



## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** y a la **Mater**

A mis **padres**

A mi hermana **Cecilia**

A mi compañera y amiga **Nicole**

A mis colegas **Ramiro, Roque, Yomaly, Mónica**

A mis **amigos y compañeros**

que me acompañaron en todo este proceso.

- **Rocío Ortiz** -

A **Dios**

A mi **familia**

A mis **amigos**

A **BORZ** y sus fundadores

Al **Escultismo y al Clan VGD**, quienes me ayudaron a crecer como persona

A **Rocío Ortiz**, mi compañera de carrera

A mis **maestros**

A todos aquellos quienes me apoyaron en esta etapa de mi vida.

- **Natalia Romero** -



## DEDICATORIA

A mis padres,  
por apoyar siempre mis sueños y metas

**- Rocío Ortiz -**

*A Talita*  
A su ciudad de infancia

**- Natalia Romero –**



## ABSTRACT

El agua pluvial es un recurso valioso y de mucho potencial que no está siendo aprovechado correctamente. En la actualidad es cada vez más evidente que el agua se encuentra comprometida, por lo que ésta investigación propone sistemas que puedan abastecer a las viviendas de este recurso de manera inteligente.

El barrio conocido como Tarumá, de la ciudad de Capiatá, es víctima del crecimiento urbano no planificado, la deforestación y de la falta de infraestructura. En él, proponemos sistemas de abastecimiento de agua pluvial para usos no potables en viviendas unifamiliares para optimizar el uso del agua. El primer sistema es el EKOMURO, cuya materia prima son las botellas PET recicladas, utilizadas como depósitos verticales de almacenamiento de agua de lluvia proveniente del techo, y el segundo sistema de apoyo son los reservorios exteriores. Los sistemas propuestos son bastante flexibles y dinámicos, pueden ser construidos por los propietarios o de manera comunitaria. Son de fácil ejecución y pueden adaptarse a las diferentes circunstancias de cada usuario.

Con ellos buscamos principalmente generar conciencia en cuanto al uso responsable del agua y así buscar medidas para evitar la sobreexplotación del Acuífero Patiño.

**Palabras clave:** Agua, captación, almacenamiento, pluvial, acuífero, sistema, viviendas.



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	2
DEDICATORIA .....	3
ABSTRACT .....	4
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
CAPÍTULO 1: MARCO INTRODUCTORIO .....	9
1.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.3 OBJETIVOS: .....	12
-Objetivo General:.....	12
-Objetivos Específicos:.....	12
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	13
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	16
2.1 MARCO CONCEPTUAL .....	17
2.1.1 Conceptos clave: .....	17
2.2 MARCO REFERENCIAL.....	39
2.2.1 Estado del arte del municipio.....	39
2.2.2 Antecedentes .....	44
2.2.3 El Acuífero Patiño .....	48
2.2.4 Inundaciones en Paraguay .....	54
2.2.5 Promedio de lluvias en el sector de estudio .....	57
2.2.6 Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).....	61
2.2.7 ¿Cuáles son las fuentes de obtención de agua? .....	74
2.2.8 Consumo de agua en Paraguay .....	83
2.2.9 Aprovechamiento del agua de lluvia.....	86
2.2.10 Sistemas de captación de agua de lluvia existentes en el mercado .....	96
2.2.11 CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS .....	107
2.3 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL .....	108
2.3.1 Ley Suprema De La República: La Constitución Nacional.....	108
2.3.2 Normativa de la Nación.....	109



2.3.3 Entidades Competentes .....	113
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....	118
3.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	119
3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	119
3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	120
CAPÍTULO 4: MARCO OPERATIVO .....	122
4.1 MAPA SITUACIONAL.....	123
4.2 SÍNTESIS DE ENTREVISTAS.....	124
4.2.1 Entrevistas a Profesionales y Encargados del Área .....	124
4.2.2 Entrevista a pobladores del barrio .....	127
4.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL. VIVIENDA CASO DE ESTUDIO .....	128
4.3.1 TERRENO .....	128
4.3.3 CONSTRUCCIÓN EXISTENTE .....	132
4.3.4 CASO DE ESTUDIO .....	133
4.4 SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PROPUESTO .....	135
4.4.1 EKOMURO .....	135
4.4.2 RESERVORIO EXTERIOR .....	153
4.4.3 ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO .....	156
4.4.4 CÁLCULO DE CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS.....	161
4.4.5 ANÁLISIS DE COSTOS: SISTEMA EKOMURO .....	164
4.4.6 SÍNTESIS DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS.....	166
4.5 APLICABILIDAD DE LA PROPUESTA.....	167
4.6 CONCLUSIÓN .....	168
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	169
ANEXOS .....	172



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fuente Aquabook .....	21
Figura 2. Fuente USGS .....	23
Figura 3. Fuente: Ciudad + agua .....	24
Figura 4. Fuente: Ciudad + Agua .....	31
Figura 5. Fuente: Sitio web Municipalidad de Capiatá .....	41
Figura 6. Fuente: topographic-map.com .....	42
Figura 7. Fuente: Sitio web Municipalidad de Capiatá .....	43
Figura 8. Fuente: google earth .....	45
Figura 9. Fuente: digitalmisiones.com.py .....	49
Figura 10. Fuente: Ciudad + Agua .....	50
Figura 11. Fuente: Ciudad + Agua .....	53
Figura 12. Fuente: Weather Spark .....	57
Figura 13. Fuente: Weather Spark .....	58
Figura 14. Fuente susdrain.org .....	69
Figura 15. Fuente Ágora diario .....	75
Figura 16. Fuente: López, D. (2019) Reutilización de aguas grises y de lluvia .....	85
Figura 17. Fuente: elaboración propia .....	85
Figura 18. Fuente: GRAF Ibérica .....	86
Figura 19. Fuente: Laureano, Prieto .....	87
Figura 20. Fuente: arquitectos.com .....	93
Figura 21. Fuente: Equipo de arquitectura .....	94
Figura 22. Fuente: Tecnotri .....	96
Figura 23. Fuente: isla urbana .....	97
Figura 24. Fuente: isla urbana .....	98
Figura 25. Fuente: Lluve Lluvia .....	99
Figura 26. Fuente: ecoinventos .....	100
Figura 27. Fuente: ecoinventos .....	101
Figura 28. Fuente: GRAF Ibérica .....	102
Figura 29. Fuente: GRAF Ibérica .....	103
Figura 30. Fuente: GRAF Ibérica .....	103
Figura 31. Fuente: GRAF Ibérica .....	104
Figura 32. Fuente: GRAF Ibérica .....	105
Figura 33. Fuente: GRAF Ibérica .....	106
Figura 34. Fuente: GRAF Ibérica .....	106
Figura 35. Elaboración propia .....	107
Figura 36. Fuente: Municipalidad de Capiatá .....	108
Figura 37. Fuente: google maps .....	128
Figura 38. Fuente: google maps .....	131
Figura 39. Elaboración propia .....	133
Figura 40. Elaboración propia .....	133
Figura 41. Elaboración propia .....	136
Figura 42. Elaboración propia .....	137



Figura 43. Elaboración propia .....	138
Figura 44. Elaboración propia .....	138
Figura 45. Elaboración propia .....	139
Figura 46. Elaboración propia .....	140
Figura 47. Elaboración propia .....	140
Figura 48. Elaboración propia .....	141
Figura 49. Elaboración propia .....	142
Figura 50. Fuente: ekomuroh2o.wixsite.com .....	142
Figura 51. Elaboración propia .....	143
Figura 52. Elaboración propia .....	144
Figura 53. Elaboración propia .....	146
Figura 54. Elaboración propia .....	147
Figura 55. Elaboración propia .....	148
Figura 56. Elaboración propia .....	149
Figura 57. Elaboración propia .....	149
Figura 58. Elaboración propia .....	152
Figura 59. Elaboración propia .....	153
Figura 60. Elaboración propia .....	154
Figura 61. Elaboración propia .....	155
Figura 62. Elaboración propia .....	155
Figura 63. Fuente: Weather Spark .....	156
Figura 64. Elaboración propia .....	161
Figura 65. Elaboración propia .....	163



---

## **CAPÍTULO 1: MARCO INTRODUCTORIO**

- Introducción
- Preguntas de investigación
- Objetivo de la tesis
- Justificación
- Planteamiento del problema



## 1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento de la naturaleza que integra los ecosistemas naturales y es fundamental para el sostenimiento y la supervivencia de la vida en todo el planeta. La importancia del agua para el ser humano es evidente, tanto que el porcentaje de agua en nuestro cuerpo casi llega a las dos terceras partes. Se evidencia también en las actividades que realiza el ser humano, como en la agricultura, la industria, para uso doméstico, etc.

Paraguay es un país que contiene valiosos recursos naturales. Estas riquezas naturales son producto de cientos de millones de años de evolución. Los seres humanos a nivel global de una u otra manera hemos alterado los patrones de los ecosistemas, como así también sus procesos y su biodiversidad.

Nuestro país tiene el mayor potencial hídrico en la región, con disponibilidad de agua per cápita anual, con una cifra de 67.000 m<sup>3</sup> por habitante. Esta cifra es posible debido a que se cuenta con aguas subterráneas, superficiales y atmosféricas, pero la distribución de estos tipos de agua no es homogénea en todo el país.

En lo que se refiere a aguas superficiales, Paraguay posee una red hidrográfica significativa dentro de la gran cuenca del río de la Plata. Si bien la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales es grande, la distribución espacial no es equilibrada.<sup>1</sup>

El agua es un recurso indispensable para la vida del ser humano, por lo que siempre buscó abastecerse de ella de diversas maneras.

Hoy en día, debido al continuo y acelerado crecimiento de la población y la expansión de los entornos urbanos, existe un precario e insuficiente nivel de abastecimiento de agua, debido

---

<sup>1</sup> ESSAP. Recuperado de: [www.essap.com.py](http://www.essap.com.py)



a diversos conflictos que generan dichos procesos de urbanización y la inadecuada preparación del entorno en el cual va desarrollándose la vida diaria, generando una ciudad poco eficiente.

El agua pluvial es un valioso recurso que podría ser aprovechado para obtener beneficios tanto ambientales como económicos. Su práctica es factible, si se tiene en cuenta la gran demanda del recurso, y los costos del consumo de agua por habitante, por lo que un sistema eficiente ayudará a reducir ciertas variables con el fin de favorecer la vida práctica y la economía de las personas, además de mitigar las consecuencias del impacto ambiental.

Investigando y analizando las necesidades de servicios de agua e infraestructuras para el buen funcionamiento de los sistemas pluviales, determinamos que en el barrio Tarumá de la ciudad de Capiatá, vemos que es viable la implementación de un sistema eficiente de captación de agua pluvial, aplicable a las viviendas unifamiliares del barrio, reduciendo así, las situaciones desfavorables a nivel social y de infraestructura.



## 1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cómo se puede aprovechar el agua pluvial en las viviendas del sector de estudio?
- ¿Cuáles son los sistemas aplicables a las viviendas del barrio, teniendo en cuenta su situación ambiental y socio-económica?
- ¿Cuáles son los usos posibles del agua recolectada?

## 1.3 OBJETIVOS:

### -Objetivo General:

- Plantear un sistema eficiente de captación de agua pluvial, aplicable a las viviendas unifamiliares del Barrio Tarumá, Capiatá.

### -Objetivos Específicos:

- Identificar sistemas de captación de agua pluvial existentes en el mundo
- Analizar los sistemas identificados en base a criterios de aplicación al sector analizado
- Aplicar criterios de diseño al sistema de captación y utilización de agua de lluvia en viviendas unifamiliares del sector de estudio



## 1.4 JUSTIFICACIÓN

La investigación ayudará a encontrar sistemas alternativos a los convencionales para el suministro de agua en sectores donde el abastecimiento no es eficiente o constante, y donde, además, proviene de fuentes subterráneas como los acuíferos, amenazando con dañarlo de forma permanente debido a la sobreexplotación. Esta es una realidad en muchas ciudades de nuestro país, no solo en el sector de estudio.

Con los cambios climáticos que estamos viviendo resulta indispensable utilizar todos los medios posibles para crear conciencia ambiental en la población, con sistemas de captación de agua pluvial estaríamos no solo favoreciendo este aspecto sino también se obtendrían beneficios económicos; disminuyendo el gasto mensual de cada familia, beneficios ambientales; minimizando el impacto generado en las fuentes superficiales y subterráneas por la sobre explotación de los recursos hídricos; beneficios a nivel urbano, al detener y retener el escurrimiento pluvial, se evita que se saturen los drenajes y que aumente el flujo de agua en zonas urbanas, mitigando el efecto de inundaciones.

La captación de agua pluvial posibilita el almacenaje de dicho recurso para diferentes usos no potables como limpieza, sistemas sanitarios, regadío y recarga de reservas subterráneas. El agua se trata a menudo como si fuera un suministro sin fin, utilizado por las personas de una manera no sustentable, poniendo en peligro dicho recurso. Los suministros de agua de la tierra son cada vez menores, y están siendo perjudicados por la contaminación incontrolada.

El sector de estudio se encuentra en la zona de influencia del Acuífero Patiño, el cual está siendo sistemáticamente contaminado y sobreexplotado. A fin de minimizar los daños que se está ocasionando actualmente, tanto por contaminación, como por sobreexplotación, es sumamente necesario trabajar todas iniciativas, desde la perspectiva de la gestión ambiental, con un énfasis principalmente en el uso eficiente y racional del agua.



## 1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de estudio presenta varias problemáticas, como la falta de infraestructura y servicios básicos; no cuenta con alcantarillado sanitario y el abastecimiento de agua se da a través de aguaterías privadas, quienes a su vez obtienen el agua para ofrecer el servicio de fuentes subterráneas, en este caso, el Acuífero Patiño, que, como ya se mencionó, se encuentra actualmente sobreexplotado y contaminado.

Los pobladores manifestaron que el servicio de abastecimiento de dichas aguaterías no es continuo ni eficiente, no es regular en la presión de salida del agua ni los costos mensuales, ya que estos no coinciden con el consumo estimado.

También presenta constantemente grandes raudales e inundaciones debido a las repentinas e intensas lluvias que reciben en la zona, esto se intensifica por la tala indiscriminada de árboles, producto de los procesos de urbanización y la falta de pavimentación adecuada en las calles, permitiendo que la lluvia cause estragos especialmente en aquellas vías de tierra.

Luego de analizar las características del sector y sintetizar toda la información, vemos que existe un recurso hídrico que no está siendo aprovechado, sino todo lo opuesto, genera problemas por la falta de infraestructura en la zona; con lo que determinamos que apuntando a utilizar el agua de lluvia en la vivienda no sólo se atiende el problema de la falta de abastecimiento continuo y eficiente, sino que también, al captar y almacenar este recurso, el volumen de agua que va a parar a la calle se reduce, contribuyendo así a mitigar la escorrentía de agua y las consecuencias negativas que trae consigo.

Para la construcción de este sistema de captación de agua de lluvia debemos tener en cuenta el factor económico, ya que en el barrio estudiado la mayor parte de las familias son de clase media-baja, por lo que apuntamos a un sistema de auto construcción en el cual cada familia pueda llevar a la práctica la implementación de este sistema de forma independiente, ante la



ausencia de iniciativas por parte del gobierno, y de este modo, tener un impacto mayor en los niveles de reducción de escorrentía y frenar la explotación del acuífero Patiño.

Esta investigación busca aprovechar este recurso abundante con todo el potencial que posee, y que podría ofrecer muchos beneficios al barrio, no solo a nivel monetario reduciendo el gasto mensual de las familias en abastecimiento de agua sino también a nivel ambiental.



---

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

- Marco conceptual
- Marco referencial
- Marco legal e institucional



## 2.1 MARCO CONCEPTUAL

### 2.1.1 Conceptos clave:

#### -Agua, estados, clasificación.

- AGUA: Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos. <sup>2</sup>

Existen diferentes tipos de agua en función de sus características químicas, físicas o biológicas. Los principales tipos de agua son:

- AGUA POTABLE: Agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.
- AGUA SALADA: Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/l).
- AGUA SALOBRE: Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina. La concentración del total de sales disueltas está generalmente comprendida entre 1000 - 10 000 mg/l. Este tipo de agua no está contenida entre las categorías de agua salada y agua dulce.
- AGUA DULCE: Agua natural con una baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.
- AGUA DURA: Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve malamente en las aguas duras.

---

<sup>2</sup> RAE (2019) *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/agua>



- AGUA BLANDA: Agua sin dureza significativa, tienen un bajo contenido de minerales y por lo tanto no causan calcificaciones en las tuberías.
- AGUAS NEGRAS: Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.
- AGUAS GRISES: Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.
- AGUAS RESIDUALES: son efluentes domésticos o industriales residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.
- AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES: Residuos líquidos, originados por una comunidad, formados posiblemente aguas residuales domésticas o descargas industriales.
- AGUA BRUTA O CRUDA: Agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo, o agua que entra en una planta para su ulterior tratamiento.
- AGUAS MUERTAS: Aguas en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.
- AGUA ALCALINA: Agua cuyo pH es superior a 7.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (2009) *Agua y su origen*. Recuperado de: <http://www.cuidoelagua.org/empapate/origendelagua/tiposagua.html>



## Propiedades y estados del agua

El agua posee propiedades o características que la hacen única frente a otros elementos de la naturaleza.

