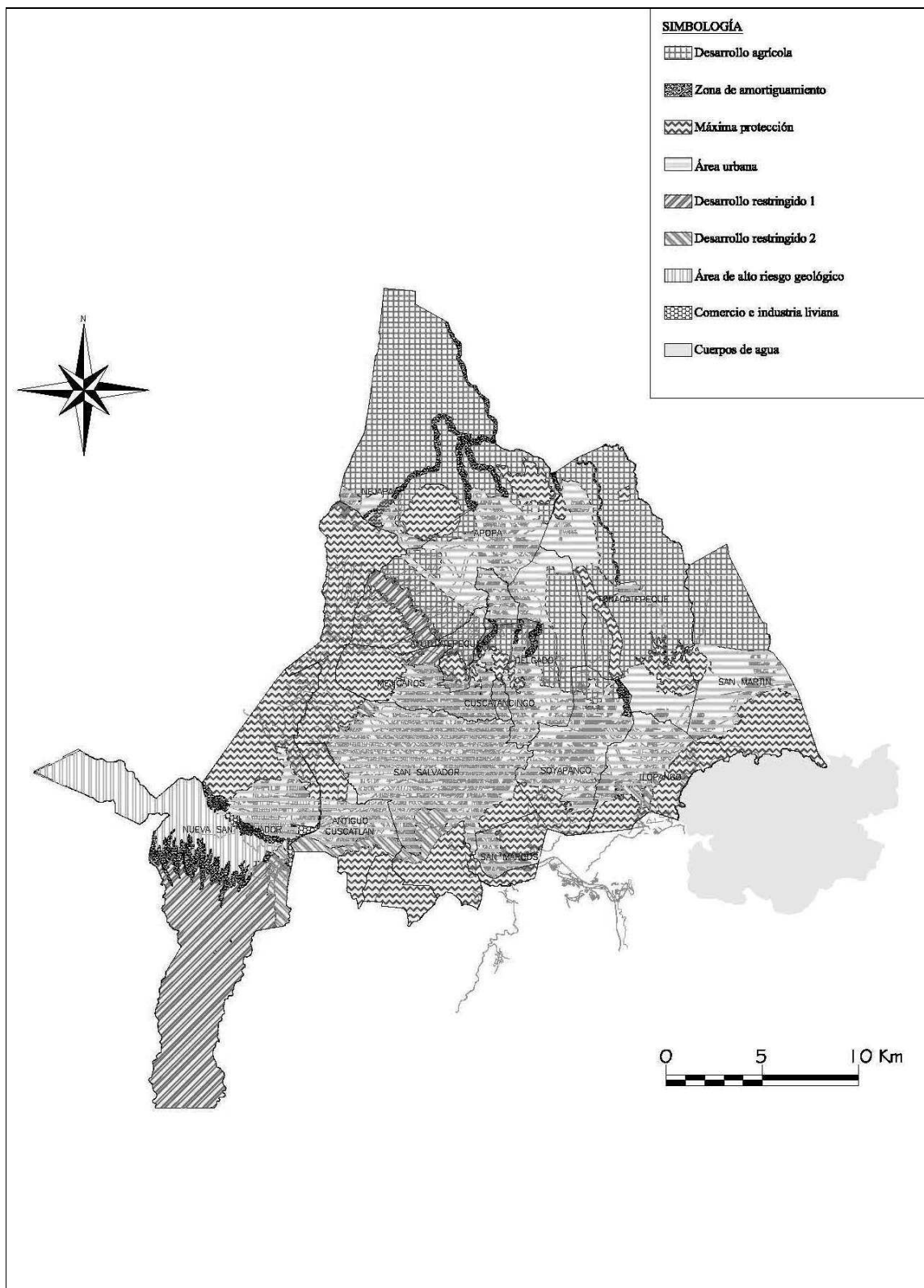


Ilustración 7. Plano general de zonificación del área metropolitana de San Salvador
(Fuente: Opamss.)

Aspectos generales de la vivienda multifamiliar en altura en el AMSS

El concepto de vivienda en condominio²¹ fue introducido en el país en la década de los 50 por el gobierno central a través del IVU (Instituto de Vivienda Urbana), con el objetivo de brindar una solución habitacional a las familias obreras de escasos recursos económicos y empleados del Gobierno. Para ello se aprobó la Ley de Propiedad Inmobiliaria por Pisos y Apartamentos.

A partir de entonces, se han desarrollado varios proyectos en el país, pero en la actualidad el concepto ha variado, y los edificios son construidos principalmente por empresas privadas, tanto para familias de escasos recursos económicos como para familias con mayores posibilidades.

La vivienda multifamiliar en altura se ve como una opción viable para solucionar el problema habitacional de las personas de escasos recursos, y su construcción es promovida por el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano; la densificación de vivienda en edificios de varias alturas contribuye hasta cierto punto a reducir la presión ejercida por el continuo crecimiento del AMSS, pues ayuda a reducir los costos del espacio urbano, reorganizándolo y permitiendo a la vez el aumento de espacios verdes que contribuyen a reducir el deterioro ambiental.

Una de las principales desventajas de habitar en edificios de vivienda multifamiliar para las personas de escasos recursos es que implica un cambio drástico en su manera de vivir. Muchas de estas familias o vienen del campo, donde han desarrollado su vida en un espacio abierto, en un solo nivel y rodeados de sus cultivos de subsistencia, donde cada familia vela por ella misma; o son del área urbana y están acostumbradas a vivir en un solo nivel, es decir, la mayoría vivió anteriormente en una vivienda unifamiliar. La vida en un edificio de apartamentos implica compartir áreas y responsabilidades, una relación más cercana con quienes habitan allí y aprender a desarrollarse en un espacio más reducido, perdiendo incluso parte de su privacidad. Cuando los habitantes del edificio no logran aprender las implicaciones de este tipo de vivienda, los edificios se convierten en espacios propensos a la delincuencia, se van deteriorando y pierden

²¹ Se considera “condominio habitacional” a un conglomerado físico de una o varias edificaciones, con altura de uno o más pisos, dividido en varias unidades habitacionales privadas que poseen espacios de propiedad común. (CHF, *Estudio de desarrollo físico y social de la vivienda en condominio en el AMSS, 1998*).

su plusvalía, su aspecto físico y estético y terminan por convertirse en un problema habitacional más.

La situación es un poco diferente en las soluciones habitacionales para estratos sociales más altos, pues se incluye una cuota para el mantenimiento del edificio, servicio que muchas veces es prestado por una persona contratada para ello.

Aspectos socioeconómicos. De acuerdo con CHF (1998), los grupos familiares que habitan en edificios en condominio tienen la particularidad de ser pequeñas (de 2 a 4 miembros) en comparación con la cantidad de habitantes usual en vivienda dentro del AMSS. Otro aspecto particular que el estudio publicado por dicha entidad menciona es que la mayoría de habitantes de vivienda en condominio decidieron vivir allí porque les daba la oportunidad de ser propietarios, con facilidades de pago y cuotas bajas; sin embargo, no debe descartarse que muchos también sean inquilinos. Cabe mencionar que, hasta la fecha, el Fondo Social para la Vivienda da financiamiento para la adquisición de apartamentos en distintos proyectos. También, por su ubicación, estos proyectos suelen estar más cerca de las fuentes de trabajo y sistema de transporte de las personas que los habitan, lo que es considerado por los habitantes como una de las principales ventajas de vivir en condominio.

Entre las desventajas mencionadas por los habitantes, están el tamaño reducido de los espacios habitables y la carencia de patio o tendedero –o su diseño en caso de haber sido proporcionado por el constructor–, los ruidos que ocasionan los vecinos, el estado de la infraestructura debido a la falta de mantenimiento y la inseguridad que sienten debido a la falta de vigilancia. Otro de los inconvenientes observados es la sensación de inseguridad ante un terremoto.

En cuanto a la relación con los vecinos, se observa que en su mayoría mantienen buenas relaciones, pues se ayudan, apoyan y comprenden mutuamente. Entre los aspectos negativos se menciona la generación de distintos tipos de ruidos fuertes y de habladurías entre los vecinos, que pueden ser causa de conflictos. Este fenómeno se da especialmente en los condominios subsidiados, pues en los que están construidos por la empresa privada los habitantes tienden a mantener cierta distancia con sus vecinos. También se presentan problemas, aunque en menor grado, de higiene, vecinos poco sociables y la apropiación de espacios comunes.

La mayoría de los condominios incluye una cuota para mantenimiento en su mensualidad, sin embargo, los habitantes muchas veces no forman parte de estas actividades, a menos que se

trate de su propia unidad habitacional, y esto tiende a crear conflictos dentro de complejo habitacional.

Aspectos físico-espaciales. Citando nuevamente el informe de CHF (1998), y por observación directa en visitas de campo, la imagen física de los edificios de vivienda en altura por lo general no es agradable, específicamente en los que se encuentran ubicados en el centro de San Salvador y en áreas que tradicionalmente son conocidas como de menores posibilidades económicas (Soyapango, Ilopango, etc.). Esto contribuye a que se fije el concepto de que los edificios multifamiliares son lugares sucios, descuidados, donde habitan maras, etc., lo que hace que el concepto de vivienda en altura no termine de ser bien aceptado por la población.