### Propiedades físicas:

- El agua, a presión de 1 atmósfera, se congela a 0° C y su punto de ebullición es 100 °C.
- Es un líquido que no se puede comprimir.
- No es fácil reducir su volumen mediante presión.
- Su superficie opone gran resistencia a romperse, lo que permite que muchos organismos puedan “andar” sobre el agua.
- Hace falta mucha energía para elevar su temperatura. Es un buen volante térmico.
- Posee mayor densidad en estado líquido que en estado sólido. Es por ello que el hielo flota en el agua.

### Propiedades químicas:

- Presenta gran fuerza de cohesión (atracción) entre sus moléculas. Las moléculas de agua permanecen unidas entre sí de forma más intensa que en otros compuestos similares.
- El agua pura es neutra y presenta un pH de 7. En comparación con otras sustancias significa que no es ácida, ni básica.
- Es un “solvente universal” porque disuelve más sustancias que cualquier otro líquido.

### Propiedades biológicas:

- Es fundamental para todas las funciones del organismo y también su componente más abundante.
- Existen organismos capaces de vivir sin luz o sin oxígeno, pero ninguno puede vivir sin agua. Por ejemplo: los organismos acuáticos pueden vivir en zonas oscuras y sin oxígeno, sin



embargo, cuando una laguna o arroyo se seca las distintas formas de vida no pueden desarrollarse.

- Dentro de cada célula, el agua posee la capacidad de transportar moléculas dentro y fuera de ella.<sup>4</sup>

### Estados del agua

El agua se encuentra en la naturaleza en un espacio llamado hidrósfera que involucra a los continentes, mares y la atmósfera. Sus estados son: sólido (en forma de hielo o en glaciares), líquido (en los océanos, ríos, mares, lagunas, etcétera) y gaseoso (por ejemplo, en el vapor de agua que se encuentra en las nubes).

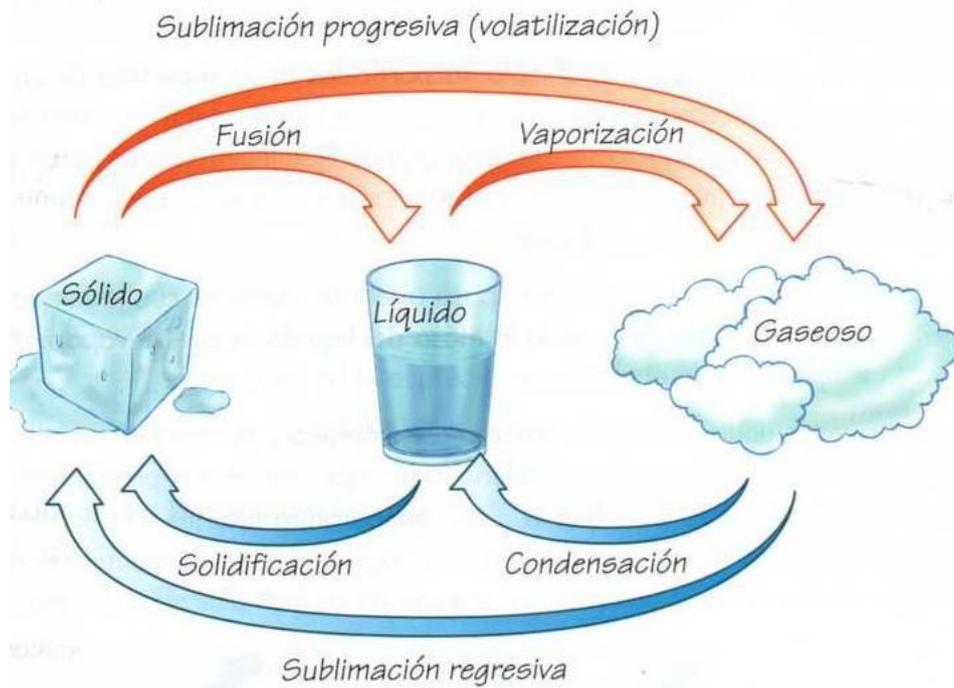
Por acción del calor o del frío un cuerpo puede modificar su estado. Cuando pasa del estado líquido al gaseoso se produce la evaporación. Para que esto sea posible el agua deberá encontrarse en su punto de ebullición que es de 100°C, siempre y cuando se encuentre al nivel del mar. En ese momento, cambia de estado. Cuando el agua pasa del estado gaseoso al líquido recibe el nombre de condensación.

Si una masa de agua líquida se somete a una temperatura de 0° C se congela. Esto se denomina congelación. Por el contrario, si a una masa de hielo se le aplica calor se derrite y se convierte en agua líquida. Esto se conoce como fusión. Existen, además de los mencionados, dos procesos más complejos conocidos como sublimación y sublimación inversa, en los que el agua pasa del estado sólido al gaseoso o viceversa.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Departamento General de Irrigación, Gobierno de Mendoza (2016) *El agua, una mirada global*. Recuperado de: [http://aquabook.agua.gob.ar/1016\\_0](http://aquabook.agua.gob.ar/1016_0)

<sup>5</sup> Departamento General de Irrigación, Gobierno de Mendoza (2016) *El agua, una mirada global*. Recuperado de: [http://aquabook.agua.gob.ar/1016\\_0](http://aquabook.agua.gob.ar/1016_0)



*Estados del agua.*

*Figura 1. Fuente Aquabook*

### **-El ciclo hidrológico**

El ciclo hidrológico es el conjunto de transferencias de agua entre la atmósfera, tierra y mar en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso en el que el motor de este movimiento es el Sol.

El ciclo comienza con la evaporación del agua desde la superficie del océano u otros cuerpos de agua superficiales, como lagos y ríos. A medida que se eleva, el vapor se enfría y se transforma en agua líquida, (en este proceso, puede haber recorrido distancias que alcanzan los 1000 km). A este fenómeno se le llama condensación. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes. Cuando las gotas de agua caen por su propio peso se presenta el fenómeno denominado precipitación. Si en la atmósfera hace mucho frío, el agua precipita en estado sólido, es decir, como nieve o granizo (con estructura cristalina en el caso de la nieve y granular en el caso del granizo). En cambio, cuando la temperatura de



la atmósfera es más bien cálida, el agua precipita en su estado líquido, o sea, en forma de lluvia.

El agua precipitada tiene varios destinos:

- Una parte es aprovechada por los seres vivos.
- Otra vuelve directamente a la atmósfera por evaporación.
- Parte de ella se escurre por la superficie del terreno (lo que se conoce como escorrentía superficial) y se concentra en surcos, originando así las líneas de agua por donde fluirá hasta llegar a un río, un lago o el océano. Parte del agua se filtra por el suelo y a partir de ahí puede volver a la atmósfera por un fenómeno llamado evapotranspiración o bien alcanzar las capas freáticas y formar parte de un almacén de agua subterránea. Tanto la escorrentía superficial como la subterránea van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lagos y océanos.

En diferentes momentos, toda esta agua vuelve de nuevo a la atmósfera, debido principalmente a la evaporación. Por eso se dice que la cantidad total de agua que existe en la Tierra se ha mantenido constante, considerando al agua un **recurso renovable**.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Línea verde (2020) *Guías de buenas prácticas sobre medio ambiente. Buenas Prácticas sobre el agua*. Recuperado de: <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/ciclo-hidrologico.asp#>



El ciclo del agua.

Figura 2. Fuente USGS

Considerando la importancia del agua dulce para los seres humanos y su limitada disponibilidad, el manejo de los recursos hídricos es un factor crítico para las poblaciones tanto urbanas como rurales. Esto implica que a pesar de ser un recurso renovable (debido al ciclo hidrológico), es finito a nivel global y limitado por la calidad disponible, principalmente la potabilidad.

Al agregar la ciudad como un componente del ciclo se constituye el llamado **Ciclo Hidrológico Urbano**, donde el impacto de una ciudad sobre el ciclo a nivel local y global adquiere otras características significativas. Tanto las variaciones de tiempo, como la *cantidad* y la *calidad* del agua que regresa a los ríos en forma de efluente se altera considerablemente en el entorno urbano. Cabe recordar que el agua actúa como un solvente, esto implica que esta dinámica



contiene todo lo que pueda entrar en contacto con el agua, incluida la relación con los gases en la atmósfera.

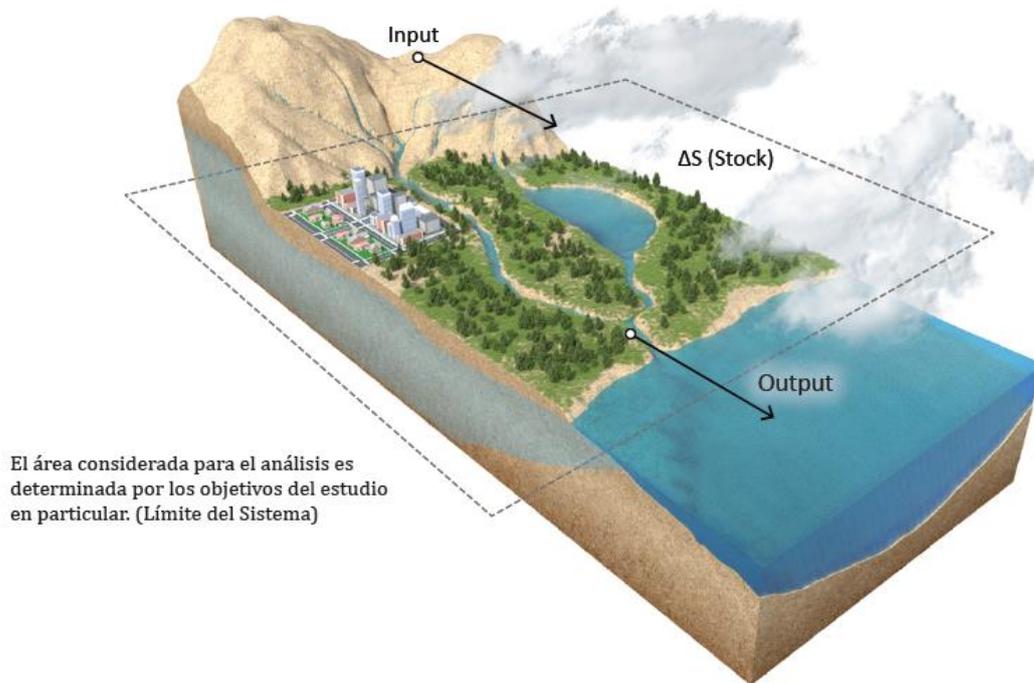


Figura 3. Fuente: Ciudad + agua

Cuando hablamos del *Ciclo Hidrológico Urbano* utilizamos una escala menor de análisis donde el recurso que fluye de manera ininterrumpida en el planeta adquiere una extensión regional. Una forma de aproximarse al estudio consiste en analizar las dinámicas implícitas en tres etapas distintas del mismo. Corresponden a las partes del ciclo en que el agua es estudiada como *Atmosférica*, *Superficial* o *Subterránea*. Esta secuencia permite entender la relación entre cada una de ellas de manera un poco más amplia en sus características, al mismo tiempo implican una forma distinta de relacionarse con el espacio y los tiempos específicos de cada parte del ciclo. Cada apartado se inicia con una breve revisión de conceptos básicos del tema a



tratar vinculados a las ciencias de la tierra, el objetivo es que el lector sin conocimiento previo de estas disciplinas, pueda entender de qué manera esto se refleja en la ciudad y su entorno.<sup>7</sup>

#### **Fuentes de obtención de agua dulce:**

El agua dulce puede provenir de diferentes fuentes sobre la Tierra:

- Subterráneas: acuíferos, napas.
- Superficiales: ríos, arroyos, manantiales, deshielo.
- Atmosféricas: agua de lluvia.<sup>8</sup>

Mientras que una gran mayoría del agua de la Tierra proviene de los océanos que cubren casi el 70% de la superficie del planeta, y es demasiado salada para beber, todavía hay muchos lugares en los que se produce naturalmente el agua dulce.

**-Lluvia:** Una importante fuente de agua dulce que se suele pasar por alto es el agua pluvial. Esta es el producto del agua de la Tierra que se ha evaporado en la atmósfera y se ha convertido en lluvia. Durante ese proceso, el agua se vuelve dulce y se almacena en muchos lugares de todo el mundo para ser utilizada como un suministro adecuado de agua potable y para regar los cultivos. La recolección de agua de lluvia es una tecnología que fue utilizada por las civilizaciones antiguas y todavía se utiliza ampliamente en muchas zonas rurales para sacar el máximo provecho de una fuente inagotable de agua dulce que se suele dar por sentada.

**-Acuíferos y napas:** Debajo de la superficie de la Tierra se encuentra una gran fuente de agua dulce. El agua subterránea es la mayor fuente de agua dulce en el planeta y la segunda más grande fuente de agua, junto con la presente en los océanos. Al igual que el agua salada del mar, la mayor parte de ésta tampoco puede ser consumida por las personas o los animales. Sin

---

<sup>7</sup> Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>

<sup>8</sup> Aquamaq (2019) *¿Cuáles son las fuentes de obtención de agua?* Recuperado de: <https://www.aguapura.com.py/cuidado-del-agua/cuales-son-las-fuentes-de-obtencion-de-agua/>



embargo, un porcentaje de las aguas subterráneas es dulce y puede ser desalinizada y refinada con el fin de proporcionar agua potable segura para la población.

**-Deshielo:** Un importante tema de debate en torno a los problemas del cambio climático de la Tierra es el derretimiento de los casquetes polares y la reducción de las barreras de hielo en todo el Ártico. Junto con el agua subterránea, el hielo constituye la segunda fuente más grande de agua dulce en el planeta, lo que representa un poco menos del 2 por ciento del agua de la Tierra. Una parte del agua dulce conservada en hielo, especialmente en las capas de hielo de la Antártica, tiene miles de años de antigüedad. Así como con el agua subterránea y de mar, también es difícil de usar agua de los hielos como una fuente de agua potable para el consumo, pero es posible.

**-Ríos, lagos, arroyos y manantiales naturales:** Los ríos, lagos, arroyos y manantiales naturales son considerados como fuentes de agua superficial y componen la última fracción de un porcentaje del agua dulce de la Tierra (0.0014 por ciento). A pesar de que hay millones de lagos de agua dulce y muchos kilómetros de ríos y arroyos en el planeta, estas fuentes de agua representan una cantidad casi insignificante de agua dulce. Sin embargo, siguen siendo de vital importancia: Una gran cantidad de nuestra agua potable de consumo procede de ellos. El agua superficial sigue siendo una de nuestras fuentes más importantes de agua dulce del planeta.<sup>9</sup>

## Aprovechamiento del agua de lluvia

### Cosecha de lluvia

Es la práctica de **recolectar y utilizar** el agua de lluvia que se descarga de las superficies duras, como los techos o el escurrimiento de suelos. Es una técnica ancestral que está

---

<sup>9</sup> Junta municipal de agua potable y alcantarillado de Culiacán (2013) *El agua dulce puede provenir de diferentes fuentes sobre la Tierra*. Recuperado de: <http://japac.gob.mx/2016/04/01/cuales-son-las-cuatro-fuentes-de-agua-dulce/>



recuperando su popularidad ahora que cada vez más gente, está buscando maneras de usar las fuentes de agua de forma más inteligente.

Uno de los más sencillos sistemas de recolección es el del agua de lluvias, debido a que se puede recolectar del techo de la vivienda, se puede utilizar para usos que no requieran agua potable como las aguas grises.

Consiste en recolectar el agua del techo de la vivienda, luego bajan por las canaletas y bajadas para almacenarse en un depósito para que sean tratadas, todo esto por un circuito independiente al del agua potable.<sup>10</sup>

Mediante el aprovechamiento del agua de lluvia se ahorran existencias de aguas freáticas, se reduce el gasto energético para el tratamiento de agua potable y se descargan las depuradoras y el alcantarillado de agua de lluvia. El aprovechamiento del agua de lluvia es ecológica y económicamente útil.

Se puede utilizar para regar el jardín, llenar la cisterna del baño. Las aguas de lluvia se las conoce como aguas blandas, porque tienen un bajo contenido de minerales y por lo tanto no causan calcificaciones en las tuberías. El tratamiento para su filtrado es más sencillo y de menor costo.<sup>11</sup>

### **Inundación**

Se conoce como inundación, al fenómeno natural, por el cual el agua cubre los terrenos, llegando en ciertas ocasiones a tanta altura que puede dejar sumergidas viviendas, automotores, anegar calles, destruir cosechas, con peligro, incluso vital, para todos los seres vivientes que habitan el lugar, y enormes pérdidas económicas.

---

<sup>10</sup> Dendia López, D. (2019). Reutilización de aguas grises y de lluvia en la vivienda (TFG-Arquitectura). Universidad Nacional de Asunción.

<sup>11</sup> Graf Ibérica (2018) *Cómo recuperar agua de lluvia*. Recuperado por: <https://www.grafiberica.com/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de->



Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles, vegas y riberas, donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura.<sup>12</sup>

### Tipos de inundaciones

Además, existen diversos tipos de inundaciones, las cuales se pueden clasificar de la siguiente forma:

**-Inundaciones pluviales:** este tipo de inundaciones se producen como consecuencia de las fuertes precipitaciones concentradas en una zona particular. La elevada concentración de lluvia hace que el terreno se sature y el agua excedente se empieza a acumular, lo que puede durar horas o días, hasta que comienza a evaporarse y el terreno se recupera.

**-Inundaciones fluviales:** esta clase de inundación se produce cuando el agua de los ríos se desborda y alcanza los terrenos cercanos al cauce.

**-Inundaciones costeras:** se dan como consecuencia de los intensos vientos como, por ejemplo, un ciclón tormentoso. Esta inundación entra hacia las zonas costeras y cubre grandes extensiones de tierra.

### Causas de las inundaciones

Las principales causas de las inundaciones son múltiples, pero por lo general, podemos clasificarlas en naturales o como consecuencia de la actividad humana:

-Causas naturales de las inundaciones:

- Intensas precipitaciones
- Acumulación de sedimentos

---

<sup>12</sup> Sin información de autor/año. *Inundaciones en la costa JCPA*. Recuperado por: <https://sites.google.com/site/inundacionesenlacostajcpa/4-desarrollo/a>



- Fusión de nieves en altas montañas
- Destrucción forestal.
- Tsunamis

#### -Causas humanas de las inundaciones

- Deforestación
- Canalizaciones de agua en las ciudades que se desbordan por las precipitaciones
- Distintas construcciones en las ciudades realizadas en zonas demasiado cercanas al mar o a los ríos o construcciones que se realizan en zonas antes ocupadas por el mar o los ríos.<sup>13</sup>
- Rupturas de presas o diques
- Vertidos de basuras o materiales que taponan los cauces de los ríos.
- Cambio climático, que pueden acelerar otros procesos como la fusión de nieves.

Muchos de estos fenómenos pueden clasificarse en naturales y humanos a la vez. Además, frecuentemente las causas de las inundaciones son una combinación entre fenómenos humanos y naturales como, por ejemplo, tsunamis y construcciones demasiadas cercanas al mar.

#### **Las consecuencias de las inundaciones pueden ser:**

**-Económicas:** las inundaciones provocan la pérdida de grandes cantidades de bienes materiales, a la que hay que sumarle el coste de reconstruir las infraestructuras. También pueden ser globales, por ejemplo, que el país dañado tenga una gran pérdida de un determinado producto, que hace que haya menos oferta, los precios aumenten y otros países deban satisfacer esa demanda con sus exportaciones. Además, que pueden hacer que las personas se queden sin hogar, por destrucción de sus viviendas.

---

<sup>13</sup> Sánchez, J. (2018) *Causas y consecuencias de las inundaciones*. Recuperado por: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-huracan-y-como-se-forma-1125.html>



**-Ambientales:** daños a tierras agrícolas, daños a cultivos y a la producción de alimentos. Además, las inundaciones también propagan la contaminación, dañando a los animales y a los seres humanos.

**-Salud:** las inundaciones aumentan el riesgo de enfermedades de transmisión fecal-oral y transmite patógenos como malaria, dengue, leptospirosis, fiebre amarilla selvática o cólera. Las personas también pueden sufrir lesiones como consecuencia de árboles caídos, líneas eléctricas u otros desechos.<sup>14</sup>

### Evapotranspiración

Es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: la evaporación y la transpiración.

La **evaporación** es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor (en el caso de la nieve y el hielo –paso del sólido al vapor- sería sublimación).

Se produce evaporación desde:

- La superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación.
- Desde las superficies de agua (ríos, lagos, embalses)
- Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo. Puede tratarse de agua recién infiltrada o, en áreas de descarga, de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo.

La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmósfera. Toman agua del suelo a través de sus raíces, toman una pequeña parte para su crecimiento y el resto lo transpiran.

---

<sup>14</sup> Sánchez, J. (2018) *Causas y consecuencias de las inundaciones*. Recuperado por: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-huracan-y-como-se-forma-1125.html>



Como son difíciles de medir por separado, y además en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera del modo que sea, se consideran conjuntamente bajo el concepto mixto de evapotranspiración.<sup>15</sup>

### Infraestructura Urbana

La infraestructura urbana es; “Conjunto de espacios, edificaciones y conducciones existentes en los núcleos urbanos destinados a abastecer, eliminar residuos y comunicar o relacionar las distintas partes de la ciudad entre si y a estas con el conjunto del territorio en que se localiza.



Figura 4. Fuente: Ciudad + Agua

En el sentido más amplio forman parte de este concepto, no solo hechos de localización subterránea (infra) como las conducciones de gas, agua potable o alcantarillado, sino también

<sup>15</sup> Sánchez, J. (2017) *Hidrología Superficial y Subterránea*. Recuperado por: <http://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp.pdf>



las superficiales como la mayor parte de las carreteras y vías férreas, o las instalaciones portuarias y aeroportuarias, tendidos aéreos, así como los de distribución de energía eléctrica, telefónica, televisión por cable.

En un sentido más estricto son consideradas a veces infraestructura urbana aquellas que se entienden como *mínimas para urbanizar* un determinado suelo.” (Diccionario de Urbanismo, 2013)

Cuando nos referimos a la infraestructura *relacionada al agua*, hablamos de la captación o distribución, del manejo de lo pluvial, de lo cloacal o residual, es decir, los distintos sistemas básicos (o la ausencia de los mismos) utilizados para abastecer y gestionar el agua en la ciudad. Esta división incluye la red vial, entendiendo que una parte significativa de todas las infraestructuras no pueden ser analizadas prescindiendo de una lectura sobre las calles y avenidas de la ciudad estudiada.

Estos factores forman parte del concepto de *Gestión Integral de Aguas Urbanas* definidas por el programa de agua y saneamiento del Banco Mundial como: “...un proceso flexible, participativo e iterativo que integra los elementos del ciclo de aguas urbanas (suministro de agua, saneamiento, gestión de aguas pluviales, y gestión de residuos) con el desarrollo urbano de la ciudad y la gestión de cuencas fluviales para maximizar los beneficios económicos, sociales y medioambientales de manera equitativa”.<sup>16</sup>

### **Ordenamiento Territorial**

El ordenamiento territorial permite desarrollar una política de construcción del territorio, definiéndose este último como un espacio físico transformado por grupos humanos. Por ordenamiento territorial se entiende como la acción voluntaria de organizar y equipar el espacio de la ciudad y el de su entorno rural dentro de los límites administrativos existentes. El ordenamiento del territorio no es una ciencia exacta, sino que es una práctica que supone una

---

<sup>16</sup> Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>



adaptación constante al contexto y que debe acompañar los valores y las demandas de la sociedad para la que actúa. Así, los Planes de Ordenamiento Urbano y Territorial (POUT) deberán tomar en cuenta los elementos del contexto global, lo que exige una mirada que trascienda el perímetro político-administrativo de cada distrito.

El ordenamiento del territorio debe apuntar a una armonización de las actividades humanas y de sus relaciones con el medioambiente. Concretamente, se trata de hacer más coherente y eficiente la oferta en infraestructuras, equipamientos, viviendas, espacios públicos en contextos urbanos y rurales, sin olvidar la gestión de los paisajes. Entre sus competencias asignadas por ley, los municipios deben desarrollar una política de planificación, urbanismo y ordenamiento territorial dentro de sus respectivos perímetros administrativos (Capítulo III, artículo 12 de la Ley Orgánica Municipal “El ordenamiento del territorio no es una ciencia exacta, sino que es una práctica que supone una adaptación constante al contexto y debe acompañar los valores y las demandas de la sociedad para la que actúa”).<sup>17</sup>

### Urbanización

Acondicionar una porción de terreno y prepararlo para su uso urbano, abriendo calles y dotándolas de luz, pavimento y demás servicios.<sup>18</sup>

### Tipos de urbanización

Desde un punto de vista ecológico, se distingue entre dos modos de urbanización: **sustentable y no sustentable**. La primera apunta a procesos de vida urbana que cohabiten con el entorno natural y el ecosistema, procurando hacerle el menor daño posible. La segunda, en cambio, no toma en cuenta dichas preocupaciones, por lo que tiene un impacto ambiental notorio.

---

<sup>17</sup> Secretaría Técnica De Planificación Del Desarrollo Económico y Social, et al. *Guía para la elaboración de los planes de ordenamiento urbano y territorial*.

<sup>18</sup> RAE (2019) *Diccionario de la Lengua española*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/urbanización>



Otras distinciones a la hora de hablar de urbanización pueden ser:

- **Rururbanización.** Ocurre cuando la ciudad ejerce influencia sobre las zonas rurales que la rodean, pero al ser sus costos tan elevados, muchas de las actividades económicas y vivenciales que normalmente ocurren en su interior empiezan a ubicarse sobre terreno rural, como islas urbanas en lo rural.
- **Periurbanización.** Se trata de la aparición de espacios dentro de la ciudad que no cumplen fines tradicionales de comercio, habitabilidad o industria, pero que brindan una suerte de “espacio intermedio” a la ciudad, tales como parques, instalaciones de tránsito, autopistas, etc.
- **Suburbanización.** También llamada urbanización por derrame, consiste en la propagación de la ciudad hacia los territorios rurales debido al exceso de concentración habitacional en la ciudad, por lo que se fundan nuevos barrios lejanos de baja densidad, conectados con el núcleo urbano por vías rápidas.<sup>19</sup>

## Demografía

Estudio estadístico de una colectividad humana, referido a un determinado momento o a su evolución.<sup>20</sup>

### Crecimiento Demográfico

Se denomina crecimiento poblacional o crecimiento demográfico al cambio en el número de pobladores de una región geográfica determinada en un cierto plazo.

La población humana mundial es un perfecto ejemplo de crecimiento poblacional sostenido, especialmente durante el último siglo. De ser 2.600 millones en 1950 (cuando la ONU era joven aún), en 1987 la cifra de humanos en el planeta alcanzó los 5.000 millones, en 1999 los 6.000 millones y en 2015 los 7.300 millones.

<sup>19</sup> Raffino, M (2015) *Urbanización*. Recuperado de: <https://concepto.de/urbanizacion/>

<sup>20</sup> RAE (2019) *Diccionario de la Lengua española*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/demografia>



Se prevé que para el 2030 esta cifra mundial alcance los 8.500 millones y en 2100 los 11.200 millones, si se mantuvieran las condiciones actuales.

Las causas del crecimiento poblacional pueden ser diversas, tales como:

**-Fecundidad y condiciones de salud:** Cuando una población alcanza condiciones de salubridad óptimas, que le permite vivir más allá de la edad reproductiva y ampliar las familias, generalmente las tasas de natalidad aumentan, la población se muestra fecunda y se reproduce cuantiosamente. En cambio, cuando las condiciones son hostiles, los individuos prefieren no reproducirse o hacerlo poco, o simplemente no reúnen las condiciones mínimas para superar la edad reproductiva. Otro elemento importante es la tasa de muerte infantil, que deberá ser baja para permitir a los nuevos individuos crecer, formarse y eventualmente reproducirse también.

**-Aumento de la longevidad:** Si las personas viven más tiempo, podrán reproducirse más y además vivirán para ver a sus descendientes alcanzar la edad adulta, generando así una población anciana.

**-Migraciones:** Las llegadas y salidas de individuos que deciden hacer su vida en otros lados (emigrantes) o que vienen de otras regiones a la estudiada (inmigrantes), no solo contribuye al enriquecimiento cultural y genético, sino que además puede añadir nuevos pobladores o sustraer individuos que se marcharon.

**-Cambios en la calidad de vida en general:** Una economía pujante, una política estable, una gran demanda de trabajadores o un gran mercado de consumo de servicios suelen ser factores que generan inmigración y un crecimiento poblacional positivo, ya que los pobladores poseen un nivel de vida que les garantiza un futuro.<sup>21</sup>

### Topografía

La topografía se refiere al conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial (DRAE, 2011). Es también el resultado de todos los procesos geológicos

---

<sup>21</sup> Raffino, M (2015) *Crecimiento Poblacional*. Recuperado de: <https://concepto.de/crecimiento-poblacional/>



acumulados de una determinada región. La pendiente formada por los extremos de altura, desde el punto más alto al más bajo de una región determinan gran parte del comportamiento de las aguas superficiales y subterráneas, principalmente sus escorrentías. Siguiendo por gravedad el trayecto topográfico, la mayor parte de los flujos en distintas velocidades son conducidos al nivel del mar. En el caso de las aguas subterráneas, siguen un trayecto similar a las aguas superficiales, pero con una velocidad menor debido a las características del suelo. Cuando consideramos la topografía en el diseño urbano, también lo hacemos en relación con el tipo de uso pretendido de un área. Para la movilidad humana inclusiva, se considera 6° a 8° de inclinación en las rampas como ideal para que una persona en silla de ruedas se desplace sin ser asistida. Cualquier pendiente natural superior a 20° es de considerable dificultad para el peatón común. Naturalmente un terreno de material desagregado estable forma un ángulo de reposo de 30° a 45° de inclinación (Tarbuck, 2012) de acuerdo con el tipo de material del que está compuesto (arena, grava, arcilla, etc.).<sup>22</sup>

### **Erosión**

La erosión es el desgaste, disminución y deterioro de la superficie de la tierra por factores de actividades humanas y agentes como el agua, el hielo, vientos, cambios térmicos y otros cuerpos hidrológicos. Además, está conformada por estos factores como las rocas, el suelo, el agua y el viento que impactan sobre la tierra. Ésta es causada principalmente por el hombre y sus actividades insostenibles con los recursos naturales, el relieve, fragmentos de rocas, el viento, el agua y los problemas ambientales como la deforestación, incendios forestales, la contaminación ambiental, los residuos sólidos, la minería ilegal, la agricultura convencional, fenómenos naturales, calentamiento global y cambio climático.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>

<sup>23</sup> Pineda, J. *Erosión*. Recuperado de: <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/erosion/>



## Erosión Hídrica

Es un proceso que se caracteriza por la desagregación de las partículas primarias y de los agregados de la masa del suelo, producto del impacto de la gota de lluvia o de la abrasión, y su transporte por salpicado o escurrimiento del agua. El impacto de la gota de lluvia sobre la superficie del suelo constituye el punto de partida del proceso erosivo, que continúa con el transporte de las partículas del material desprendido hacia la parte baja del terreno y finaliza cuando dicho material queda depositado en sectores bajos o es tomado por vías de escurrimiento y transportado nuevamente.<sup>24</sup>

## Escorrentías

El escurrimiento o escorrentía es el agua de lluvia que discurre por la superficie de un terreno (DRAE,2011). La división entre la escorrentía superficial y subterránea es determinada por las tasas de infiltración y por las distintas características hidráulicas. Si bien las escorrentías superficiales corresponden a las aguas superficiales, al ser un fenómeno continuo en constante interacción con las distintas capas del subsuelo, es conveniente sintetizar en un solo capítulo para aclarar estas relaciones. El conjunto de factores comentados anteriormente (Topografía, Geología, Suelos, etc.) así como en el contexto urbano de las infraestructuras disponibles, afectan directamente todos los tipos de escorrentías.<sup>25</sup>

## El Agua y el Cambio Climático

El término cambio climático se define como la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad,

---

<sup>24</sup> Ponte G. (2016) *Erosión Hídrica*. Recuperado de: <https://www.aapresid.org.ar/blog/erosion-hidrica-como-afecta-el-ambiente/>

<sup>25</sup> Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>



entre otros. De acuerdo con expertos del Grupo Intergubernamental del cambio climático (IPCC, 2008)<sup>26</sup> estos se han presentado de la siguiente manera en:

- Aumento de la temperatura media del planeta en  $(0.6 + 0.2)$  °C que es mayor que el aumento registrado en los últimos 10,000 años.
- Deshielo de los polos en un 10 % desde finales de los años 60's.
- Aumento del nivel medio del mar de  $(1.7 + 0.5)$  mm/año durante el siglo XX.
- Cambios en el patrón de ocurrencia de fenómenos atmosféricos (tormentas y huracanes)
- Cambios en el régimen de lluvias.

### **Deforestación**

La deforestación es la eliminación de un bosque o un grupo de árboles para que a partir de entonces la tierra sea convertida para un uso no forestal. Ejemplos de la deforestación son la conversión de bosques las granjas, ranchos, para el uso urbano.

### **Áreas Hidrogeológicas**

La hidrogeología es una rama de la hidrología que estudia las aguas subterráneas y se basa en la geología y la mecánica de fluidos (WMO, 2012). Las áreas hidrogeológicas en este caso se refieren a una clasificación de la superficie terrestre de acuerdo con sus características y a las funciones que cumple en la dinámica del acuífero.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático establecido conjuntamente en 1998 por la Organización meteorológica mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

<sup>27</sup> Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>



## 2.2 MARCO REFERENCIAL

### 2.2.1 Estado del arte del municipio

#### Historia

El nombre completo de la ciudad es —Nuestra Señora de la Candelaria de Capiatá—. En el archivo nacional de Asunción existen documentos de comienzos del siglo XVII que hablan del "Valle de Capiatá", el cual se hallaba bajo la jurisdicción del Cabildo y Regimiento de Asunción. En pocas palabras Capiatá era un territorio donde se asentaban las chacras de los mayores encomenderos cuya función era abastecer a la ciudad de Asunción en aquellos tiempos, y que, acompañado con el auge agrícola, la población iba asentándose debido a la cercanía con la capital paraguaya.

Existen discusiones referentes a la fecha de fundación y fundadores, algunos historiadores afirman que fue fundada por Martín de Ledesma Valderrama, otros por Pedro Lugo de Navarra, y otros, por Gregorio de Hinestroza. No obstante, en varios textos consultados, incluido en el archivo nacional, se puede constatar que Ledesma gobernó hasta 1636, Navarra hasta 1640, y que Hinestroza comienza su mandato en 1641 y concluye en 1672.