Foto 8. Vista al interior del Condominio Nápoles, en el centro histórico de San Salvador. El aspecto de descuido contribuye a la sensación de inseguridad y falta de bienestar.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

Las áreas verdes en general representan espacios olvidados, que reciben poco o nulo mantenimiento cuando no son apropiados por los habitantes de los apartamentos de los pisos inferiores para utilizarlos como jardines privados, tendederos, parqueos, etc. Los espacios verdes amplios que están libres muchas veces son “patios de tierra”, sin vegetación y donde se acumula basura. Este olvido no solo es por parte de los habitantes de los edificios, es concebido desde su diseño, e incluso existe el caso de edificios que ni siquiera tienen contemplada un área verde. Muchas veces las áreas verdes son la mera representación de un requisito para la aprobación de

los planos, además, están ubicadas en zonas inaccesibles, inseguras o donde simplemente no se puede construir por razones topográficas o de tipo de suelos. Esto contribuye a que las personas no utilicen el espacio y no lo consideren como un área habitable más.



Foto 9. Situación de una de las áreas verdes dentro de Centro Urbano Candelaria, en el centro histórico de San Salvador (construido por el IVU). Nótese el charco formado por una fuga de agua frente a los niños.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

Por otro lado, se puede decir que, a pesar de la época en que fueron construidos, los edificios multifamiliares del IVU, principalmente los de los años 50 –que fueron los primeros–, son los que están mejor organizados, definidos, siguiendo criterios adecuados de diseño y con mejores controles de calidad de construcción y de materiales. De hecho, en promedio, estos son los edificios con apartamentos más amplios (mayor área construida y mayor número de habitaciones). En general, las personas que habitan en estos edificios los prefieren a otros por sentirlos más amplios y completos, y a pesar de que son viejos, se sienten seguros en ellos por haber resistido ya tres o cuatro terremotos de gran magnitud.²² Sin embargo, la despreocupación de sus habitantes y la falta de mantenimiento han hecho de ellos lugares que poco a poco se van deteriorando y perdiendo sus propiedades estructurales y estéticas. Se trata de edificios de casi 50 años de edad que tienen problemas de grietas, filtraciones de humedad, oxidación de

²² Opinión de una persona entrevistada en el Centro Urbano Lourdes, San Salvador.

elementos de hierro, ventanas quebradas, etc., cual si estuvieran abandonados. Nuevamente, este deterioro se debe a la falta de costumbre de vivir en altura, reforzada por la actitud que tienen las personas que alquilan y el desconocimiento de un régimen de condominio que deje claras las normas para habitar en el edificio.



Foto 75. Manchas de humedad en las paredes del cubo de escaleras de uno de los edificios del Centro Urbano Lourdes, San Salvador.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

La contaminación ambiental es también uno de los problemas más comunes en los edificios de vivienda en altura, y esta no sólo se debe al entorno, sino también al manejo de la basura, que ya sea por falta de cultura, costumbre o por carencia de infraestructura y servicio de recolección adecuados, se acumula cerca de las edificaciones (quebradas, acumulación de basura a cielo abierto, etc.), constituyendo un foco de infección e insalubridad.



Foto 11. Restos de basura en una de las áreas verdes del Centro Urbano Candelaria, centro histórico de San Salvador.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

Aspectos constructivos y estructurales. Los materiales constructivos predominantes que se observaron son el bloque de concreto para las paredes exteriores, y en algunos casos ladrillo de barro cocido (en los edificios habitacionales de mayor antigüedad) y, por lo tanto, están contruidos con el sistema de marcos estructurales de concreto.

Las cubiertas son generalmente de lámina de fibrocemento o de aluminio, y en los más antiguos pudo observarse algunos casos en que se utilizó losa densa (principalmente en los edificios contruidos por el IVU, entre los que se encontraron tres tipos: los que tienen el área de tendedero en la azotea, los que tiene cubierta de losa no accesible y, por lo tanto, no habitable y los que tienen techo con lámina o fibrocemento).

No se observan modificaciones constructivas que afecten el diseño exterior del edificio; generalmente, cada uno de los habitantes modifica los apartamentos según sus necesidades espaciales (divisiones en las habitaciones y otros espacios, cambios de piso, construcción de muebles en cocina y armarios, enchapado con azulejos en los baños, etc.); sin embargo, la modificación más notoria en cuanto a utilización de los espacios fue el uso de ventanas y terrazas y pasillos para la función de tender ropa.



Foto 12. Utilización de espacios al exterior para tender ropa. San Francisco Norte, ubicado en la Autopista Norte, San Salvador.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

La mayoría de los edificios en altura de interés social no son mayores de tres o cuatro pisos, y esto debido a la regulación de que un edificio con un número mayor de cinco pisos requiere de un ascensor,²³ lo que incrementa el costo de construcción y mantenimiento. Así mismo, estos edificios son construidos en su mayoría con sistema estructural de paredes de carga, lo que reduce la posibilidad de que las cubiertas sean de losa. Los edificios construidos con base en marcos de concreto son menos comunes debido a los costos, y se observa que este sistema fue más utilizado en los primeros edificios en altura construidos, mas no es uno de los sistemas comunes en la actualidad para este tipo de solución habitacional. Las empresas privadas que construyen edificios habitacionales en altura utilizan este último sistema en edificios de mayor cantidad de pisos.

Sentimiento de pertenencia. El sentimiento de pertenencia, para efectos del presente estudio, es aquel que hace que las personas se sientan cómodas en el lugar que habitan y realicen acciones que van más allá de la simple expresión verbal para mejorar su espacio habitable. Implica una inversión por parte de ellos, ya sea económica o en fuerza de trabajo, que está íntimamente ligada a la condición de propiedad. Los propietarios tienden a mostrar mayor interés

²³ Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños; Parte sexta, Título segundo: de las edificaciones, Capítulo III, Art. VI. 19.

en proyectos de mejoramiento que los que alquilan, pues su permanencia en el lugar es más prolongada.

Como ejemplo, cabe mencionar que durante la fase de investigación de campo se visitó una serie de edificios habitacionales en altura, especialmente de interés social, y se platicó con los habitantes con la finalidad de obtener el mayor acceso posible a los edificios. La mayoría mostró interés –e incluso una ilusión– en la realización del presente proyecto, pero les preocupó que sus vecinos no colaboraran lo suficiente como para que el proyecto tuviera éxito, pues cada uno es responsable de su espacio.

Selección de los objetos de estudio

Criterios de selección de los objetos de estudio

Para la selección de los objetos de estudio se generó una lista de criterios basados en distintos aspectos constructivos, ubicación, económicos y culturales, con el fin de que el resultado propuesto fuera aplicable. Los criterios utilizados fueron los siguientes:

1. *Área metropolitana de San Salvador.* Desde el planteamiento de la presente investigación se redujo al área de estudio al AMSS, por ser una de las de mayor crecimiento con las consecuencias de sobreutilización del espacio físico que la densificación poblacional trae consigo. Debido a esto, es una de las zonas del país más afectadas ante los desastres naturales como exceso de lluvias debido a la impermeabilización de terreno, que afectan no solo a los habitantes del AMSS, sino que también a las poblaciones aledañas. Además los niveles de contaminación del aire y de ruido debido a la alta densidad del tráfico son elevados; y se trabajó con base en intentar proporcionar una solución para estos problemas, retomando la idea de dedicar mayores áreas de absorción para las aguas pluviales, reduciendo así el riesgo de inundaciones y la creación de “colchones” naturales para el ruido, así como la absorción de CO₂.
2. *Edificios de vivienda multifamiliar en altura.* Los edificios de vivienda multifamiliar en altura se tomaron en cuenta debido al hecho de que poseen áreas comunes en las que pueden utilizarse las cubiertas ajardinadas y pueden ser mantenidas por los inquilinos, reforzando el sentimiento de comunidad. Muchas veces, sin embargo, la posibilidad de utilización de techos ecológicos se puede dar únicamente en espacios privados, pero se considera que los beneficios de los techos ecológicos pueden llegar a más personas si se colocan en edificaciones habitacionales de alta densidad. Así mismo, porque son soluciones habitacionales que están cobrando auge, especialmente para los estratos de mayores posibilidades económicas; y se consideró necesario sentar las bases para que futuros proyectos tomen en cuenta esta solución arquitectónica, contribuyendo al mantenimiento del medio ambiente.
3. *Ubicación dentro del AMSS.* Los complejos habitacionales que más necesitan de algún tipo de protección ante la contaminación ambiental son los que se encuentran ubicados cerca del sistema vial primario, pues son los que reciben mayor tráfico vehicular de todo tipo.