En términos demográficos, desde el siglo XVI Capiatá comenzó a ser poblada por autoridades coloniales e integrantes del cabildo quienes se hacían con tierras en el anillo más cercano a Asunción, esto según los títulos inmobiliarios encontrados también en el archivo nacional de la capital. A partir del siglo XVII el crecimiento poblacional continuó en la periferia de la ciudad, alrededor de la iglesia que se estaba construyendo en aquel entonces. Hacia el siglo XIX la expansión demográfica ya era espontánea, a medida que los españoles solicitaban tierras para realizar sus actividades agrícolas, y a comienzos del siglo XX, la población ya estaba completamente esparcida por todo el territorio que hoy se conoce como Capiatá.

En el libro «*Capiatá: cinco siglos de historia*», de Cecilia Silvera de Piris, encontramos que "Varios cronistas, entre ellos Félix de Azara, han mencionado en sus publicaciones que Martín



de Ledesma Valderrama fue fundador de los pueblos de Luque, Capiatá, Piribebuy...". En el mismo libro se menciona que existen documentos históricos que datan de 1579 relativos a la tierra del Valle de Capiatá, mientras que en 1607 se registra la venta de tierra a favor de Juan Valenzuela —Alcalde de la Santa Hermandad— la mitad de la isla correspondiente al Valle de Capiatá. También afirma que el documento data de muchos años atrás y se puede leer que el Gobernador Hernando Arias de Saavedra tomó cartas en el asunto.

El 20 de mayo de 1878 se crea la Honorable Junta Municipal y con este acontecimiento histórico Capiatá adquiere la categoría de ciudad. En 1968, el Poder Ejecutivo de la Nación otorga a Capiatá la categoría de Municipio y nombra como Intendente Municipal a Luis Alberto Rachit Fiandro.

### **Geografía**

Capiatá está situada en el norte del Departamento Central y limita con las siguientes ciudades:

- Al Norte con Luque.
- Al Sur con Ypané y J. Augusto Saldívar.
- Al Este con Itauguá.
- Al Oeste con San Lorenzo y Ñemby.
- Al Sureste con J. Augusto Saldívar.
- Al Suroeste con Ypané y Ñemby.
- Al Noreste con Areguá.
- Al Noroeste con San Lorenzo.



*Capiatá y las ciudades vecinas.*

*Figura 5. Fuente: Sitio web Municipalidad de Capiatá*

### **Hidrografía**

En Capiatá son varios los arroyos que circundan, tanto dentro del distrito como en sus límites con otras jurisdicciones:

- Al noroeste el arroyo San Lorenzo, que lo separa de San Lorenzo y Luque.
- Al noreste el arroyo Jukyry, que lo separa de Itauguá.
- Al este el arroyo Mboi'y, que lo separa de Itauguá.
- Al sudeste el arroyo Karumbe Kua, que lo separa de J. Augusto Saldívar.
- Al sudoeste el arroyo Ytororó, que lo separa de Ypane.



## Topografía

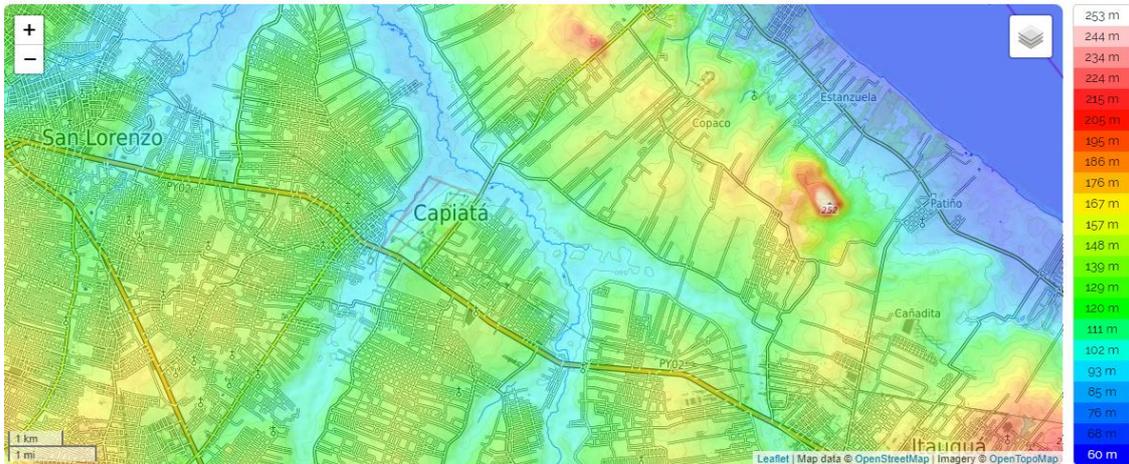


Figura 6. Fuente: *topographic-map.com*

*Grado cromático de elevación topográfica del Municipio de Capiatá.*

## Clima

En Capiatá la temperatura varía de 13 °C a 33 °C durante el transcurso del año y rara vez baja a -5 °C o sube a más de 37 °C.

La temporada de calor dura aproximadamente 4 meses, entre finales de noviembre hasta finales de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es de más de 31 °C. La temperatura máxima promedio es de 33 °C y la temperatura mínima promedio alcanza los 23 °C.

La temporada fresca dura 3 meses, entre mayo y agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 24 °C. El mes más frío del año es en julio, con una temperatura mínima promedio de 13 °C y máxima promedio de 23 °C.

## Economía

Esta ciudad cuenta con una intensa actividad comercial que se desarrolla con los pobladores, poco y nada queda de aquella comunidad que se dedicaba esencialmente a los cultivos y la cría de ganado. Hoy en día proliferan los comercios y las industrias pequeñas y medianas, especialmente aquellas que pertenecen al rubro metalúrgico, químico y otras. Los principales bancos, financieras y cooperativas también se encuentran en dichas arterias y sus alrededores.



## Demografía

La ciudad de Capiatá es una de la urbes más grandes del Paraguay con una población de 236.828 habitantes, según estimaciones de la DGEEC para 2019. Es la tercera localidad más poblada del Departamento Central y la quinta a nivel país. Forma parte de Gran Asunción cuya población oscila los 2.200.000 habitantes, el conurbano más grande del país.

## Barrios

Capiatá se divide en un total de 35 barrios (también llamados compañías) urbanos y suburbanos.

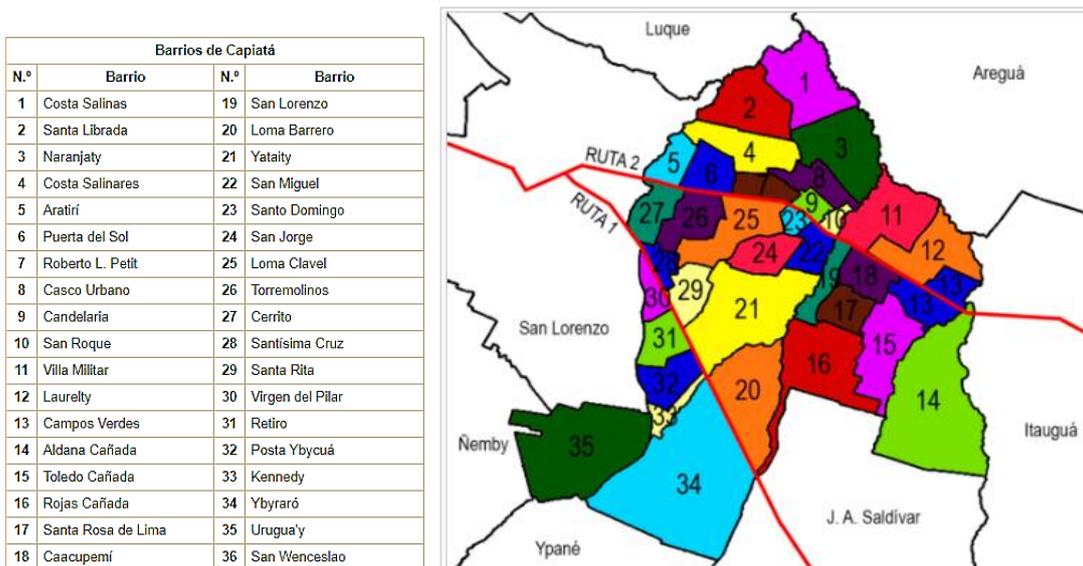


Figura 7. Fuente: Sitio web Municipalidad de Capiatá

Barrios de Capiatá / Mapa indicativo.



### 2.2.2 Antecedentes

El hombre ha alterado a gran escala su entorno natural para satisfacer sus necesidades, muchas veces sin tener en cuenta las consecuencias a mediano y largo plazo, como consecuencia, en muchas ciudades existen sectores que sufren de la tala indiscriminada de árboles para urbanizar las mismas, sin tener un plan urbano que contemple las necesidades de los habitantes, como, por ejemplo, la falta de áreas verdes, que es realmente notoria. Esto es lo que ocurre en la ciudad de Capiatá, una zona de constante crecimiento y evolución que sufre las consecuencias de los cambios imprudentes de su entorno, afectando a todos quienes la habitan.

Específicamente en el barrio Tarumá, ubicado en dicha ciudad, se observa la incidencia del cambio climático debido a la tala de árboles, y las consecuencias que tuvo el entorno. El sector a analizar presenta un notable desgaste ambiental, y quienes residen en el lugar son testigos de los cambios y sus consecuencias.

Anteriormente, el barrio era una zona de vastas áreas verdes, con caminos de tierra o empedrados, realmente permeable, hoy en día debido a la tala de árboles y la impermeabilización del suelo, sus consecuencias son aún más notorias, y se intensifica aún más debido a la falta de infraestructura que presenta la ciudad, la ausencia del alcantarillado genera muchos problemas a sus habitantes, ya sea en lo económico, social, cultural, en su fauna y flora.

El barrio es predominantemente residencial, aunque existen algunos pequeños negocios, las calles secundarias son de tierra, y la principal, de nombre “Tte. Leonardo Salinas” es de doble sentido, asfaltada, sumamente angosta y es conector entre la Ruta 1 “Mcal. López” y Acceso Sur. Hoy en día, esa calle tiene mucho tráfico, debido al crecimiento poblacional y la falta de infraestructura vial. Anteriormente, la calle principal era empedrada y teniendo en cuenta que contaba con mucha vegetación, no había inundaciones pronunciadas, tampoco tenía mucho tráfico, ya que el empedrado aumentaba el tiempo de desplazamiento entre un punto y otro.



Un factor interesante de la zona es que presenta una topografía elevada, es decir, teniendo en cuenta el área de investigación, la cota más baja es la calle principal asfaltada y la más alta es en donde se encuentra el barrio. Este dato es sumamente relevante al estudiar una de las mayores consecuencias, que afecta a todos y que imposibilita las actividades diarias, como es, la inundación.

La inundación de la zona es una consecuencia de diversos factores, como; la tala de árboles, topografía elevada, actualmente carente de la esponja vegetal y cuya cota menor se encuentra en la calle principal, también la impermeabilización del suelo, y la falta de infraestructura necesaria, es decir, no cuenta con bocas de tormenta ni alcantarillado. Todos estos factores hacen que el suelo no tenga mucha capacidad de absorción, que devuelta trae consigo otras consecuencias, como, por ejemplo, el agua que no es absorbida por el suelo, va hacia la calle principal en donde la inundación es aún más pronunciada, e imposibilita a los peatones y automóviles a circular por ella, además las calles de tierra, se ven sumamente afectadas en su morfología, creando sectores de mucho lodo por donde no se puede circular o es realmente difícil llegar a destino, creando un barrio con un aspecto poco agradable.

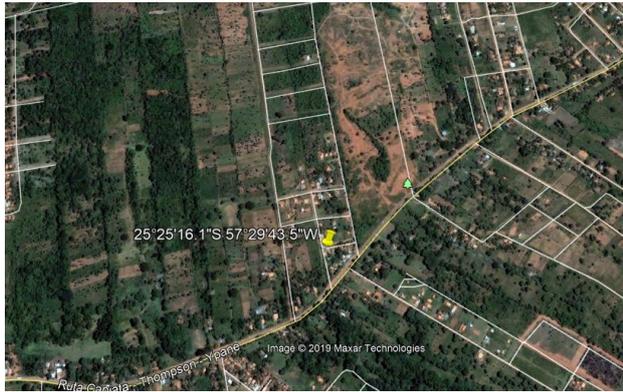


Figura 8. Fuente: google earth

Imagen aérea + imagen del perfil topográfico.



Imágenes comparativas del sector a través de los años:



*Año: 2005*



*Año: 2019*

Actualmente, el abastecimiento de agua del barrio se da por medio de aguaterías privadas, que abastecen a distintos puntos de este. Este servicio se da por medio de la extracción de agua subterránea, que luego se distribuye.

La infraestructura de abastecimiento consiste en proveer a las ciudades de agua potable, es una parte fundamental de la infraestructura urbana. Sobre esta problemática están disponibles diversos estudios relativamente actuales. Desde la mirada urbanística es necesario entender la distribución física y el impacto territorial de esta infraestructura, los puntos centrales de la red y como estos se relacionan con la ciudad. Así también entender como los principales actores institucionales configuran estos usos en el espacio de la región metropolitana de Asunción. En esta región las fuentes de agua son tanto superficiales (río Paraguay, lago Ypacaraí) como subterráneas (Acuífero Patiño y Caacupé).

La captación pluvial directa es insignificante actualmente para ser contabilizada como tal. Los factores principales desde el punto de vista del abastecimiento correcto son calidad, cantidad, disponibilidad en tiempo y precio. La calidad inicial del agua está dada en gran parte por las condiciones de captación; las aguas superficiales son más vulnerables a una contaminación puntual, pero por la propia dinámica de los ríos y arroyos también más rápidas



en descontaminar si comparamos con el agua subterránea, que al estar a gran profundidad tiene mayor protección de los impactos inmediatos en superficie, pero su descontaminación es más compleja. Estos factores deben ser considerados cuando analizamos los costos y beneficios de acuerdo con el tipo de abastecimiento.

Es una situación favorable el disponer de más de una fuente de abastecimiento. Sin embargo, los estudios indican niveles de cobertura de suministro de agua con amplias variaciones; 96 %, del Municipio de Asunción abastecido, mientras que otros municipios metropolitanos menos del 64 % como Luque. Esto significa que si bien existe un abundancia relativa del recurso, su acceso no es extendido a toda la población.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup>Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>



### 2.2.3 El Acuífero Patiño

En la zona metropolitana de Asunción, el acuífero de mayor volumen conocido es el Acuífero Patiño; nombrado por el geólogo Ángel Spinzi (1983), al considerarlo como parte de la unidad geológica de sedimentos estudiados en el levantamiento geológico del Cerro Patiño, Areguá. Es una reserva fundamental para Asunción y el Área Metropolitana donde la población supera los dos millones y medio de habitantes (DGEEC, 2015).