4. *Número de pisos.* Inicialmente, este no fue uno de los criterios de selección; sin embargo, pudo corroborarse por medio de las primeras visitas de campo que los edificios de dos niveles en su mayoría poseían techos de lámina o de fibrocemento, lo que dificulta la implantación de los techos ecológicos. Es por ello que la investigación se centró en la ubicación de edificios de cuatro o más niveles.
5. *Fecha de construcción.* La selección de edificios para la implantación de cubiertas ajardinadas se limitó a los que habían sido construidos después del terremoto de 1986, fenómeno natural clave porque a partir de él surgieron nuevas normativas de seguridad para la construcción de edificios habitacionales, así como modificaciones significativas en los edificios indemnes. Sin embargo, se consideraron edificios construidos antes de la fecha mencionada para propuestas más ligeras, con la intención de permitir también que ellas participaran en la implementación del proyecto.
6. *Material de cubierta.* Se seleccionaron únicamente edificios con cubiertas de losa, pues las cubiertas de lámina o de fibrocemento no proporcionan la resistencia estructural necesaria para los techos ecológicos, y las modificaciones que estos implican generarían incomodidad para los habitantes, además de costos elevados.
7. *Accesibilidad a la cubierta.* Criterio de gran importancia no solo por que los techos ecológicos significan un espacio habitable y utilizable, sino porque también es necesario tener un fácil acceso a ellos para darles el mantenimiento necesario que asegurará el éxito del proyecto.

Objeto de estudio 1.

*Características generales del proyecto.*²⁴

- *Nombre del proyecto:* Complejo habitacional “Brisas de San Francisco”
- *Ubicación:* Final 49ª. avenida Sur, 400 m antes del monumento al Hermano Lejano, San Salvador.

²⁴ Información proporcionada por el FSV y observación de campo.



Ilustración 8. Esquema de ubicación del complejo habitacional Brisas de San Francisco.
(Fuente: elaboración propia sobre el plano del AMSS de Opamss.)

- *Número de apartamentos:* 72, distribuidos en cuatro edificios de cuatro niveles cada uno.
- *Fecha de construcción:* 2008-2009
- *Áreas de influencia contaminante.* Contaminación del aire y de ruidos debido a su inmediatez a la 49ª. avenida Norte, arteria altamente transitada durante los días hábiles de la semana, presenta el mayor volumen de tráfico en las horas pico. Hay una parada de buses casi frente a la entrada al proyecto. Cabe mencionar que frente al proyecto la calle cuenta con un camellón arborizado, sin embargo los árboles son pequeños y poseen poco espacio para su desarrollo, por lo que su crecimiento está limitado. La misma situación se da en la acera frente al proyecto. La acera del otro lado de la calle posee árboles grandes. Cercano al bulevar Venezuela y autopista Sur, donde se encuentran varios negocios y plantas de producción de diversos bienes, que por su naturaleza pueden ser contaminantes si no se manejan bien sus productos de desecho.

- *Descripción del terreno.* Según el FSV, la topografía del terreno es plana y no colinda con quebradas ni taludes, sin embargo, observando el plano de la ciudad de San Salvador, puede observarse que está construido sobre la bóveda del arenal de Montserrat.
- *Descripción de la cubierta.* Este edificio cuenta con dos tipos de cubierta, uno es lámina de fibrocemento y el otro tipo es una losa, ubicada en el cuarto nivel de los edificios que hace las veces de terraza, como una prolongación de un dormitorio ubicado sobre el mismo apartamento. La losa mide 7.60 x 6.80 m.

Fotografías del proyecto.



Foto 13. Fachada principal de uno de los edificios del complejo.
(Fuente: FSV.)



Foto 14. Parada de buses frente al complejo.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 15. Vista general del frente del complejo habitacional.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 16. Vista de la 49ª avenida Norte, frente al complejo habitacional.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 17. Vista al arenal de Montserrat desde la 49ª avenida Norte, hacia el oriente, frente al proyecto. (Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 18. Vista de las terrazas sobre el cuarto nivel. (Fuente: fotografía tomada por la autora.)

Análisis estructural. El ingreso al complejo habitacional no fue permitido, por lo que no fue posible obtener fotografías específicas de los elementos estructurales, pero sí se tuvo acceso a los planos constructivos (ver Anexo 5). A partir de esta información, se consultó con un ingeniero estructuralista para que los examinara y determinara si el edificio sería capaz de soportar las cargas que un techo ecológico implica. El análisis de los planos arrojó lo siguiente:

- Las representaciones gráficas no eran suficientes o eran incongruentes con la magnitud del proyecto, por lo que mucha de la información tuvo que ser asumida siguiendo las normas de diseño vigentes en el país, como por ejemplo el espesor de la losa de cubierta y su refuerzo. Se asumió que se trataba de una losa densa porque el especialista consultado comenta que no es recomendable la utilización de losas de viguetas prefabricadas cuando se trata de cubiertas.
- Se asume la carga de un techo ecológico que tiene una capa de sustrato de 10 cm de espesor como máximo, convirtiendo así la propuesta en un techo ecológico intensivo, se consideran también las cargas ejercidas por la capa de drenaje y la de impermeabilización.
- Debido a que, a criterio del especialista, los elementos estructurales analizados no cumplen con lo establecido en los códigos de diseño y normativas de construcción del país, es necesario realizar obras de refuerzo integral en el edificio antes de implantar los techos ecológicos.

- Es importante considerar “fosos de inspección” en el diseño, para poder corroborar periódicamente el estado del material de impermeabilización aplicado y determinar cuándo este debe ser reemplazado.
- El sistema de drenaje que forma parte del techo ecológico debe de estar conectado con el sistema de drenaje de aguas lluvias del edificio, para hacer más eficiente la función de este, por ello las pendientes del techo ecológico diseñado deben ir en dirección del sistema de drenaje existente en el edificio.

Para ver con mayor detalle el análisis del especialista consultado, ver anexos 7 y 8.

Construcción de la solución propuesta. En este proyecto se ha considerado la construcción de un techo ecológico como tal. Debido a las características estructurales del edificio, únicamente podría considerarse la construcción de un techo ecológico extensivo, y como tal únicamente pueden utilizarse plantas de raíces cortas y poco agresivas.

Por otro lado, se ha descartado la posibilidad de utilizar la totalidad de la terraza para ser cubierta con material vegetal para no entorpecer su funcionalidad, facilitar su mantenimiento, proporcionar un espacio habitable y agradable donde los habitantes del apartamento puedan estar y también para reducir las cargas sobre la losa.

Los componentes de la solución propuesta son:

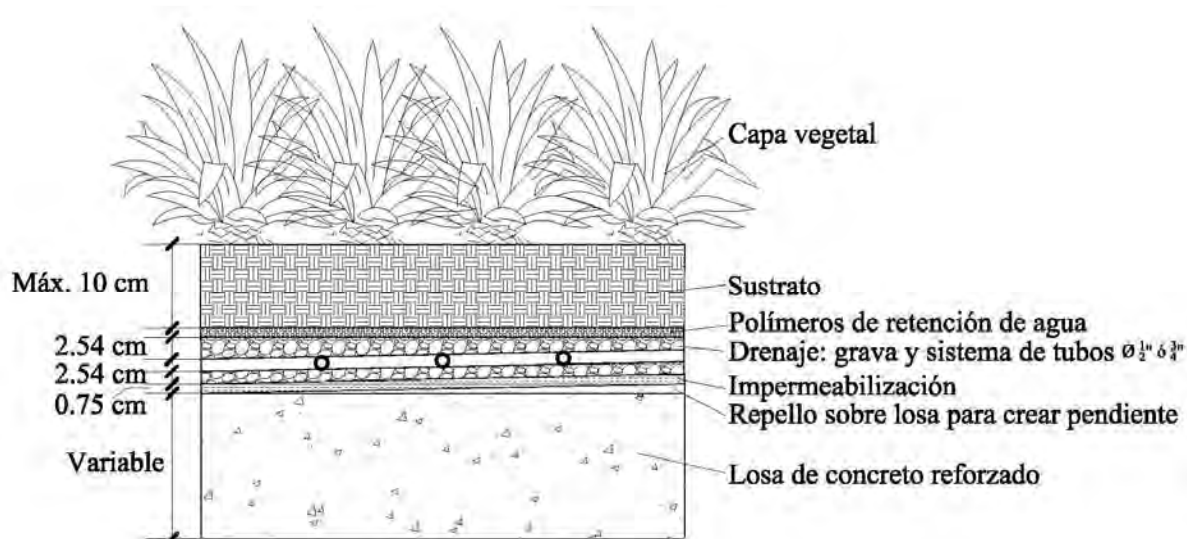


Ilustración 84. Componentes de la solución propuesta.

(Fuente: elaboración propia, siguiendo las recomendaciones del ingeniero estructuralista.)