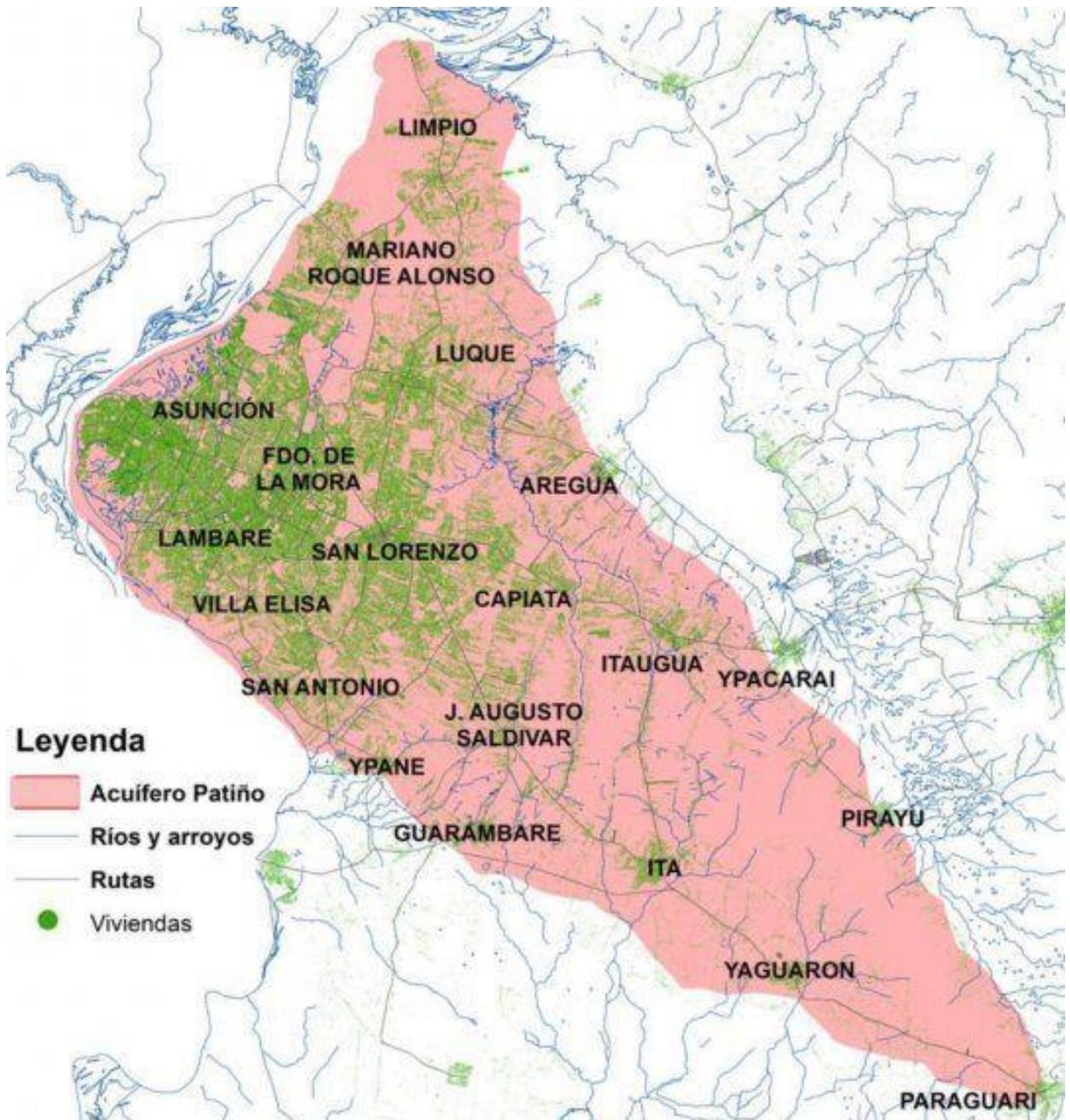
El Acuífero Patiño comprende un área aproximada de 1.170 km<sup>2</sup> y 300 m de profundidad, que incluye en su territorio a la ciudad de Asunción y otros 21 municipios de los Departamentos Central y Paraguarí, a su vez, incluye a 13 microcuencas hídricas superficiales. Se encuentra urbanizado en aproximadamente 55 % de su superficie. Si bien es importante destacar que en Paraguay lo que es considerado urbanizado o parte de la zona urbana, es en realidad parcial, dando lugar a un tejido formado por la división de lotes de tamaño urbano, pero con características y usos incluso rurales, muchas veces con caminos de tierra y sin infraestructura básica.<sup>29</sup>

A fin de minimizar los daños que se está ocasionando actualmente al acuífero, tanto por contaminación, como por sobreexplotación, es sumamente necesario trabajar todas iniciativas, desde la perspectiva de la gestión ambiental, con un énfasis principalmente en el uso eficiente y racional del agua.<sup>30</sup>

---

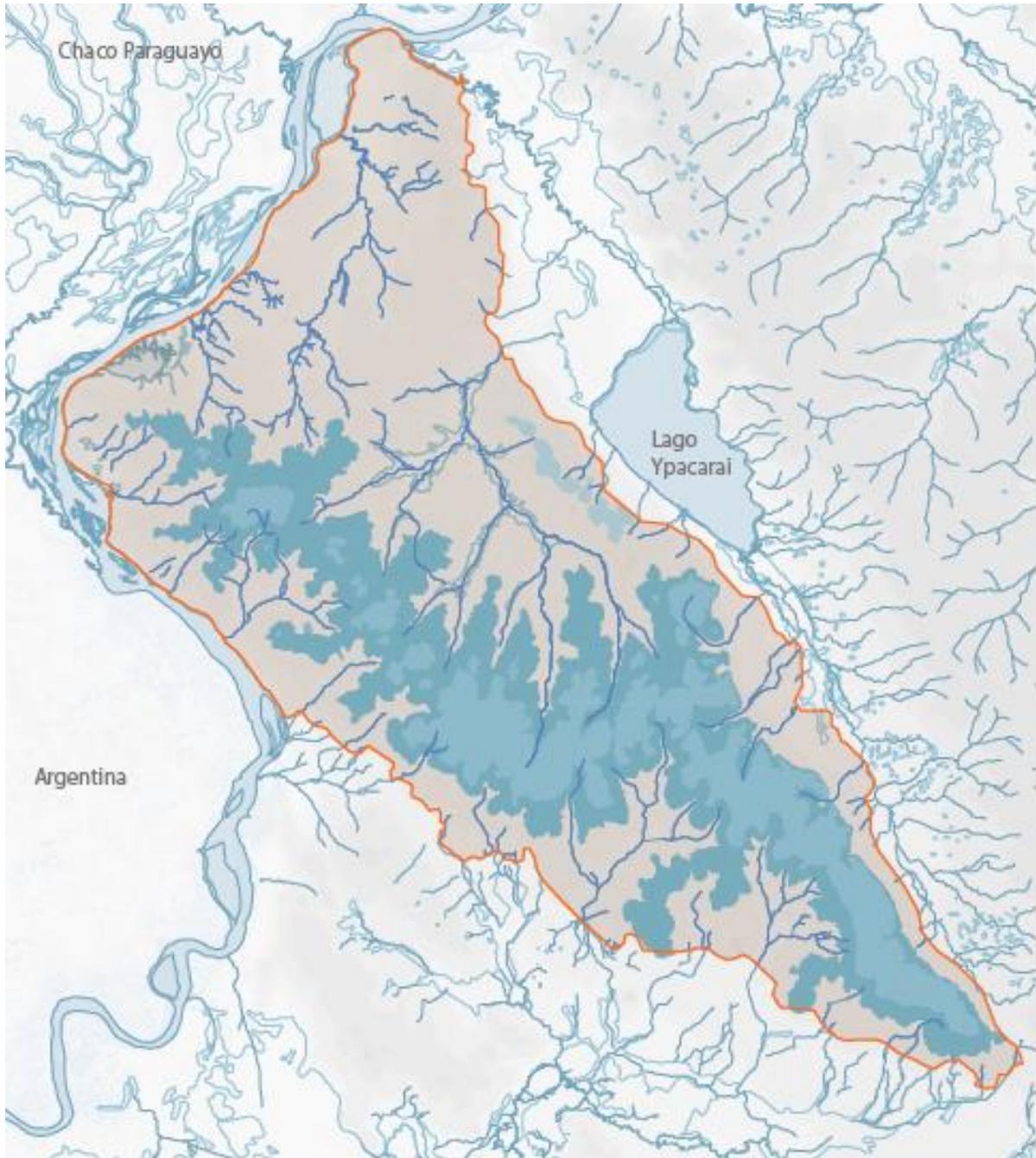
<sup>29</sup> Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>

<sup>30</sup> WWF Paraguay. *Guardianes del Acuífero*. Recuperado por: [https://www.wwf.org.py/que\\_hacemos/proyectos/campana\\_acuifero\\_patino/#:~:text=El%20Acu%C3%ADfero%20Pati%C3%B1o%2C%20se%20encuentra,utiliza%20en%20las%20zonas%20mencionadas.](https://www.wwf.org.py/que_hacemos/proyectos/campana_acuifero_patino/#:~:text=El%20Acu%C3%ADfero%20Pati%C3%B1o%2C%20se%20encuentra,utiliza%20en%20las%20zonas%20mencionadas.)



Acuífero Patiño y los municipios que abarca.

Figura 9. Fuente: digitalmisiones.com.py



*Zonas Hidrogeológicas del Acuífero Patiño.*

*Figura 10. Fuente: Ciudad + Agua*



## Estado actual del Acuífero

El Acuífero Patiño está presentando actualmente indicios de contaminación y sobre explotación, como se determina en este artículo periodístico publicado el 07/01/2019 por el medio Digital Misiones:

*“Un estudio realizado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) señala que existen pozos, cuya fuente es el Acuífero Patiño, que presentan niveles de nitratos que exceden lo permitido para el agua potable.*

*«Estudio de Recursos Hídricos y Vulnerabilidad Climática del Acuífero Patiño», se denomina el trabajo presentado por el MADES. A través de esta investigación, la cartera estatal detectó en muestras de agua que existen pozos con un aumento de concentración de nitratos, lo cual excede el límite máximo –en nuestro país– para considerar que el agua es potable, correspondiente al 45mg/l.*

*Esta situación se detectó en las ciudades de Lambaré, Villa Elisa, San Lorenzo, Itá y Paraguarí. Cabe resaltar que el Acuífero Patiño abastece de agua a la capital y los departamentos de Central y Paraguarí.*

*A su vez, el Ing. José Silvero, director de Hidrología e Hidrogeología de la secretaría de Estado, indicó que estos resultados deben ser un llamado de consciencia para llevar a cabo acciones prácticas y realizar inversiones sanitarias. Esto de modo a evitar una contaminación irreparable.*

*Asimismo Flavia Fiore, directora de Gestión de cuencas y encargada de la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos, aseguró que se llevará a cabo un plan estratégico.*



*Este proyecto tendrá como protagonista a la ciudadanía con respecto a la toma de consciencia respecto a racionalizar el uso del agua en las viviendas, además de interesarse de dónde proviene el líquido vital que consume y el estado en el que se encuentra.*

*Durante el trabajo se utilizaron muestras de un total de 40 pozos: 30 de ellos fueron contruidos específicamente para el monitoreo. “La mayoría de los pozos que tenemos están en las escuelas y no son tan profundos, miden 50 metros aproximadamente. Lo ideal es que sean así porque son pozos bien contruidos, que tienen sello de seguridad, que están en una zona en que no hay mucha contaminación, no son zonas muy urbanizadas”, explicó Flavia Fiore.*

*Aunque aclaró que también se hicieron estudios de aguas de pozos profundos y que los 10 restantes pertenecen a Juntas de Saneamiento de las ciudades, además algunos de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (Essap).*

*Entretanto, resaltó que los niveles de nitrato todavía no son alarmantes y que hay varias técnicas para disminuirlo a tiempo, solo que requiere bastante inversión por parte del Estado.*

*Con respecto al daño que puede causar el consumo de agua con exceso de nitrato, refirió que según se tiene conocimiento, puede afectar principalmente a los neonatos. Sobre ese punto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) aclara que la presencia de nitratos y nitritos en el agua se asocia con la metahemoglobinemia, sobre, principalmente en lactantes que se alimentan con biberón.*

*La metahemoglobinemia es una afección en la sangre, que se da a consecuencia de la oxidación de la hemoglobina, la cual a partir de cierto alto porcentaje puede hacer que los tejidos no puedan transportar oxígeno. Alguno de los síntomas son taquicardia, fatiga, cefalea, vómitos y náuseas. Si el porcentaje es muy elevado, incluso puede ser mortal.”<sup>31</sup>*

---

<sup>31</sup> Digital Misiones (07/01/2019) *Acuífero Patiño con indicios de contaminación*. Recuperado por: <http://www.digitalmisiones.com.py/acuifero-patino-indicios-contaminacion/>



*Pozos registrados. Se estima que la cantidad real supera con creces los números del registro, ya que no todos los pozos están debidamente registrados.*

*Figura 11. Fuente: Ciudad + Agua*



#### 2.2.4 Inundaciones en Paraguay

Las inundaciones en el Paraguay adquieren relevancia en áreas urbanas a partir de la década de 1970 cuando se intensifican los procesos de ocupación del suelo vinculado a las planicies naturales de inundación de ríos y riberas de arroyos urbanos. El proceso de ocupación del territorio sin ningún tipo de regulación se ve agudizado en el país en los años 1982-1983, asociados a los efectos del fenómeno climático El Niño, cuando la crecida del río Paraguay llega a niveles extraordinarios, con pocos antecedentes registrados hasta la fecha. En esa ocasión la población ribereña ocupa espacios más altos casi siempre vinculados a los cauces hídricos, ocasionando un impacto sobre toda la ciudad debido a la ocupación de plazas y parques, refugios improvisados en terrenos públicos y privados entre otros y los efectos sanitarios típicos en estos casos.

Las inundaciones urbanas no solo son consecuencias de los desbordamientos de los ríos, sino también se vinculan con la ocurrencia de tormentas severas que se registran normalmente entre los meses de octubre y abril. Este fenómeno, asociado a la concentración de población en centros urbanos y la falta de infraestructuras de evacuación de aguas pluviales ocasionan impactos en los ámbitos sociales y económicos. En los centros urbanos y en especial en Asunción éstos impactos se traducen en calles pavimentadas deterioradas sistemáticamente por la ausencia de redes de drenaje pluvial; ausentismo laboral y escolar, impactos sobre la salud pública ante la permanencia de agua estancada en zonas próximas a los cauces hídricos, donde generalmente se concentran la población marginal y residuos sólidos depositados en forma indebida. Los arroyos urbanos en estos casos se convierten en los evacuadores del agua pluvial, el cual desborda de su cauce natural arrastrando todo tipo de residuos sólidos, que finalmente se depositan en la ribera del río Paraguay ocasionando un impacto ambiental sobre el cuerpo de agua.



Otro aspecto importante es el impacto que ocasiona la ausencia de drenaje pluvial sobre la escasa infraestructura de drenaje sanitario en ocasión de las tormentas donde el agua pluvial ingresa a la red cloacal sometiendo a ésta a sobre-presiones, reduciendo la eficiencia y su vida útil. Además, en muchas zonas donde no se tiene aún red cloacal el impacto es aún mayor con el transporte de los efluentes sanitarios, en muchos por las calles hasta los cauces hídricos, los cuales se convierten en canales abiertos de desagüe cloacal.

### **Inundaciones de origen pluvial lluvias intensas**

Los orígenes de las inundaciones pluviales urbanas están asociados con la ocurrencia de tormentas severas (TS) y el efecto de la urbanización creciente.

Las tormentas en Paraguay ocurren con mayor frecuencia durante el semestre de verano, de noviembre a abril, como consecuencia de las condiciones favorables de calor y humedad en la región. Estas tormentas están asociadas a sistemas meteorológicos conocidos como Complejos Convectivos de Mesoescala (CCM) y líneas de turbonada, ambos bien estudiados en la región (BAEZ y MONTE, 1999). El inicio de los CCM se presenta con mayor frecuencia entre las 21:00 y las 00:00 hora local con un máximo secundario entre las 13:00 y 16:00 hora local. La máxima extensión e intensidad de estos sistemas ocurre después de la medianoche (aproximadamente a las 03:00 hora local) y el tiempo promedio de disipación es la 09:00 hora local. De esta forma la duración promedio de los CCM es de 11:00 horas. La extensión promedio de los CCM está entre 200.000 y 500.000 km<sup>2</sup>. La mayor ocurrencia de las TS como consecuencia de los CCM se presenta en los meses de noviembre y abril.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Domecq et al. (s/f) *Cap. 7: Inundaciones y drenaje urbano*. Recuperado por: <http://www.geologiadelparaguay.com/Inundaciones-y-drenaje-urbano.pdf>



## Daños causados a la ciudad

En Asunción, las tormentas de lluvias de alta intensidad no solamente afectan las zonas ribereñas, sino también las zonas con pendientes, principalmente las calles. Debido a la falta de un sistema apropiado de desagüe, las lluvias caídas se concentran en las calles. De acuerdo con el Informe del Proyecto de Mejoramiento del Sistema de Desagüe de la JICA del año 1986, la inclinación del río varía de 1/34 a 1/318. La mayoría de las inclinaciones son más empinadas que 1/100 entonces el tiempo de concentración es corto y el pico de descarga máxima es significativo.

El grado de daño por inundación a las calles y bocacalles está determinado principalmente por sus condiciones topográficas, así como también por el nivel de urbanización. La construcción de casas y calles causa la reducción de las áreas permeables disminuyendo así el tiempo de concentración del agua y aumentando el coeficiente de raudales.

Los daños causados directamente por estos raudales se clasifican grosso modo en dos tipos: 1) interrupción del tráfico causada por las inundaciones en la superficie de las calles, y 2) inundaciones temporarias de pertenencias a lo largo del río, en las áreas de confluencia y en los cruces de ríos y calles. La interrupción del tráfico debido a problemas de desagüe pluvial causa un aumento del tiempo de viaje ya que los vehículos se ven obligados a desviarse y a reducir la velocidad, lo que a su vez causa una reducción de la productividad. La pérdida de tiempo de viaje varía de menos de una hora a seis horas. Las inundaciones temporarias generalmente afectan a las propiedades privadas como casas y sus respectivos muebles, las cuales permanecen a veces hasta doce horas bajo agua; y también dañan la agricultura y otros cultivos menores.<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> Domecq et al. (s/f) *Cap. 7: Inundaciones y drenaje urbano*. Recuperado por: <http://www.geologiadelparaguay.com/Inundaciones-y-drenaje-urbano.pdf>



### 2.2.5 Promedio de lluvias en el sector de estudio

Capiatá tiene un promedio anual de más de 1.400 mm de lluvia. Las lluvias se concentran entre los meses de octubre y abril, que representa la temporada larga de lluvias. El mes más lluvioso es noviembre, con 161 mm en promedio al mes; seguido de abril, con 155 mm de promedio mensual. La temporada más seca, de mayo a septiembre, tiene un promedio mensual de 43 mm.

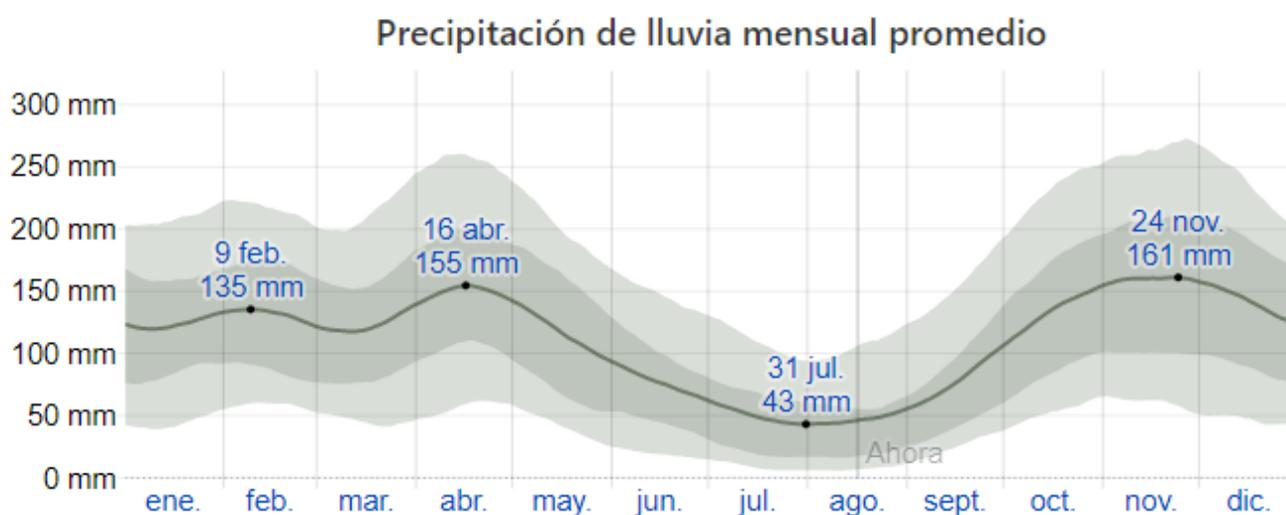


Figura 12. Fuente: Weather Spark

La precipitación ocurre a menudo en forma de tormentas intensas y cortas, lo que significa que la cantidad de lluvias anuales no es demasiado alta. Capiatá tiene una probabilidad diaria de precipitación del 39% en los meses más lluviosos, y del 16% en la temporada más seca.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis from NASA (2017) *El clima promedio en Capiatá*. Recuperado por: <https://es.weatherspark.com/y/29164/Clima-promedio-en-Capiat%C3%A1-Paraguay-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>

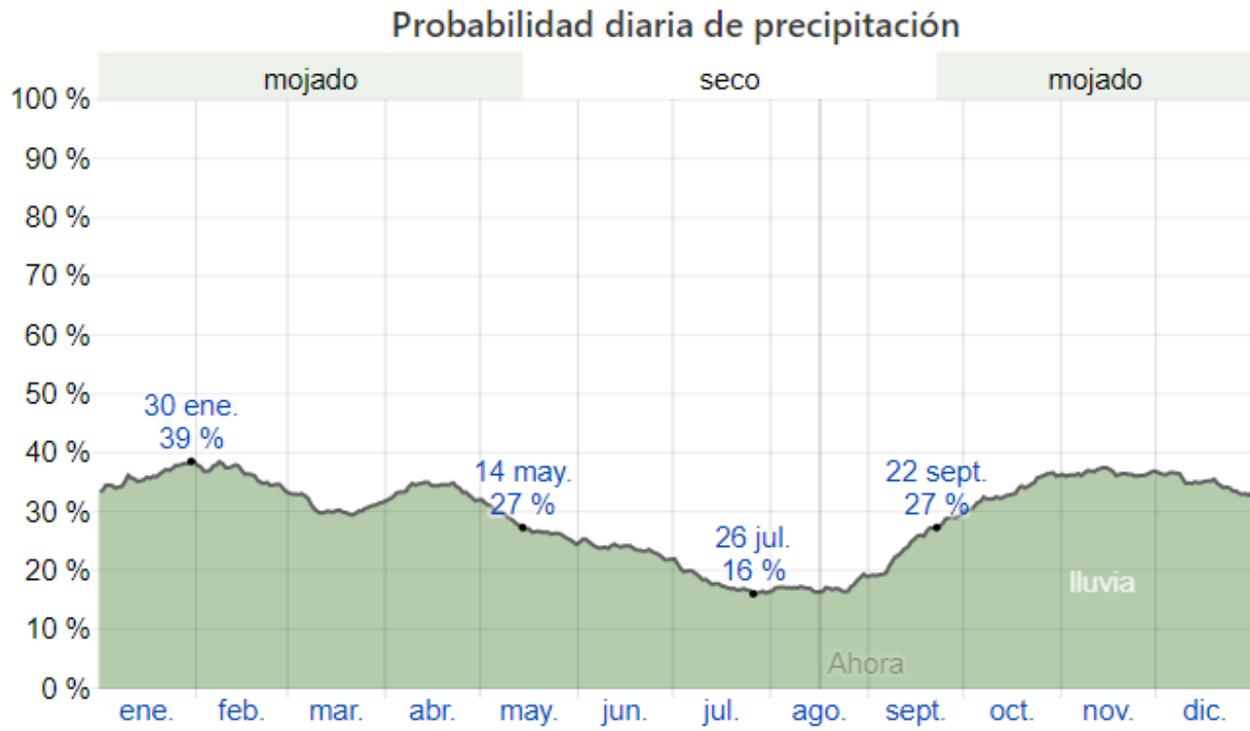


Figura 13. Fuente: Weather Spark



### Inundaciones de origen pluvial en el sector de estudio

La inundación de la zona es una consecuencia de diversos factores, como; la tala de árboles, topografía elevada, actualmente carente de la esponja vegetal y cuya cota menor se encuentra en la calle principal, también la impermeabilización del suelo, y la falta de infraestructura necesaria, es decir, no cuenta con bocas de tormenta ni alcantarillado.



*Imagen ilustrativa. Fuente: Concepción noticias*

Todos estos factores mencionados, hacen que el suelo no tenga mucha capacidad de absorción, que devuelta trae consigo otras consecuencias, como por ejemplo, el agua que no es absorbida por el suelo va hacia la calle principal en donde la inundación es aún más pronunciada, e imposibilita a los peatones y automóviles a circular por ella, además las calles de tierra, se ven sumamente afectadas en su morfología, creando sectores de mucho lodo por donde no se puede circular o es realmente difícil llegar a destino, creando un barrio con un aspecto poco agradable.

A nivel municipio también observamos que son comunes las inundaciones de origen pluvial, los destrozos de viviendas, bienes materiales, vehículos son constantes en una ciudad



que no tiene previsto un adecuado sistema de desagüe pluvial y también a causa del desborde de arroyos luego de grandes lluvias.

ÚLTIMA HORA: 15 DE ENERO DE 2018

RESCATE. Varias familias fueron rescatadas en medio del desborde del arroyo Capiatá, a la altura del km 21 de la compañía Rojas Cañada. El más dramático se dio cuando agentes de la Unidad de Rescate tuvieron que salvar a una familia compuesta por un bebé de 3 meses y un niño de 4 años. Además, el padre de esa familia tuvo que ser sacado en camilla, pues estaba con diversas heridas producidas por un accidente de motocicleta.<sup>35</sup>

ABC: 24 DE FEBRERO DE 2015

INUNDACIÓN SÚBITA EN CAPIATÁ. Unas 250 familias de Capiatá quedaron damnificadas tras la inundación súbita del arroyo del mismo nombre, por causa del temporal registrado ayer por la tarde, confirmó la Secretaría de Emergencia Nacional (SEN)<sup>36</sup>

PARAGUAY.COM: 15 DE ENERO DE 2018

LLUVIA INUNDÓ BARRIOS EN CENTRAL. Las precipitaciones que se registraron el fin de semana afectaron gran parte del departamento Central y barrios de Asunción. San Lorenzo, Ñemby, Fernando de la Mora, Aregua, Itauguá y Capiatá se vieron afectadas por la gran cantidad de lluvia caída, en donde los arroyos y la falta de cuidados en los sistemas de drenajes provocaron inundaciones.<sup>37</sup>

---

<sup>35</sup> Diario Última Hora (15 de enero del 2018) Recuperado por: <https://www.ultimahora.com/intensa-lluvia-agravo-la-inundacion-capital-y-desbordo-arroyos-central-n1128814.html>

<sup>36</sup> ABC Digital (24 de febrero del 2015) *Inundación súbita en Capiatá*. Recuperado por: <https://www.abc.com.py/nacionales/inundacion-subita-en-capiata-1339758.html>

<sup>37</sup> Paraguay.com (15 de enero del 2018) *Lluvia inundó barrios en Central*. Recuperado por: <http://www.paraguay.com/nacionales/lluvia-inundo-barrios-en-central-y-crecida-afecta-a-1-000-familias-172973>



### 2.2.6 Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)

El continuo y rápido crecimiento de las ciudades, que conlleva una progresiva impermeabilización del suelo, está alterando gravemente el ciclo hidrológico natural del agua. Cada vez se necesitan colectores más grandes, más largos, y una necesidad de depurar un agua de lluvia que en su origen era limpia. La necesidad de afrontar la gestión de las aguas pluviales desde una perspectiva diferente a la convencional, que combine aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, está llevando a un aumento progresivo a nivel mundial del uso de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), también conocidos como BMP's (Best Management Practices).

Los enfoques para gestionar las aguas superficiales que tienen en cuenta la cantidad de agua (inundaciones), la calidad del agua (contaminación), la biodiversidad (vida silvestre y plantas) y las comodidades se denominan colectivamente sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

La filosofía de los SUDS es reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana. Su objetivo es minimizar los impactos del desarrollo urbanístico en cuanto a la cantidad y la calidad de la escorrentía (en origen, durante su transporte y en destino), así como maximizar la integración paisajística y el valor social y ambiental de la actuación.<sup>38</sup>

Los sistemas de drenaje pueden contribuir al desarrollo sostenible y mejorar los lugares y espacios donde vivimos, trabajamos y jugamos al equilibrar las diferentes oportunidades y desafíos que influyen en el diseño urbano y el desarrollo de las comunidades.

---

<sup>38</sup> Mompares y Dómenech (2000) *Sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado por: <http://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/05/gestion-del-agua-en-el-planeamiento.pdf>



Los SUDS imitan la naturaleza y normalmente gestionan la lluvia cerca de donde cae. Pueden diseñarse para transportar agua superficial, disminuir la escorrentía (atenuar) antes de que ingrese a los cursos de agua, proporcionan áreas para almacenar agua en contornos naturales y pueden usarse para permitir que el agua se empape (se infiltre) en el suelo o se evapore agua superficial y perdida o transpirada de la vegetación (conocida como evapotranspiración).

Los SUDS son sistemas de drenaje que se consideran beneficiosos para el medio ambiente, ya que causan daños perjudiciales mínimos o nulos a largo plazo. A menudo se consideran como una secuencia de prácticas de gestión, estructuras de control y estrategias diseñadas para drenar el agua superficial de forma eficiente y sostenible, al tiempo que se minimiza la contaminación y se gestiona el impacto en la calidad del agua de los cuerpos de agua locales.<sup>39</sup>

Los SUDS son más sostenibles que los métodos de drenaje tradicionales porque:

- Administran los volúmenes de escorrentía y las tasas de flujo de superficies duras, reduciendo el impacto de la urbanización en las inundaciones.
- Brindan oportunidades para usar la escorrentía donde cae
- Protegen o mejoran la calidad del agua (reduciendo la contaminación por escorrentía)
- Protegen los regímenes de flujo natural en los cursos de agua.
- Son comprensivos con el medio ambiente y las necesidades de la comunidad local.
- Proporcionan un hábitat atractivo para la vida silvestre en los cursos de agua urbanos.
- Brindan oportunidades para la evapotranspiración de la vegetación y el agua superficial.
- Fomentan la recarga natural de aguas subterráneas / acuíferos (cuando corresponda)

---

<sup>39</sup> Susdrain, the community for sustainable drainage. Delivering SuDS-Background. Recuperado por: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>



- Crean mejores lugares para vivir, trabajar y divertirse.<sup>40</sup>

### Tipologías

Aunque no existe un consenso universal para la clasificación de las diferentes tipologías de SUDS, una de las más recurrentes en la literatura es la que se muestra a continuación.

### Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales previenen por una parte la contaminación del agua reduciendo las fuentes potenciales de contaminantes y por otra evitan parcialmente el tránsito de las escorrentías hacia aguas abajo y su contacto con contaminantes.

Entre las medidas estructurales de mayor difusión cabe citar las siguientes:

- Educación y programas de participación ciudadana para: concienciar a la población del problema y sus soluciones, identificar agentes implicados y esfuerzos realizados hasta la fecha, cambio de hábitos, hacer partícipe del proceso a la población.
- Planificar y diseñar minimizando las superficies impermeables para reducir la escorrentía.
- Limpieza frecuente de superficies impermeables para reducir la acumulación de contaminantes.
- Controlar la aplicación de herbicidas y fungicidas en parques y jardines.
- Controlar las zonas en obras para evitar el arrastre de sedimentos.
- Asegurar la existencia de procedimientos de actuación y equipamiento adecuado para tratar episodios de vertidos accidentales rápidamente y con técnicas secas en lugar de limpieza con agua.

---

<sup>40</sup> Susdrain, the community for sustainable drainage. Delivering SuDS-Background. Recuperado por: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>



- Limitar el riesgo de que la escorrentía entre en contacto con contaminantes.
- Control de las conexiones ilegales al sistema de drenaje.
- Recogida y reutilización de pluviales.

### Medidas estructurales

Se consideran medidas estructurales aquellas que gestionan la escorrentía contaminada mediante actuaciones que contengan en mayor o menor grado algún elemento constructivo o supongan la adopción de criterios urbanísticos ad hoc. Las medidas estructurales más utilizadas son las siguientes:



#### Techos verdes. (Green-roofs)

Sistemas multicapa con cubierta vegetal que recubren tejados y terrazas de todo tipo. Están concebidas para interceptar y retener las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando el

caudal pico. Además, retienen contaminantes, actúan como capa de aislante térmico en el edificio y ayudan a compensar el efecto “isla de calor” que se produce en las ciudades.



#### Superficies permeables (Porous /

#### Permeable Paving)

Pavimentos que permiten el paso del agua, abriendo la posibilidad a que ésta se infiltre en el terreno o bien sea captada y retenida en capas sub-superficiales para su posterior

reutilización. Existen diversas tipologías, entre ellas: césped, bloques impermeables con



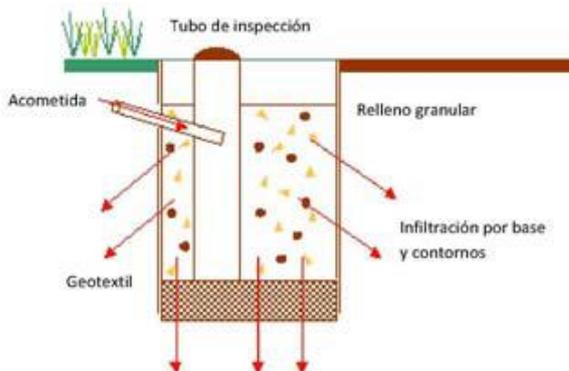
juntas permeables, bloques y baldosas porosas, pavimentos continuos porosos (asfalto, hormigón, resinas, etc.).



### Franjas filtrantes (Filter Strips)

Franjas de suelo vegetadas, anchas y con poca pendiente, localizadas entre una superficie dura y el medio receptor de la escorrentía (curso de agua o sistema de captación, tratamiento, y/o evacuación o

infiltración). Propician la sedimentación de las partículas y contaminantes arrastrados por el agua, así como la infiltración y disminución de la escorrentía. <sup>41</sup>



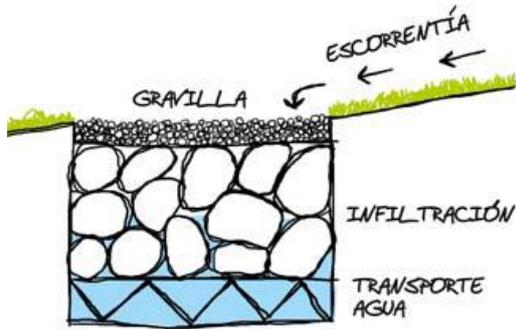
### Pozos y zanjas de infiltración (Soakaways

### & Infiltration Trenches)

Pozos y zanjas poco profundos (1 a 3 m) rellenos de material drenante (granular o sintético), a los que vierte escorrentía de superficies impermeables contiguas. Se conciben

como estructuras de infiltración capaces de absorber totalmente la escorrentía generada por la tormenta de diseño para la que han sido diseñadas.

<sup>41</sup> Mompertes y Dómenech (2000) *Sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado por: <http://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/05/gestion-del-agua-en-el-planeamiento.pdf>



### Drenes filtrantes. (Filter Drains)

Zanjas poco profundas rellenos de material filtrante (granular o sintético), con o sin conducto inferior de transporte, concebidas para captar y filtrar la escorrentía de superficies impermeables

contiguas con el fin de transportarlas hacia aguas abajo. Además, pueden permitir la infiltración y la laminación de los volúmenes de escorrentía.



### Cunetas verdes. (Swales)

Estructuras lineales vegetadas de base ancha (> 0,5 m) y talud tendido (< 1V:3H) diseñadas para almacenar y transportar superficialmente la escorrentía. Deben generar bajas velocidades (<

1-2 m/s) que permitan la sedimentación de las partículas para una eliminación eficaz de contaminantes. Adicionalmente pueden permitir la infiltración a capas inferiores.



### Depósitos de infiltración. (Infiltration Basins)

Depresiones del terreno vegetadas diseñadas para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en superficies contiguas. Se promueve así la transformación de un flujo



superficial en subterráneo, consiguiendo adicionalmente la eliminación de contaminantes mediante filtración, adsorción y transformaciones biológicas.<sup>42</sup>



### Depósitos de detención en superficie

#### (Detention Basins)

Depósitos superficiales diseñados para almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía generados aguas arriba, laminando los caudales punta. Favorecen la sedimentación y con ello la reducción de la contaminación. Pueden emplazarse en “zonas muertas” o ser compaginados con otros usos, como los recreacionales, en parques e instalaciones deportivas.