1. *Losa de concreto reforzado.* Ofrece una superficie de base sólida y adecuada para los techos ecológicos. Idealmente, cuando estas son utilizadas como cubierta, ya deben de estar impermeabilizadas y poseer las pendientes adecuadas para drenar el agua que recibirán, pero cuando no se cumple con los requerimientos de diseño y calidad pueden formarse posas de agua que poco a poco se filtran al interior de los edificios. Nuevamente es necesario hacer notar que siempre se debe comprobar y analizar su resistencia y la de todos los elementos estructurales relacionados antes de aplicar un techo ecológico, pues este representa una carga adicional que podría comprometer los aspectos de seguridad del edificio.
2. *Repello de cemento.* Este se utiliza para formar la pendiente necesaria para el drenaje del excedente de agua que puede generarse. Debe de estar en dirección a las bajadas de aguas lluvias para poder drenarla correctamente y evitar la formación de acumulaciones de agua que puedan dañar la losa.
3. *Impermeabilización.* Para esta función se recomienda la utilización de una resina de poliéster flexible (ver Anexo 9) (50%), mezclada con arena (30%) y viruta de plástico reciclado (20%). Esta combinación da como resultado una capa flexible que soporta cambios drásticos de temperatura, resana los poros y grietas que pueden existir en el concreto y a la vez crea una superficie lo suficientemente resistente como para evitar que las raíces de las plantas lleguen hasta la losa, además de tener una duración de aproximadamente 30 años. La preparación de esta resina se hace colocando sobre una lámina la arena y mezclando en una cubeta la resina con la viruta de plástico para aplicar posteriormente el catalizador y finalmente mezclarlo con la arena sobre la lámina, similar a cuando se prepara concreto. La mezcla se tira sobre la superficie preparada y se alisa con una espátula, pero esta aplicación debe hacerse por partes pues el material deja de ser manejable a los 20 minutos de preparada la mezcla y seca por completo en 24 horas.
4. *Drenaje.* Para la capa de drenaje, se propone la utilización de una capa de ½" de grava, sobre esta una retícula de tubos de PVC de un diámetro de ½" o ¾", unidos a una distancia aproximada de 50 cm mediante accesorios adecuados y con perforaciones en la parte superior para recolectar el exceso de agua, para finalizar con otra capa de ½" de grava.

5. *Polímeros de retención de agua.* Se trata de un polímero que puede absorber como mínimo 20 veces su propio volumen, y libera la humedad conforme las plantas la vayan necesitando, especialmente durante la época seca o cuando no es posible el riego frecuente. Se recomienda utilizar el de gránulo grueso y esparcirlo sobre la grava para que llene los espacios entre esta y así puede proveer una superficie uniforme de absorción. Sin embargo, este puede ser obviado si se puede asegurar el riego constante de las plantas.
6. *Sustrato.* De acuerdo con lo consultado en distintos viveros del país, el sustrato más recomendado es una mezcla de tierra negra (20%), cascajo (50%) y horajasca (30%), pues esta combinación de materiales es más liviana y tiene una buena filtración.
7. *Cubierta vegetal.* Para los techos ecológicos extensivos se recomienda el uso de plantas rastreras, de raíces cortas y poco invasivas y que sean resistentes a la sequía, pues el sustrato tiende a perder humedad debido a su poco espesor (ver “Plantas recomendadas y su mantenimiento”).

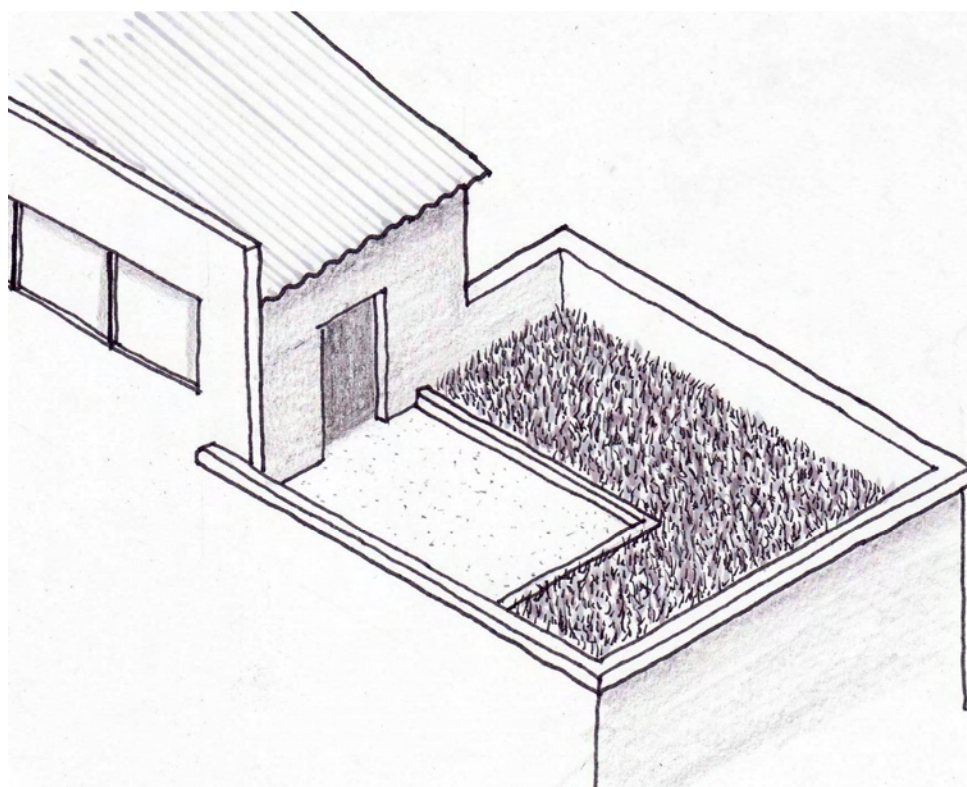


Ilustración 10. Propuesta de cubierta ajardinada en el complejo habitacional “Brisas de San Francisco”.

Objeto de estudio 2.

Características generales del proyecto.

- *Nombre del proyecto:* Centro Urbano Lourdes
- *Ubicación:* bulevar Venezuela, barrio Lourdes, San Salvador



Ilustración 11. Esquema de ubicación del Centro Urbano Lourdes.

(Fuente: elaboración propia sobre el plano del AMSS de Opamss.)

- *Número de apartamentos:* 522, distribuidos en varios edificios de cuatro niveles cada uno.
- *Fecha de construcción.* El complejo se construyó en dos etapas, una en la década de los 50 (1956-1958) y otra en la década de los 80 (1980-1985). Para efectos de esta investigación, se visitaron y estudiaron los de la primera etapa, pues son los que poseen cubierta de losa.

- *Áreas de influencia contaminante.* El centro urbano se encuentra ubicado a orillas del bulevar Venezuela, cerca del tramo donde se une con el bulevar del Ejército, ambas arterias con mucho tráfico vehicular. También está ubicado relativamente cerca del centro histórico de San Salvador, punto de confluencia de numerosas rutas de buses y una de las áreas del AMSS con mayor contaminación en el aire. El diseño urbanístico del centro al que pertenece el edificio analizado permite amortiguar bastante el ruido producido por el tráfico que le rodea, lo aísla de muchos otros problemas relacionados con las calles de alto tráfico –a diferencia de la otra fase del proyecto construida justo enfrente, al otro lado del bulevar Venezuela–, dando la sensación de estar en un lugar completamente protegido y distinto.
- *Descripción del terreno.* El terreno presenta varios niveles terraceados sobre los cuales se ubican los edificios. No hay quebradas que atraviesen el terreno, y su cercanía al río Acelhuate no es un problema.
- *Descripción de la cubierta.* El edificio seleccionado de entre los tres tipos disponibles es del único tipo que tiene una cubierta de losa densa habitable, cuya intención de uso es el de tendaderos de ropa para sus habitantes. Para diferenciar la propiedad de cada uno de los individuos, se han construido estructuras divisorias de tubo con maya ciclón, cada una de ellas cerrada por medio de una puerta con seguro. El piso es de ladrillo de barro y posee canales de concreto, que actualmente presentan presencia de vegetación espontánea, que varía desde musgos hasta pastos, enredaderas e incluso árboles pequeños en las grietas de las paredes.

Fotografías del proyecto.



Foto 19. Fachada principal de uno de los edificios del centro urbano.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 20. Centro Urbano Lourdes. Topografía del terreno.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 21. Vista de la entrada al centro urbano, se accede a él a través del bulevar Venezuela. El edificio que se ve al fondo en la fotografía es de la fase más reciente.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 22. Vista hacia el interior del centro urbano, siguiendo a la calle de acceso. Centro escolar a la izquierda, área de juegos al fondo.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 23. Vista de la calle de acceso al centro urbano, perspectiva desde el área de juegos.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 24. Estado actual del edificio. Nótase la grieta en el área en que la pared se una con la losa.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 25. Detalle de las grietas en las paredes.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 26. Vegetación espontánea dentro de los canales de drenaje de la azotea.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 27. Vista del área de tendedero sobre la azotea.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 28. Vista del área de tendedero sobre la azotea y la vegetación espontánea que allí ha crecido.
(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

Análisis estructural. Los edificios construidos por el IVU no pueden ser considerados para ser cubiertos por una capa vegetal por dos razones: los tendederos son propiedad de los inquilinos, por eso están divididos por medio de mallas y también por la edad y el estado de descuido que los edificios presentan. Bajo otras circunstancias, estos edificios resultarían ideales para colocar una cubierta ajardinada.