### Depósito de detención enterrado

#### (Detention Basins)

Enterrados Cuando no se dispone de terrenos en superficie, o en los casos en que las condiciones del entorno no recomiendan una infraestructura a cielo abierto, estos depósitos se construyen en el subsuelo. Se fabrican con materiales diversos, siendo los de hormigón armado y los de materiales plásticos los más habituales.

<sup>42</sup> Mompertes y Dómenech (2000) *Sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado por: <http://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/05/gestion-del-agua-en-el-planeamiento.pdf>



### Estanque de retención (Retention Ponds)

Lagunas artificiales con lámina permanente de agua (de profundidad entre 1,2 y 2 m) con vegetación acuática, tanto emergente como sumergida. Están diseñadas para garantizar largos periodos

de retención de la escorrentía (2-3 semanas), promoviendo la sedimentación y la absorción de nutrientes por parte de la vegetación.



### Humedal (Wetlands)

Similares a los anteriores, pero de menor profundidad y con mayor densidad de vegetación emergente, aportan un gran potencial ecológico, estético, educacional y recreativo.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> Mompares y Dómenech (2000) *Sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado por: <http://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/05/gestion-del-agua-en-el-planeamiento.pdf>

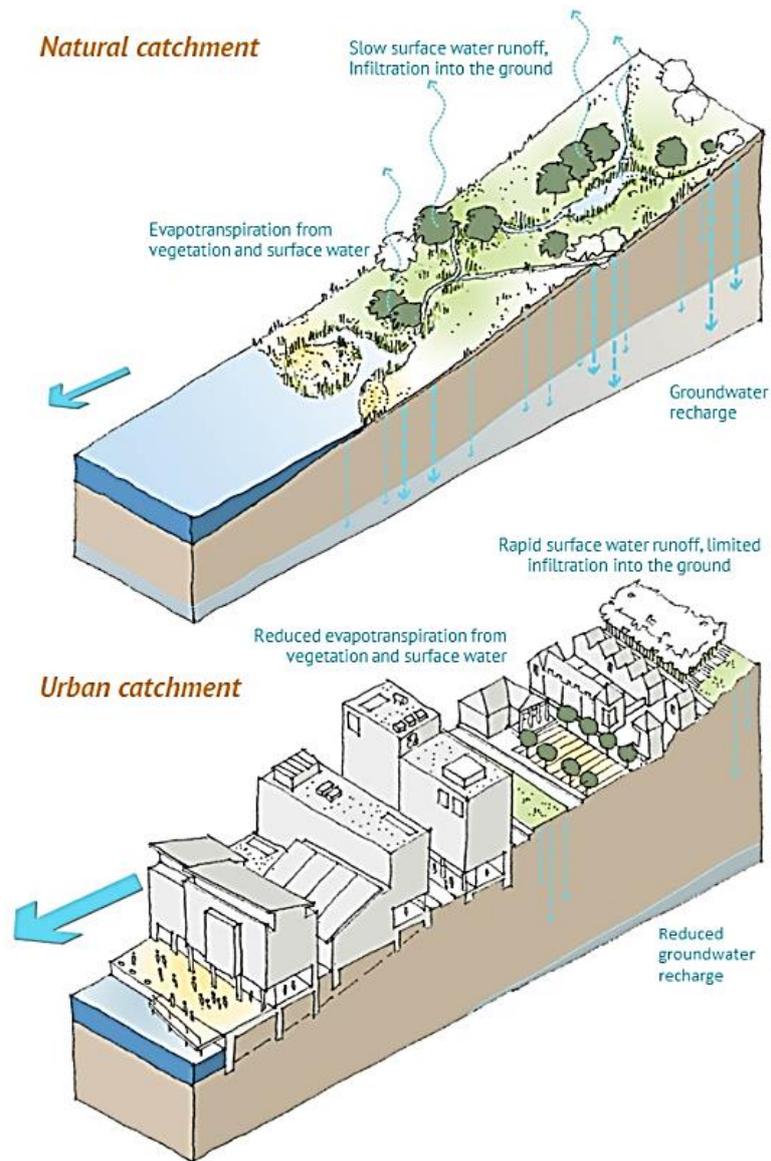


Figura 14. Fuente susdrain.org

La figura demuestra los impactos de la urbanización en una cuenca al reducir su permeabilidad y aumentar la escorrentía de agua superficial. Esto reduce las oportunidades de que el agua se gestione de forma natural con el potencial de contaminación e inundaciones localizadas cuando los sistemas de tuberías no pueden hacer frente a las lluvias.<sup>44</sup>

<sup>44</sup> Susdrain, the community for sustainable drainage. Delivering SuDS-Background. Recuperado por: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>



SuDS también puede permitir nuevos desarrollos en áreas donde los sistemas de alcantarillado existentes están cerca de su capacidad total, permitiendo así el desarrollo dentro de las áreas urbanas existentes.

El drenaje sostenible se está alejando del pensamiento tradicional de diseñar solo para gestionar el riesgo de inundaciones, donde la escorrentía se considera un estímulo a una filosofía de donde el agua superficial es un recurso valioso y debe gestionarse para obtener el máximo beneficio.

El drenaje sostenible es un concepto que incluye factores ambientales y sociales a largo plazo en las decisiones sobre drenaje. Tiene en cuenta la cantidad y calidad de la escorrentía y el valor estético y de entretenimiento del agua superficial en el entorno urbano. Muchos sistemas de drenaje urbano existentes pueden causar problemas de inundaciones, contaminación o daños al medio ambiente y no están demostrando ser sostenibles en el contexto de los desafíos más amplios del cambio climático y la urbanización.<sup>45</sup>

La planificación y el diseño de un sistema SuDS deben enfocarse como una tarea multidisciplinar, en la que deben intervenir disciplinas como la hidrología, hidráulica, geotecnia, cálculo de estructuras, impacto ambiental, paisajismo, urbanismo, etc. Asimismo, debe involucrar a todos los agentes implicados en el proceso, desde las etapas previas de planeamiento hasta el uso y explotación de las infraestructuras. Si bien son muchas las disciplinas a tener en cuenta, la hidrología y la hidráulica pueden considerarse las más importantes de cara al correcto dimensionamiento de las infraestructuras.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> Susdrain, the community for sustainable drainage. Delivering SuDS-Background. Recuperado por: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>

<sup>46</sup> Mompertes y Dómenech (2000) *Sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado por: <http://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/05/gestion-del-agua-en-el-planeamiento.pdf>



## Ejemplos de implementación de SUDS en el mundo

En los Estados Unidos, al igual que ocurría en muchos otros lugares, durante muchos años se enfocó la legislación en materia de drenaje urbano al problema de las inundaciones. Sin embargo, ya en la década de los 70 se reconoció el problema de la contaminación difusa, reflejando en 1987 esta problemática en la Clean Water Act que derivó en programas específicos de actuación para resolver este problema. La progresiva concienciación durante las dos últimas décadas de la necesidad de mejorar la calidad de las aguas condujo a la aparición del concepto de Best Management Practices (BMPs). Desde el desarrollo de las BMP, varios estados y gobiernos locales han adoptado un gran número de leyes, normativas y ordenanzas para fomentarlos u obligar a su utilización. Un proceso similar es el que se produjo en Australia a finales de la década de los 90, contando en la actualidad con normativa, legislación y manuales de diseño propios.

En Europa, la gestión de las escorrentías urbanas se ha centrado en el control de las inundaciones, y no ha sido hasta hace aproximadamente una década cuando se ha empezado a tomar conciencia del problema de la contaminación difusa. A partir de entonces, comienzan a adoptarse criterios combinados de cantidad y calidad, intentando maximizar la integración paisajística y el valor social y ambiental de las actuaciones. El uso de las diferentes técnicas SUDS está más extendido en los países del centro y norte de Europa que en la zona sur, donde países como España, Italia, Grecia y Portugal cuentan todavía con escasas experiencias.

Por otra parte, las tipologías de SUDS empleadas varían entre países. Como ejemplo de implantación integral de técnicas SUDS en una actuación urbanística cabe citar el proyecto Porte des Alpes en Lyon (Francia). Durante el planeamiento del parque tecnológico Porte des Alpes en St. Priest (200 ha) se adoptaron técnicas SUDS para dar respuesta a los diferentes condicionantes del lugar, entre ellos la falta de una salida natural de drenaje. De este modo, se conjugaron soluciones como cunetas verdes, drenes filtrantes, estanques de retención y depósitos de



infiltración que constituyen el punto final del sistema. Las instalaciones están abiertas al público permitiendo el desarrollo de otras actividades: educativas, recreativas y deportivas.

Aunque la aplicabilidad de estas tecnologías parece evidente para zonas de nuevo desarrollo, no deben descartarse en zonas ya consolidadas. Como ejemplo cabe citar las actuaciones que se están acometiendo en la ciudad de Nijmegen (Holanda), que se centran en la idea de desconectar áreas impermeables (tejados y superficies pavimentadas) de la red de colectores, utilizando en su lugar soluciones tipo SUDS para gestionar estas escorrentías (cubiertas vegetadas, pavimentos porosos, almacenamiento para posterior reutilización en cisternas de inodoros y riego de jardines, etc.).



*Cuneta verde (Lyon, Francia)*



*Estanque de retención (Lyon, Francia)*

### **Ejemplos a nivel local**

La problemática relacionada con el drenaje urbano en el Paraguay, al igual que en la mayoría de los centros urbanos de América Latina, es compleja, y las causas subyacentes son varias. Sin embargo, simplificando, se puede decir que la causa principal es la forma como se planifica el drenaje, como se planifica lo urbano. El acelerado proceso de urbanización y la manera en que se da este proceso, por un lado, y las opciones elegidas para solucionar los



problemas derivados de este proceso, por el otro, deben ser centrales en el tratamiento de la problemática del drenaje urbano.<sup>47</sup>

Estas tecnologías alternativas de drenaje urbano no se han consolidado todavía en nuestro país. Si bien, vamos avanzando con los años hacia propuestas más concretas, las mismas se encuentran con obstáculos a la hora de ser llevados a la realidad. No obstante, el interés por los mismos es patente, y en los últimos años se están empezando a desarrollar, aunque de forma todavía tímida, estos sistemas. A continuación, citamos algunas propuestas recientes de drenaje sustentable:

- *Optimización del sistema de drenaje pluvial de la Secretaría Nacional de Deportes y el Instituto Superior de Educación, en base a modelación matemática y técnicas S.U.D.S (Sistema Urbano de Drenaje Sostenible)* fue el proyecto de fin de carrera de los estudiantes Juan Pablo Patiño Ruíz Díaz y Pablo Antonio Adorno Zaracho de la carrera de Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (FIUNA).<sup>48</sup>

-Plan Maestro de drenaje pluvial y control de inundaciones. El plan maestro a ser diseñado en base a un detallado análisis de diagnóstico sobre las inundaciones y las cuencas en las cuales se producen, que ya se encuentra en fase de elaboración. El costo de la elaboración del plan es de USD 825.000 y es financiado por el BID a través de una cooperación técnica no reembolsable, teniendo como organismo responsable el MOPC.<sup>49</sup>

-La municipalidad de Asunción presentó un proyecto de Sistema de Drenaje Pluvial Sustentable, que aseguran resolverá el problema de inundación y deterioro de asfalto en la capital. En el

---

<sup>47</sup> Essap-Senasa. (s/f) *Usos del agua en Paraguay*. Recuperado por: [http://chmparaguay.com.py/informaciones-ambientales/Agua/senasa-essap-altervida\\_b-usos-del-agua-en-paraguay\[1\].pdf](http://chmparaguay.com.py/informaciones-ambientales/Agua/senasa-essap-altervida_b-usos-del-agua-en-paraguay[1].pdf)

<sup>48</sup> FIUNA (2017) *Presentaron un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible*. Recuperado por: <http://www.ing.una.py/?p=22697>

<sup>49</sup>Asunción sostenible (2015) *Plan de Acción de Asunción, Paraguay. Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES)*. Recuperado por: [https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/asunci\\_\\_n\\_sostenible/166](https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/asunci__n_sostenible/166)



marco del lanzamiento de este proyecto, el intendente Mario Ferreiro indicó que pretende realizar acciones de infraestructura en sintonía con la sostenibilidad del medio ambiente en Asunción.<sup>50</sup>



*Parque Urbano. Fotografía propia*



*Parque Itaipú. Fuente: CDE noticias*

Vemos ejemplos de pavimentos permeables en parques públicos como el Parque Urbano de Asunción y el Parque Lineal Itaipú.

### 2.2.7 ¿Cuáles son las fuentes de obtención de agua?

Paraguay es el país con mayor disponibilidad de agua dulce por persona en América Latina. Se calcula en 67.000 m<sup>3</sup> per cápita por año. Casi la totalidad del agua que llega a los consumidores proviene de fuentes subterráneas. Pero más allá de esta abundancia, **el agua es un recurso escaso. Las fuentes de obtención de agua son muy diversas pero la necesidad es grande.**

Según la OMS, más del 40% de la población mundial padece la escasez de agua. El cambio climático, con sus sequías e inundaciones, agrava la situación. Por eso hasta se está estudiando cómo desalinizar agua de los océanos.<sup>51</sup>

<sup>50</sup>Paraguay.com (2016) *Lanzan plan para acabar con los raudales en Asunción*. Recuperado por: <http://www.paraguay.com/nacionales/lanzan-plan-para-acabar-con-los-raudales-en-asuncion-147433>

<sup>51</sup> Agua pura (2020) *¿Cuáles son las fuentes de obtención del agua?* Recuperado por: <https://www.aguapura.com.py/cuidado-del-agua/cuales-son-las-fuentes-de-obtencion-de-agua/>



## Fuentes de obtención de agua en Paraguay y en el mundo

Es sabido que el 70% del planeta Tierra es agua. Sin embargo, casi la totalidad del agua es salada. Solamente el 2,5% es dulce y se encuentra en tres tipos de fuentes:

-Subterráneas: acuíferos, napas.

-Superficiales: ríos, arroyos, manantiales, deshielo.

-Atmosféricas: agua de lluvia.

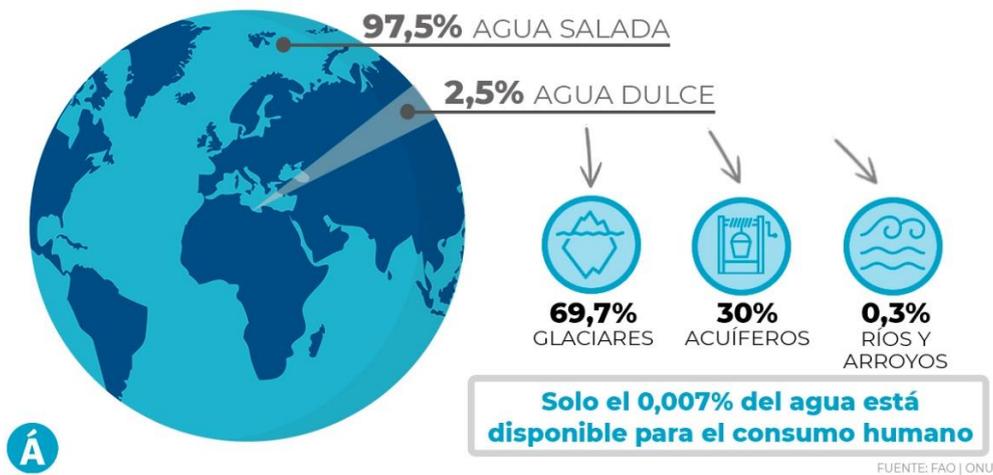


Figura 15. Fuente Ágora diario

Paraguay tiene una riqueza hídrica que le permite contar con todas las fuentes de obtención de agua. Según el estudio de Usos y Gobernabilidad del Agua en el Paraguay, la población se abastece para beber de aguas subterráneas, aguas superficiales y hasta agua de lluvia. La ciudad de Asunción consume agua del río Paraguay y el acuífero Patiño; el área metropolitana utiliza el acuífero Patiño y la región rural se abastece en acuíferos y ríos. En la región del Chaco por su parte se utiliza agua de lluvia, ríos y aguas subterráneas desalinizadas.<sup>52</sup>

<sup>52</sup> Agua pura (2020) *¿Cuáles son las fuentes de obtención del agua?* Recuperado por: <https://www.aguapura.com.py/cuidado-del-agua/cuales-son-las-fuentes-de-obtencion-de-agua/>



En cuanto a otros usos del agua, la agricultura y la ganadería utilizan mayormente aguas atmosféricas, la industria aguas subterráneas y la generación de energía, aguas superficiales. A pesar de que más del 40% de la población mundial no tiene acceso al agua segura, el agua existente es suficiente para satisfacer las necesidades actuales y futuras. Sin embargo, se debe cambiar la forma de gestionar, usar y compartir el agua. Según el informe Un Water de las Naciones Unidas, por lo menos la mitad de la población mundial se abastece de agua potable subterránea.

### **Fuentes de agua en el hogar**

Las fuentes de abastecimiento de agua en los centros urbanos son, o mejor dicho eran, dos: el agua de la canilla y el agua de lluvia. Actualmente, frente a los riesgos de contaminación y alertas de enfermedades infecciosas causadas por el agua, muchas familias optan por consumir agua embotellada. El agua embotellada es considerada dentro de las encuestas oficiales como una fuente de abastecimiento significativa.