Sin embargo, para no desperdiciar el potencial de estos edificios, cuyo diseño se repite en varios centros urbanos de San Salvador, se ha considerado una propuesta que requiere de modificaciones mínimas en la azotea y a la vez puede proporcionar una barrera vegetal para los edificios alrededor y proporcionar al centro urbano un “filtro natural”.

Construcción de la solución propuesta. Para estos edificios se propone utilizar la estructura de tubo y malla ciclón que sirve para separar cada área de tender con un apoyo para plantas livianas de tipo enredadera, ya sea ornamentales, con flores o frutales (ver “Plantas recomendadas y su mantenimiento”), colocadas en una maceta o recipiente rectangular alargado con la profundidad necesaria para el tipo de planta que se vaya a sembrar.

Es necesario ver si la estructura de malla ciclón no está muy dañada, de lo contrario, sería recomendable reemplazarla para así minimizar el riesgo de que esta colapse debido al peso que puede ejercer la planta sobre una malla y estructura de tubos oxidada.

El sustrato recomendado para las macetas es siempre el que contiene tierra negra (20%), cascajo (50%) y hojarasca (30%), colocando al fondo del recipiente una capa de grava para facilitar el drenaje del exceso de agua.

Una de las consideraciones más importantes por tomar en cuenta es la posición del edificio con respecto al norte, para decidir bien en qué costado de la estructura de malla se colocarían los recipientes con las plantas, de manera tal que no se produzca una sombra excesiva que entorpezca la función del tendedero. Se recomienda colocar los recipientes en sentido perpendicular a los puntos de salida y puesta del sol, es decir en los costados norte y/o sur.

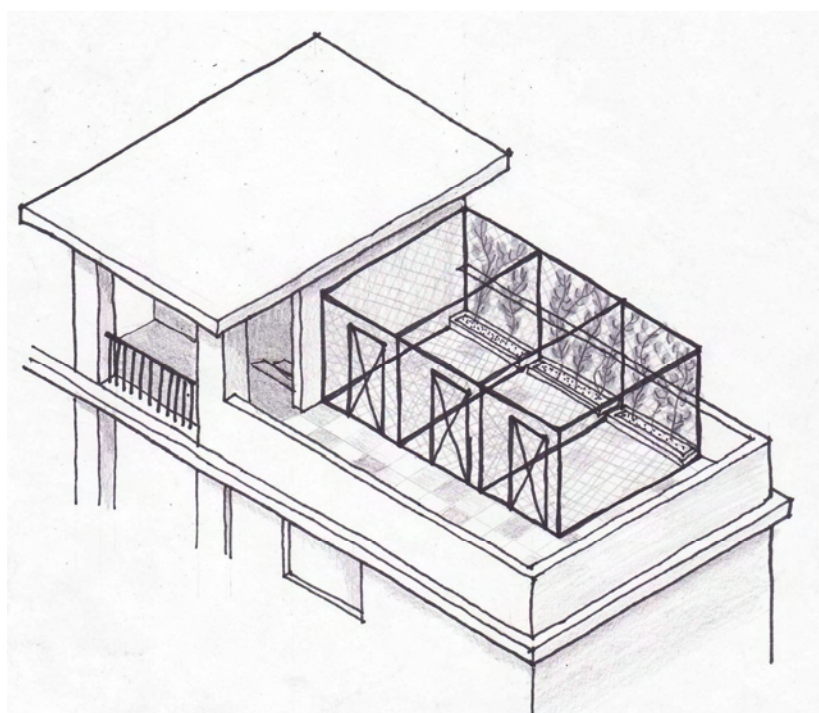


Ilustración 12. Propuesta de “pared verde” en el Centro Urbano Lourdes.

Objeto de estudio 3

Características generales del proyecto.

- *Nombre del proyecto:* Condado de Saavedra
- *Ubicación:* Diagonal Universitaria, barrio San José, San Salvador.



Ilustración 13. Esquema de ubicación del Condado de Saavedra.

(Fuente: elaboración propia sobre el plano del AMSS de Opamss.)

- *Número de Apartamentos:* 320, distribuidos en varios edificios de cuatro niveles cada uno.
- *Fecha de construcción:* 1989.
- *Áreas de influencia contaminante.* El complejo habitacional está ubicado cerca del bulevar y arenal Tutunichapa, por lo que los principales agentes contaminantes pueden ser principalmente el mal manejo de la basura, tanto del río como de los predios baldíos que lo rodean. Sin embargo, no debe obviarse que por su ubicación cercana al Centro de

Gobierno y Juzgados, también está ubicado en una zona de alto tráfico vehicular, aunque se encuentra un poco separado de estas áreas de gran actividad.

- *Descripción del terreno.* El terreno presenta una topografía inclinada, ubicado muy cerca del arenal de Tutunichapa, pero sin que este recorra el terreno.
- *Descripción del edificio.* La cubierta de este edificio es de lámina de fibrocemento, por lo que no puede ser considerado para una cubierta vegetal en azotea. Sin embargo, las paredes del edificio, hechas de bloque de concreto sin pintar presentan grandes superficies con un gran potencial para el crecimiento de plantas trepadoras, eliminando el aspecto gris, sombrío y descuidado que el complejo habitacional tiene actualmente.

Fotografías del proyecto



Foto 29. Vista de la entrada de la calle que conduce al condominio habitacional.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 30. Vista lateral de los edificios.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 31. Detalle de las paredes del condominio habitacional.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 32. Vista de la fachada principal de uno de los edificios que forma parte del complejo habitacional.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)



Foto 33. Vista lateral de los edificios que forman parte del complejo.

(Fuente: fotografía tomada por la autora.)

Análisis estructural. Como ya se mencionó anteriormente, la intención de propuesta es la de cubrir las paredes laterales de los edificios con plantas trepadoras, para lo cual no se necesita un análisis estructural.

Construcción de la solución propuesta. Basta con sembrar una planta de tipo trepadora (ver “Plantas recomendadas y su mantenimiento”) en la base de la pared que desea cubrirse. Las raíces no son profundas, pues se adhieren a la pared sobre la que crecen, y de preferencia la pared no debe de estar cubierta con pintura, así se asegura una mejor adherencia de la planta. Este tipo de planta necesita de poda constante, no solo para darle forma sino también para evitar

que las ramas maduren y se hagan leñosas, lo que implica raíces más profundas y un posible daño a la pared. Además, la poda favorece al crecimiento rápido de la planta.

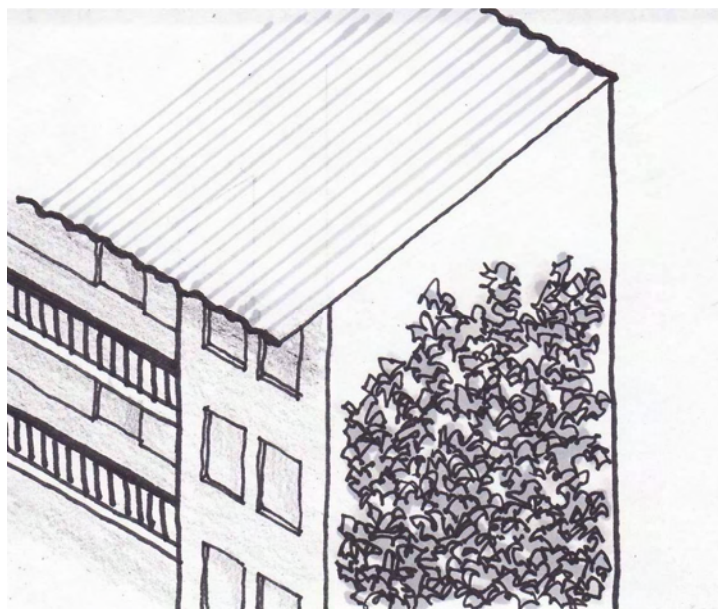


Ilustración 14. Propuesta de “pared verde” en Condado de Saavedra.

Otras posibles soluciones

Huertos caseros. Como ya se dijo anteriormente, los huertos caseros son una forma de agregar el componente de sostenibilidad a la solución techos ecológicos, pues pueden contribuir, aunque sea en un porcentaje pequeño a la alimentación de las personas que los cuidan, reduciendo los gastos, así como también, de acuerdo con su tamaño, pueden proporcionar una fuente de ingreso.

Es cada vez más obvio que las técnicas actuales de agricultura se hacen progresivamente menos sostenibles debido a que, por el desgaste del suelo, requieren de una cantidad de energía mayor para obtener una producción menor. Además, el uso de químicos y pesticidas contaminan las distintas fuentes de agua, impactando negativamente a las especies acuáticas y dependientes de los ríos y lagos afectados.

Las migraciones del campo a la ciudad –como se mencionó anteriormente– sigue siendo un fenómeno latente, y se dan, en parte, debido a que las nuevas técnicas de cultivo desplazan a las tradicionales, eliminando las fuentes de ingreso de los habitantes del área rural.

En el caso de los países en desarrollo, la agricultura urbana resulta ser una opción viable para suplir parte de las necesidades alimenticias de las familias a medida que los precios de la comida aumentan. Históricamente, esta práctica ha sido de gran ayuda en épocas de crisis –momentos en que, debido a la necesidad, surgen estrategias de supervivencia alternativas–, como en los casos de Dinamarca y Gran Bretaña durante la Segunda Guerra Mundial²⁵ o Argentina en su reciente crisis económica.²⁶ En Kenia, esta práctica es muy importante para la supervivencia de los pobres.²⁷

Las ciudades tienen un potencial importante para la agricultura de pequeña escala, dando como resultado un medio ambiente más productivo. Las condiciones urbanas favorecen la poca utilización de pesticidas, pues la ciudad de por sí ya es un hábitat agresivo para las plagas que usualmente atacan los cultivos.²⁸ Los desechos orgánicos domiciliarios y las hojas recogidas pueden funcionar como fertilizante para los cultivos, dándole así un uso a los elementos orgánicos que de otra manera terminarían siendo manejados por el servicio de recolección de basura, que aún presenta varios conflictos que impiden su manejo sostenible.

Para poder implantar la agricultura urbana no es necesario más que un espacio donde se pueda cultivar algún vegetal u hortaliza –especies locales–, tomando en cuenta la irrigación, abono y condiciones de asoleamiento y viento del lugar. Las plantas únicamente necesitan una base sobre la cual sostenerse y desde la cual puedan obtener los nutrientes necesarios para su crecimiento. El cultivo privado de alimentos no afecta de ninguna manera a los espacios públicos y presentan numerosos beneficios para la población, incluyendo una mayor productividad. Puede incluso representar un nuevo concepto estético con el uso de este tipo de plantas en elementos decorativos, como estructuras en jardines cubiertas con enredaderas tales como uvas, granadillas y güisquiles, proporcionando un área de sombra para el ocio o reuniones sociales. Otras alternativas de cultivo son las hidropónicas, cultivo en manga (bolsas de polipropileno) y recipientes tanto en el piso como en las paredes, considerando para ello hortalizas y vegetales con sistema radicular poco agresivo.

²⁵ Hough, Michael (1995). *Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, p. 209.

²⁶ Lic. Leonardo Fernández. Curso *Ecología Urbana*. ASIA. Octubre 2009.

²⁷ Hough, Michael. *Ibíd*, p. 230.

²⁸ Ing. Manuel Cortez. ENA.

Plantas recomendadas y su mantenimiento

Las plantas sugeridas se buscaron en viveros con base en su resistencia a la luz del sol y bajo mantenimiento, y los nombres fueron dados con base en la disponibilidad de cada vivero. Se recomienda sembrarlas al inicio de la época de invierno para favorecer su crecimiento. Podarlas es una práctica que fomentará su crecimiento, pues renueva la planta y sus funciones; y el en caso de las plantas con ramas leñosas, ayuda a hacerlas menos agresivas y a mantener su tamaño bajo control, como en el caso de la hiedra de pared y la veranera.

Los abonos recomendados son el Triple 15 con aplicaciones de una a dos veces por mes, lo mismo que con el abono azul para las plantas con flores, o puede utilizarse un abono orgánico que resultará menos peligroso que uno químico.

Algunas de las plantas requieren de fumigación debido a diversas plagas que pueden atacarlas, tanto en las hojas como en las raíces.

Los viveros recomiendan regar las plantas propuestas una vez al día, por lo que debe tenerse esa precaución para así asegurar su supervivencia y correcto desarrollo.

Estas recomendaciones de mantenimiento aplican para las plantas que se mencionan en el cuadro 3.

	Nombre común	Nombre científico
Enredaderas	Veranera	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy in A. DC.
	Miramelinda	<i>Pondranea ricasoliana</i> (Tanfari) Sprague in Dyer
	San José	<i>Allamanda cathartica</i> L.
	San José rosado	<i>Mandevilla sanderi</i>
	Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i> Sims.
	Granadilla	<i>Passiflora quadrangularis</i> L.
	Porcelana	<i>Thunbergia grandiflora</i> Roxb.
	Passiflora roja	<i>Passiflora racemosa</i>
Rastrera	Flor de las 11	<i>Portulaca grandiflora</i>
	Sultana	<i>Impatiens walleriana</i> Hook f. in Oliv.
	Listón	<i>Chlorophytum comosum</i>
	Maní rastrero	<i>Arachis pintoii</i>
Medicinales	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i> L.
	Orégano	<i>Lippia graveolens</i> Kunth in Humb.
	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i> L.
	Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>
	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.
	Yerba buena	<i>Mentha spicata</i> Crantz

Trepadoras

Hiedra de pared *Ficus pumila* L.

Cuadro No. 3. Plantas recomendadas para las alternativas de propuesta.
(Fuente: elaboración propia.)

Leyes y reglamentos relacionados

Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños

Creada por Decreto Legislativo No. 732 el 8 de diciembre de 1993 y reformada por Decreto Legislativo No. 855 de fecha 23 de abril de 2009. Se hizo en vista del desarrollo del área urbana del municipio de San Salvador y de sus municipios aledaños. Su objeto es el de regular el ordenamiento territorial y el desarrollo, tanto urbano como rural del área metropolitana de San Salvador, aprovechando los recursos de las zonas utilizando los distintos instrumentos de planeación. Esta ley faculta a los gobiernos locales o municipales a participar en coordinación con el Gobierno central y organismos especiales para agilizar el cumplimiento a lo establecido en ella, así como también la dotación de servicios, transporte y equipamiento social. Los organismos especiales que forman el marco institucional del AMSS son cuatro:

1. Coamss (Consejo de Alcaldes de Área Metropolitana de San Salvador). Está creado por los concejos municipales del AMSS y municipios aledaños. Este organismo ejerce las funciones en materia urbanística que los Consejos Municipales le encomienden.
2. Codemet (Consejo de Desarrollo Metropolitano). Se trata de un organismo eminentemente político.
3. Opamss (Oficina de Planificación de Área Metropolitana de San Salvador). Es un organismo técnico que actúa como Secretaría Ejecutiva del Concejo de Alcaldes.
4. Coplamss (Comité de Plantación del AMSS). Es un organismo técnico consultivo que asesora al Consejo de Desarrollo Metropolitano.

Aparte del establecimiento del marco institucional del AMSS, la ley contiene un marco técnico que define el Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial del AMSS, su esquema director y planes sectoriales y las normas técnicas para el manejo del medio ambiente. El control del desarrollo urbano y de las construcciones, por su parte, define reglas para la obtención de permisos de construcción y parcelación, inspección y recepción de obras; también señala las competencias y responsabilidades en lo relacionado con la ejecución de planes y proyectos.

Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños

Creada por Acuerdo Municipal No. 1 el 24 de enero de 1995 y reformada por Decreto Municipal No. 4 el 4 de diciembre de 2008, proporciona criterios básicos y normas de

construcción, modificación y protección para distintos tipos de edificios que se encuentran en el área metropolitana de San Salvador.

Ley de Urbanismo y Construcción

Fue creada por Decreto Legislativo No. 232 el 4 de junio de 1951, y su última reforma fue por Decreto Legislativo No. 708 del 13 de febrero de 1991. Regula al Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, que es la institución gubernamental encargada de formular y dirigir la Política Nacional de Vivienda y Desarrollo Urbano, la elaboración de planes nacionales y regionales y las disposiciones que deben seguir las urbanizaciones, parcelaciones y construcciones a escala nacional. Se creó con la intención de tomar parte en el proceso de ordenamiento territorial de las urbanizaciones y subsanar los errores que se habían cometido en el pasado para ayudar a satisfacer las necesidades que toda urbanización implica. Da también criterios de diseño y de porcentajes de áreas, así como de documentos por presentar para que los proyectos sean aprobados.

Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción en lo Relativo a Parcelaciones y Urbanizaciones Habitacionales

Creado por Decreto Ejecutivo No. 70 el 6 de diciembre de 1991, complementa a la Ley de Urbanismo y Construcción, proporcionando los lineamientos de diseño, especialmente en lo que se refiere a parcelaciones y urbanizaciones habitacionales.

Régimen de Ordenamiento para la Región Metropolitana de San Salvador

Dado por Decreto Ejecutivo No. 39 el 9 de agosto de 1988, se encuentra vigente aunque está obsoleta, pues no ha sido reformada siguiendo el crecimiento que ha experimentado el AMSS, ya que toma en consideración únicamente once de los catorce municipios que actualmente la constituyen. Sin embargo, en ella representa un intento de protección al medio ambiente, limitando el crecimiento del área metropolitana y estableciendo áreas de protección y conservación.

Ley de Áreas Naturales Protegidas

Se trata del Decreto Legislativo No. 579 del 8 de febrero de 2005, y su objeto es el de establecer el régimen de las áreas naturales protegidas a través de un manejo sostenible, declarando la protección de los recursos naturales y la diversidad e integridad del medio ambiente como una actitud de interés social, aceptándolo como competencia del Estado. Declara

que la institución encargada de velar por el cumplimiento de la ley es el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ley de Propiedad Inmobiliaria por Pisos y Apartamentos

Creada por Decreto de Ley No. 31 el 21 de febrero de 1961, reformada por última vez por Decreto Legislativo No. 31 el 22 de agosto de 1974. Se creó con la intención de fomentar la construcción de viviendas por parte del Estado –a través del Instituto de Vivienda Urbana– y de las instituciones privadas. Establece las áreas comunes y las privadas en este tipo de construcciones y su administración, derechos y obligaciones de los propietarios y su conservación y mantenimiento.

Conclusiones y recomendaciones

Como las plantas evaporan el agua a través del proceso de transpiración, que es parte del proceso de fotosíntesis, son muy efectivas para controlar y regular la temperatura del ambiente. Estudios²⁹ han determinado que un solo árbol grande puede transpirar en un día el equivalente mecánico de cinco aires acondicionados funcionando 19 horas diarias, y a diferencia de los aires acondicionados –que únicamente expulsan el calor del interior hacia el exterior y emplean energía eléctrica–, en términos energéticos los árboles son más efectivos para regular el clima de las ciudades, pues no producen productos de desecho indeseables y su funcionamiento mejora a lo largo de la vida del árbol.

Los árboles también actúan como “esponjas”, absorbiendo el dióxido de carbono, lo que contribuye a reducir la contaminación ambiental y mejorar la salud de los seres humanos y fauna que habita en las ciudades, permitiendo un balance ecológico entre ellos.

Sin embargo, la implantación de techos ecológicos o cubiertas ajardinadas en la ciudad de San Salvador (como en muchos otros casos) tiene ciertos limitantes, porque representan un peso adicional para las estructuras, especialmente en los edificios antiguos. Otro problema resulta ser el mantenimiento por el difícil acceso a las cubiertas, lo que incluye la irrigación y la fertilización de las plantas que estarían ubicadas allí, así como el drenaje y la impermeabilización. Las condiciones climáticas existentes, como asoleamiento, condiciones de lluvia y vientos, deben ser tomadas en cuenta en el diseño de esta solución, ya que de ellas depende el adecuado desarrollo de las plantas.

Uno de los principales problemas encontrados durante la presente investigación es la identificación de superficies adecuadas para colocar los techos ecológicos. En muchos casos, es necesario contar con una cubierta plana de losa,³⁰ técnica constructiva muy poco utilizada en el país debido a que representa, especialmente en los edificios habitacionales, un incremento en el costo por los tratamientos de drenaje, impermeabilización y elementos estructurales más resistentes debido a su peso.³¹ Otra posible solución –techo de lámina impermeabilizado y reforzado– implicaría un cambio mayor en los materiales y estructura de techo de los edificios habitacionales, lo que resulta en una molestia para las personas que habitan en los pisos

²⁹ Hough, 1998; p. 258.

³⁰ Recomendación del Ing. Rolando Linares.

³¹ Arq. José Ricardo Nuila

superiores, pues tendrían que desocupar sus viviendas durante el proceso e incrementaría los costos.

El refuerzo exterior de los elementos verticales de los edificios para poder soportar el peso de los techos ecológicos también representa un alto costo e incomodidad para los habitantes.

Es por ello que esta solución debería de ser contemplada, idealmente, desde las etapas iniciales de diseño de los edificios, pues haría más fácil la resolución de los problemas mencionados anteriormente en el contexto estudiado. Si se asegura el acceso fácil a la cubierta y el mantenimiento de la cobertura vegetal está contemplado en las condiciones para habitar el edificio –ya sea en forma de un aporte económico para el personal de mantenimiento del edificio o un acuerdo entre los inquilinos, según sea el caso–, es más fácil asegurar su supervivencia y aspecto estético, donde podría utilizarse como un espacio habitable, un área más en el edificio donde podría tenerse un verdadero alivio del ambiente urbano, que permita el esparcimiento y la socialización.

Por razones de control de clima y medio ambiente, es necesario no obviar las plantas que crecen de manera natural en los techos, siempre y cuando esto no represente un peligro para la estructura del edificio y sus habitantes. Pueden observarse casos en que se encuentran comunidades de plantas como musgos y hierbas en los tejados, especialmente en los de teja y concreto, que han logrado adaptarse a este nuevo ambiente y sobrevivir debido a que son lugares poco accesibles para el ser humano; generalmente requieren de muy poco o nulo mantenimiento y son capaces de sobrevivir a las más severas condiciones climáticas y ambientales.

Por otro lado, las plantas, como seres vivos que son, y aún con todos sus beneficios –permiten el asentamiento del polvo suspendido en el aire, permitiendo la posterior dilución de los contaminantes del aire–, son también seres vulnerables a los excesos de contaminantes. Este daño que las plantas pueden sufrir depende de factores como la edad de la planta, su estado nutritivo, la humedad, su tolerancia natural a los contaminantes, entre otros.

Obviamente, un único techo ecológico no es la solución para la contaminación de toda una ciudad, pero es un paso que contribuye a la restauración de la flora urbana. Varios techos ecológicos, distribuidos uniformemente por toda la ciudad, son una mayor contribución al medio ambiente que una gran concentración de plantas en pocos lugares.

Viendo los techos ecológicos como un alivio ante los desastres naturales como las inundaciones, a las que la ciudad es tan propensa, y tomando en cuenta lo que se determinó en esta investigación de que las cubiertas de losa no son tan comunes, especialmente en el centro de San Salvador, basta con hacer un análisis de la situación: el centro de la ciudad tiende a inundarse debido al aumento de nivel de ríos que se alimentan de afluentes de la parte alta de la ciudad. Como el desarrollo urbano de la parte alta de la ciudad está en pleno auge, pronto se verán las consecuencias de la impermeabilización de esa zona, y las áreas más dañadas serán las más vulnerables. Si los techos ecológicos se tomaran en cuenta desde la concepción del diseño y se implantaran en los nuevos desarrollos habitacionales en altura que están cobrando popularidad en las cercanías del volcán de San Salvador (colonias Escalón, San Benito, etc.) –además de otras actitudes ecológicas–, podría reducirse la presión que estas nuevas construcciones ejercerán sobre el sistema de aguas lluvias de la ciudad, reduciendo el riesgo de inundaciones.

En la parte baja de la ciudad, donde la contaminación del aire es un hecho debido al tráfico vehicular excesivo y la temperatura aumenta por el efecto de la isla de calor, la cobertura vegetal sobre las superficies verticales podría ser más bien la mejor solución, pues no ejerce mucha presión sobre el sistema estructural de los edificios como los techos ecológicos, aunque ambas soluciones tienen los mismos beneficios.

Referencias

- Acuaristas del Perú (2008). *El sustrato nutritivo*. (Consultado 21 de julio de 2009).
 Disponible en: <http://www.acuaristasperu.com/forum/index.php?topic=129>).
- Asamblea Legislativa de la República de El Salvador (2005). *Ley de áreas naturales protegidas*. San Salvador, El Salvador: D.O. 32, Tomo 366, No. 32.
- Asociación de Proyectos Comunales de El Salvador (Procomes) (2009). *Acciones institucionales en el marco del apoyo a la emergencia nacional que vive El Salvador*. Boletín informativo No.3. San Salvador, El Salvador. (Consultado 14 de noviembre de 2009. Disponible en:
http://www.procomes.org/content_images/2009/11/boletininformativoNo3web.pdf).
- Azoteas verdes (2007). *Manual de azoteas verdes*. (Consultado 21 de abril de 2009).
 Disponible en: <http://www.azoteasverdes.org/sistema/content/view/13/28/>).
- Boston College (s/f). *Le Corbusier-Villa Savoye*. (Consultado 7 de septiembre de 2009).
 Disponible en: http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/Corbu.html).
- Cañas Dinarte, Carlos (25 de enero de 2009). *El Salvador: crónica de una tierra danzarina*. San Salvador, El Salvador: *El Diario de Hoy*. (Consultado 26 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.elsalvadorhistorico.org/antropologia-e-historia/79-cronologia-de-una-tierra-danzarina.html>).
- Concejo Municipal de Santa Tecla (2007). *Ordenanza reguladora del uso del suelo en el municipio de Santa Tecla, departamento de La Libertad*. Santa Tecla, La Libertad, El Salvador: D.O. 15, Tomo 374, No. 4.
- Concejo de alcaldes del área metropolitana de San Salvador (2009). *Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños*. San Salvador, El Salvador: D.O. 13, Tomo 382, No. 1.
- Consortio I.T.S., SPEA y CT (1997). *Diagnóstico Ambiental. Plamadur-Amssa*. San Salvador, El Salvador: Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.
- Consortio I.T.S., SPEA y CT (1997). *Marco Socioeconómico. Plamadur-Amssa*. San Salvador, El Salvador: Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.

- Consorcio I.T.S., SPEA y CT (1997). *Relato sociológico. Plamadur-Amssa*. San Salvador, El Salvador: Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.
- Cooperative Housing Foundation (CFH) (1998). *Estudio de desarrollo físico y social de la vivienda en condominio en el AMSS*. San Salvador, El Salvador.
- El Hispano News (2007). *Techos ecológicos, la naturaleza en las alturas*. (Consultado 19 de abril de 2009. Disponible en:
<http://www.elhispanonews.com/news.php?nid=3314>).
- Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (Fundasal) (2005). *Carta Urbana No. 126: Inundaciones: un fenómeno recurrente en la ciudad de San Salvador*. Ciudad Delgado, San Salvador, El Salvador.
- Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (Fundasal)-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Eds. (2009). *Escenarios de vida desde la exclusión urbana. Una mirada al hábitat popular de 32 ciudades de El Salvador*. San Salvador, El Salvador.
- Galinsky (2006). *Central Library of Delft University of Technology by Mecanoo*. (Consultado 7 de septiembre de 2009. Disponible en:
<http://www.galinsky.com/buildings/delftuniversitylibrary/index.htm>).
- Hernández, Walter (s/f). *Mecanismo de rotura de taludes en ignimbritas de tierra blanca joven, Caldera de Ilopango, El Salvador*. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (Consultado 28 de octubre de 2009. Disponible en:
<http://www.snet.gob.sv/Documentos/Taludes.pdf>).
- Hough, Michael (1995). *Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.
- Infojardín (2006). *Azoteas verdes, jardines en las alturas*. (Consultado 19 de abril de 2009. Disponible en:
<http://foroantiguo.infojardin.com/showthread.php?t=186304>).
- Kortright , Robin (2001). *Evaluating de Potential of Green Roof Agriculture*. (Consultado: 18 de mayo de 2009. Disponible en:
<http://www.cityfarmer.org/greenpotential.html>).

- Krystek, Lee (1998). *The Hanging Gardens of Babylon*. (Consultado: 1 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.unmuseum.org/hangg.htm>)
- La Prensa Gráfica* (8 de noviembre 2009). *Protección Civil reporta 91 fallecidos por lluvias en El Salvador*. San Salvador, El Salvador. (Consultado 9 de noviembre de 2009. Disponible en: <http://www.laprensagrafica.com/el-salvador/social/71549--mas-de-42-fallecidos-por-lluvias-en-el-salvador.html>).
- La Prensa Gráfica* (8 de noviembre 2009). *Unos cinco mil evacuados en el país por lluvias*. San Salvador, El Salvador. (Consultado 9 de noviembre de 2009. Disponible en: <http://www.laprensagrafica.com/el-salvador/lodeldia/71568--unos-cinco-mil-evacuados-en-el-pais-por-lluvias-.html>).
- Lardé y Larín, Jorge (2000). *El Salvador: historia de sus pueblos, villas y ciudades*. San Salvador, El Salvador. 2ª. edición. Dirección de Publicaciones e Impresos.
- Lardé y Larín, Jorge (2000). *El Salvador, inundaciones e incendios, erupciones y terremotos*. San Salvador, El Salvador. 2ª. edición. Dirección de Publicaciones e Impresos.
- López Bernal, Carlos Gregorio (s/f). *La meteorología en El Salvador (1586-1919). De la curiosidad y la pasión científica a la indiferencia*. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (Consultado 24 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Documentos/MeteorologiaElSalvador.pdf>).
- López Ramos, Ana Deisy (s/f). *Gestión de riesgos urbanos. Inundaciones urbanas en El Salvador*. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (Consultado 13 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Publicaciones/InundacionesUrbanas.PDF>).
- Manuel, Freddy (2008). *Los techos verdes*. (Consultado 19 de abril de 2009. Disponible en: <http://intececológico.com/2008/08/31/los-techos-verdes/>).
- Martínez, Andrés (2005). *Habitar la cubierta*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.
- Ministerio de Economía, Centro Nacional de Registros, Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán” (2000). *Atlas de El Salvador*. San Salvador, El Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000). *Mapas de aspectos biofísicos*. Colección de CD Medio Ambiente 2000. CD2: Sistema de Información

- Ambiental. San Salvador, El Salvador. (Consultado 17 de octubre de 2006. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/CD2/SeccionSIG/EntornoSIG.htm>).
- Nikken Sekkei Ltd. (2006). *Osaka Municipal Central Gymnasium*. (Consultado 9 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.nikken.co.jp/en/projects/index.php?JOBNO=0910127&SEL=LOC&LOC=24000>).
- OPS (2002). *Crónicas de desastres-Terremotos en El Salvador, 2001*. (Consultado 28 de octubre de 2009. Disponible en: http://www.helid.desastres.net/?e=d-0who--000--1-0--010---4-----0--0-10l--11en-5000---50-about-0---01131-001-DXDHQ*Wiba204a73000000004afb630f-0-0-0&a=d&c=who&cl=CL2.3.1&d=Js2917s).
- Rocca, Augusto (s/f). *Las siete maravillas*. (Consultado: 1 de septiembre de 2009. Disponible en: http://www.templodesalomon.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=211).
- Romano, Luis Ernesto (Compilador) (1997). *Catálogo de desastres, accidentes y ecología (1915-1990)*. Centro de Protección para Desastres (Ceprode). (Consultado 16 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.ceprode.org.sv/documentos/Catalogo/catalogodesastres%20seccionA.pdf>, <http://www.ceprode.org.sv/documentos/Catalogo/catalogodesastres%20seccionB.pdf>, <http://www.ceprode.org.sv/documentos/Catalogo/catalogodesastres%20seccionC.pdf> y <http://www.ceprode.org.sv/documentos/Catalogo/catalogodesastres%20seccionD.pdf>).
- Romero, Hernán (2002). *Notas acerca de redes de drenaje de aguas negras y aguas lluvias*. San Salvador, El Salvador: Opamss. Consultado 30 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc14118/doc14118.htm>).
- Rubio Martínez, Julio R. (s/f). *Levantamiento de deslizamientos de tierra en el volcán de San Salvador. Apoyo al proyecto de mitigación de los efectos multiamenazas en zonas de riesgo del volcán de San Salvador*. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (Consultado 30 de octubre de 2009. Disponible en:

<http://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Documentos/levantamiento-deslizamientos-vss/informe%20final.pdf>).

Scandinavian Green Roof. Augustenborgs Botanical Roof Garden (s/f). *What is a green roof?* (Consultado 19 de abril de 2009. Disponible en:

<http://www.greenroof.se/?pid=19>).

Serra, Rafael (2002). *Arquitectura y climas*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.

Servicio Geológico Nacional (s/f). *Generalidades acerca de los deslizamientos de tierra*.

(Consultado 26 de octubre de 2009. Disponible en:

<http://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-generalidades.htm>).

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (s/f). *Archivo de Informes Especiales*.

(Consultado 15 de octubre de 2009. Disponible en:

<http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/informes+especiales/archivo/>)

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (s/f). *Cronología de sismos destructivos en El Salvador*. (Consultado 29 de octubre de 2009. Disponible en:

<http://www.snet.gob.sv/Geologia/Sismologia/1crono.htm>).

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (s/f). *Inventario de deslizamientos de tierra*.

(Consultado 28 de octubre de 2009. Disponible en:

<http://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Inventario/3-inventario.htm>).

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2005). *Informe de los deslizamientos de tierra generados por el huracán Adrián, El Salvador*. (Consultado 13 de octubre de 2005. Disponible en:

<http://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Deslizamientos-Adrian.pdf>).

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2005). *Evaluación de las condiciones hídricas estación lluviosa 2005*. (Consultado 15 de octubre de 2009. Disponible

en: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/ell2005.pdf>).

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2006). *Evaluación de las condiciones hídricas estación lluviosa 2006*. (Consultado 15 de octubre de 2009. Disponible

en: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/semestral2-2006.swf>).

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2009). *Informe técnico sobre el deslizamiento en la parte alta de El Picacho, volcán de San Salvador y acciones*

- para la instalación sistema de alerta temprana.* (Consultado 1 de noviembre de 2009. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Geologia/DeslavePicacho.swf>).
- Soares de Melo, Renato Amorim (2008). *Utilización de cubiertas transitables. Estudio de caso: las azoteas de Barcelona.* (Consultado 31 de agosto de 2009. Disponible en: http://issuu.com/renatoasmelo/docs/utilizaci_n_de_cubiertas_transitables).
- Wikipedia (s/f). *Betún.* (Consultado 20 de julio de 2009. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bet%C3%BAn>).
- Wikipedia (s/f). *Green Roof.* (Consultado 19 de abril de 2009. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof).
- Wikipedia (s/f). *Hanging Gardens of Babylon.* (Consultado 27 de agosto de 2009. Disponible en http://en.wikipedia.org/wiki/Hanging_Gardens_of_Babylon).
- Wikipedia (s/f). *Le Corbusier.* (Consultado 18 de mayo de 2009. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Le_Corbusier).
- Wikipedia (s/f). *Plantas suculentas.* (Consultado 21 de julio de 2009. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Planta_suculenta).
- Woodward, S. (1996). *Holdridge's Life Zones.* (Consultado 5 de agosto de 2009. Disponible en: <http://www.runet.edu/~swoodwar/CLASSES/GEOG235/lifezone/holdrdge.html>).

ANEXOS