La comercialización y consumo de agua embotellada ha aumentado exponencialmente en los últimos años, creciendo a razón de un 10 a 15% anual. En realidad, no hay demasiados controles sobre este tipo de bebida y en general suele ser igual, cuando no menos segura que el agua de red o de pozo. Además, tiene un costo económico adicional y está asociada a la contaminación por plásticos. Por eso la estrategia recomendada hasta por las propias autoridades de salud es la instalación de filtros o purificadores. Esta medida se puede complementar con la potabilización ante

### **Abastecimiento de agua potable en Paraguay**

La infraestructura de abastecimiento consiste en proveer a las ciudades de agua potable, es una parte fundamental de la infraestructura urbana. Sobre esta problemática están disponibles diversos estudios relativamente actuales.



Desde la mirada urbanística es necesario entender la distribución física y el impacto territorial de esta infraestructura, los puntos centrales de la red y como estos se relacionan con la ciudad. Así también entender como los principales actores institucionales configuran estos usos *en el espacio de la región metropolitana de Asunción*. En esta región las fuentes de agua son tanto superficiales (río Paraguay, lago Ypakaraí) como subterráneas (Acuífero Patiño y Caacupé). La captación pluvial directa es insignificante actualmente para ser contabilizada como tal. Los factores principales desde el punto de vista del abastecimiento correcto son *calidad, cantidad, disponibilidad en tiempo y precio*.

La calidad inicial del agua está dada en gran parte por las condiciones de captación; las *aguas superficiales* son más vulnerables a una contaminación puntual, pero por la propia dinámica de los ríos y arroyos también más rápidas en descontaminar si comparamos con el *agua subterránea*, que al estar a gran profundidad tiene mayor protección de los impactos inmediatos en superficie, pero su descontaminación es más compleja.

Estos factores deben ser considerados cuando analizamos los costos y beneficios de acuerdo al tipo de abastecimiento. Es una situación favorable el disponer de más de una fuente de abastecimiento. Sin embargo, los estudios indican 3 niveles de cobertura de suministro de agua con amplias variaciones; 96 %, del Municipio de Asunción abastecido, mientras que otros municipios metropolitanos menos del 64 % como Luque. Esto significa que, si bien existe una abundancia relativa del recurso, su acceso no es extendido a toda la población.<sup>53</sup>

El Paraguay es uno de los países con mayores recursos hídricos de la región, sin embargo, los indicadores de cobertura en los servicios de agua potable y alcantarillado son muy

---

<sup>53</sup> Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>



bajos (54% y 11%, respectivamente) en comparación con otros países de América Latina, aún con menor nivel de ingreso per cápita.

El país tiene una densidad poblacional baja con una concentración poblacional alta en las zonas urbanas y sus alrededores (aproximadamente el 65% de la población vive en un área equivalente al 5% del área total del país), lo cual dificulta la expansión de los servicios para aquellos sectores rurales, porque esto incrementa en gran medida las necesidades de inversión en redes de distribución por habitante (se necesitan muchos kilómetros de cañerías para pocas conexiones).

### **Sector Urbano: Essap y aguaterías privadas**

En cuanto a dicho sector, se indica que, por la legislación vigente, corresponde a la ESSAP prestar el servicio en Zonas Urbanas, sin embargo, la anterior CORPOSANA no pudo realizar la ampliación de sus sistemas a todas las ciudades consideradas urbanas en el Área Metropolitana de Asunción ni tampoco en el interior del país, por lo que dichas zonas (principalmente en el Departamento Central) se desarrollaron nuevos operadores privados llamados aguateros.

Los Aguateros son operadores privados que manejan sistemas pequeños, en promedio de menos de 1000 conexiones, los mismos cuentan con escasos recursos, problemas de morosidad por parte de los usuarios, desperfectos o fallas imprevistas de los equipos y poca preparación administrativa y técnica del personal lo cual hacen que la gestión de la calidad de prestación del servicio de estos prestadores sea claramente ineficiente.<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup> ERSSAN (2013) *Diagnóstico del sector de agua potable y alcantarillado sanitario y propuesta para la modernización del sector* Recuperado por:  
<https://web.archive.org/web/20090105181125/http://www.erssan.gov.py/modernizacion.html>



## Agua subterránea y agua superficial

**-Extracción de agua subterránea:** De acuerdo con el balance hídrico, la mayor parte del abastecimiento de agua potable en la zona metropolitana es hecho mediante la extracción de agua subterránea, proveniente principalmente del acuífero Patiño. La multiplicidad de actores involucrados indica la dificultad en contabilizar el verdadero volumen de esta extracción ya que la posibilidad de fiscalización del ente regulador se ve superada por la demanda actual. Una diferencia importante en el abastecimiento se da si la extracción es de una red o de manera individual, principalmente porque la existencia de una red implica un grado mayor de organización de los servicios, por ende, la posibilidad de un mayor cuidado de los parámetros no solo de calidad como de eficiencia. Esto es distinto en contextos rurales, ya que, debido al gran costo de la infraestructura por las distancias de cada punto de uso, se vuelven inviables económicamente. El total de pozos registrados en el SENASA y revisados por el balance indican 1.922 pozos registrados. El volumen de extracción estimado varía de 5 m<sup>3</sup>/hr a 75 m<sup>3</sup>/hr (BHI, 2007).

**-Captación de aguas superficiales:** Un pequeño porcentaje de la población, concentrada básicamente en la capital, cuenta con abastecimiento de agua potable proveniente de la ESSAP, esta capta en gran parte agua directamente del río Paraguay, mientras que el 72 % de las viviendas del departamento central dependen de agua suministrada por aguateras o pozos individuales.<sup>7</sup> La captación de aguas superficiales en grandes cantidades se da solamente en algunas industrias cercanas al río y que utilizan en funciones generalmente no potables. La captación de agua superficial de los lagos en una escala considerable es hecha únicamente en el Ypacaraí, donde el 80 % del agua distribuida en San Bernardino proviene del lago.<sup>8</sup> El uso del agua de arroyos se da de forma dispersa en propiedades rurales mediante represas de pequeño porte, no existen datos sobre este tipo de captación.



El agua subterránea es la que ocupa la zona saturada del subsuelo (WMO, 2012). Cualquier tipo de agua contenida en la tierra, independientemente de la dinámica de flujo, su profundidad y del tipo de material del que está formado el suelo, usualmente estudiadas en la forma de acuíferos. El acuífero es una unidad geológica capaz de almacenar, filtrar y liberar agua. El agua subterránea fluye hacia los niveles más bajos debido a la gravedad llegando eventualmente a interceptar cursos de agua superficiales como arroyos, ríos, lagos y océanos cuando la profundidad en la que se encuentran lo permite. Cuando esto sucede pasan a formar parte de la categoría de Aguas Superficiales. Una imagen recurrente al hablar de agua subterránea es la de cuevas de piedra repletas de agua, esto no necesariamente es el caso, generalmente los acuíferos consisten en un conjunto de diferentes tipos de suelos y rocas con fisuras pequeñas que permiten el flujo y acumulación del agua de tipo detrítico. Los acuíferos que imaginamos como ríos subterráneos son en realidad acuíferos del tipo kárstico<sup>1</sup> y son menos frecuentes. Estos consisten en un tipo de formación subterránea de roca caliza que es erosionada por el agua durante la infiltración, generando una trama de grietas, fracturas y cuevas en distintos canales, incluso en dimensiones que permiten ser recorridos por las personas.

### **Consumo de agua en el mundo**

El agua es un elemento vital para la vida, y su disponibilidad para el uso marca las tendencias de la sociedad.

Sin embargo, no todas las poblaciones tienen acceso al agua potable, se estima que sólo el 60% de la población mundial tiene acceso al agua potable, de ahí que en muchos lugares se convierta, incluso, en un factor estratégico, ya que todo el mundo necesita un saneamiento básico. Estos servicios son esenciales para la salud y la dignidad humana, y están recogidos en tratados internacionales como, por ejemplo, la Convención sobre los Derechos Humanos o en los Derechos del Niño.



En relación al tamaño de la población, las regiones con menos acceso a agua potable son las islas del Pacífico y el África subsahariana, en las que carecen de acceso, respectivamente, un 48% y 42% de la población.

El porcentaje en Asia oscila entre el 12% en Asia occidental hasta el 22% en Asia oriental. Esto supone que 674 millones de personas de este continente (2/3 partes de la población mundial) no disponen de acceso a agua potable.

Asimismo, un 42% de la población mundial carece de acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento. Las tasas más reducidas se encuentran en el África subsahariana (64%) y Asia meridional (63%).

Es decir, la distribución irregular del agua por áreas hace que muchos países dispongan de un recurso insuficiente cuya disponibilidad está sujeta a ciclos, presentándose periódicamente sequías que provocan graves crisis de abastecimiento.<sup>55</sup>

### **El crecimiento insostenible y la creciente demanda mundial de agua**

El crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización y el aumento de la producción y el consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor. Se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual (2030 WRG, 2009).

La cuestión es que hay agua suficiente como para satisfacer las necesidades crecientes del mundo, pero no si no cambiamos radicalmente el modo en que se usa, se maneja y se comparte el agua. La crisis hídrica mundial es una crisis de gobernanza (WWAP, 2006), mucho más que de recursos disponibles.

---

<sup>55</sup> Línea verde. Smart City (2020) *Guías de buenas prácticas sobre medio ambiente*. Recuperado por: <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/consumo-de-agua-en-el-mundo.asp>



Las demandas en competencia entre sí aumentan el riesgo de conflictos localizados y conllevarán decisiones cada vez más difíciles en lo que respecta a la asignación de los recursos y a limitar la expansión de sectores cruciales para el desarrollo sostenible. El nexo agua-alimentos-energía plantea decisiones políticas difíciles, y gestionar cada sector, tanto por separado como conjuntamente, implica hacer concesiones (WWAP, 2014).

El cambio climático exacerbará los riesgos asociados con variaciones en la distribución y disponibilidad de los recursos hídricos.

Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego (FAO, 2010). A nivel mundial, 2.500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua (UNESCO, 2012).

Se estima que el 20% de los acuíferos mundiales está siendo sobreexplotado (Gleeson et al., 2012), lo que va a tener graves consecuencias, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salada (USGS, 2013).

Las pérdidas económicas debidas a los peligros relacionados con el agua han aumentado considerablemente en la última década. Desde 1992, las inundaciones, sequías y tormentas han afectado a 4.200 millones de personas (el 95% de todas las personas afectadas por todos los desastres) y han ocasionado 1,3 billones de dólares estadounidenses de daños (el 63% de todos los daños) (UNISDR, 2012).

La disponibilidad de agua se enfrenta a las presiones de la contaminación. Se espera que la eutrofización de las aguas superficiales y las zonas costeras aumente en casi todas partes hasta



2030 (UNDESA, 2012). A nivel mundial, el número de lagos con floraciones de algas nocivas aumentará un 20% por lo menos hasta 2050.<sup>56</sup>

### 2.2.8 Consumo de agua en Paraguay

A pesar de que muchos sitios en Internet repiten información de la OMS, el propio organismo aclara que no ha proporcionado datos sobre la cantidad de agua de uso doméstico que se necesita para mantener un buen estado de salud.

Lo que sí ha hecho es establecer la relación entre el consumo de agua y las posibilidades de mantenerse saludable con ese consumo. La peor situación es la de quienes disponen de menos de 5 litros de agua por día por persona. Lo más saludable equivale a contar con **100 litros de agua por día** provenientes de un servicio de red.

La Guía para el Uso Eficiente del Agua elaborada por la Red del Pacto Global Paraguay afirma que en el Departamento Central se consumen entre **150 y 200 litros de agua por persona por día**, mientras que en las regiones con agua de pozo el consumo es de **100 litros**, y en la región del Chaco es de **60 litros**.

Un material didáctico preparado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres informa que en Paraguay se consumen 111 m<sup>3</sup> por persona por año, lo que equivale a 300 litros por día.

Con esta cantidad puede:

- Darse una ducha de más de 5 minutos.
- Cepillarse los dientes durante 3 minutos.
- Usar el inodoro tres veces.
- Cocinar una olla de comida.

---

<sup>56</sup> Un Water (2015) *Agua para un mundo sostenible. Datos y cifras*. Recuperado por: [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf)



- Lavar una carga de ropa.
- Regar las plantas y bañar a su mascota durante 20 minutos.
- Beber la cantidad suficiente de agua junto con otras tres personas.

Paraguay es el país de América Latina con mayor disponibilidad de agua por persona. Pero tiene el grave problema de la contaminación, que amenaza ríos, arroyos y acuíferos. Según el informe del Pacto Global, dos millones y medio de paraguayos no beben agua segura.

Un hogar de cuatro personas consume en promedio:

- 80 litros de agua para lavarse los dientes dejando la canilla abierta.
- 480 litros para ducharse.
- 120 litros por usar el baño tres veces durante el día.
- 60 litros para lavar platos dos veces por día.
- 285 litros para lavar una carga completa en el lavarropas.
- 400 litros para lavar el auto.
- 84 litros para lavarse las manos, higienizarse (no ducharse) y beber suficiente agua durante el día.

Según la ESSAP, el consumo de agua en Paraguay es de 150 litros por persona por día, al mes una persona consume 4500 litros, poniendo de ejemplo una familia de 4 integrantes consumen 18.000litros, 18m<sup>3</sup> de agua/día. (Última Hora, 03/07/08).

En base a los valores de consumo de agua y dividiéndolo en las actividades del hogar se obtiene la división en litros de consumo de agua. De estas actividades del hogar, las que no requieren agua potable son el baño (inodoro), lavarropa, limpieza y regar plantas que representan el 56% de la utilización del agua, la mitad del consumo mensual de agua de una familia.

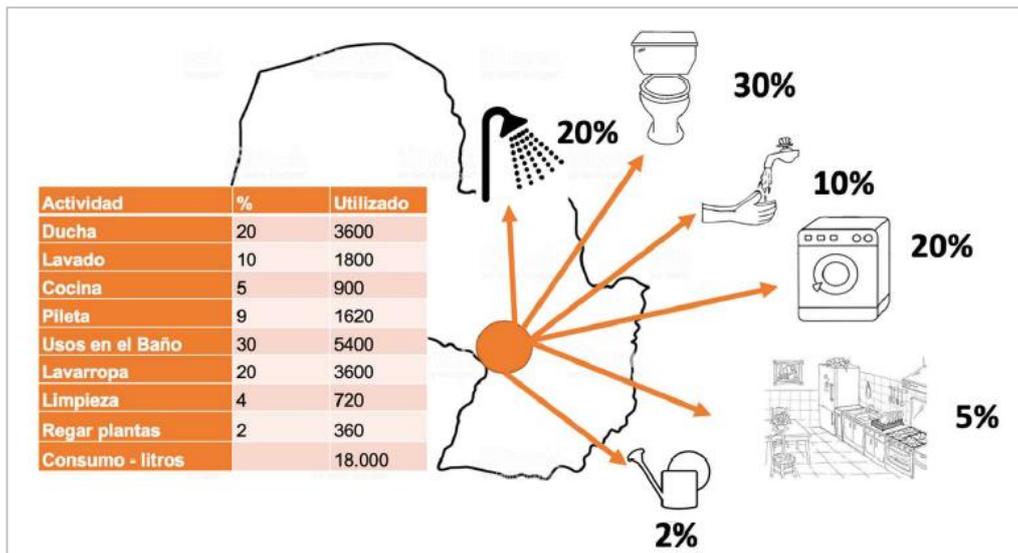


Figura 16. Fuente: López, D. (2019) Reutilización de aguas grises y de lluvia



Figura 17. Fuente: elaboración propia



## Ahorre el 50 % de agua potable con la utilización de agua de lluvia

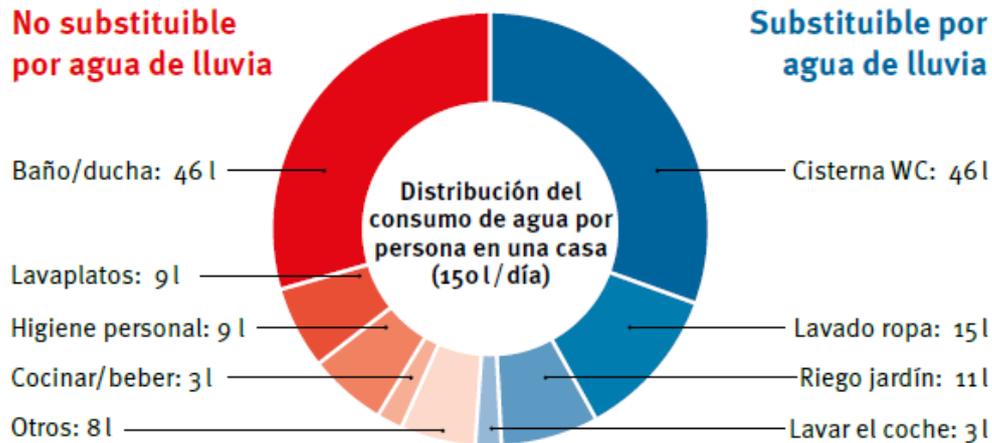


Figura 18. Fuente: GRAF Ibérica

### 2.2.9 Aprovechamiento del agua de lluvia

#### Historia

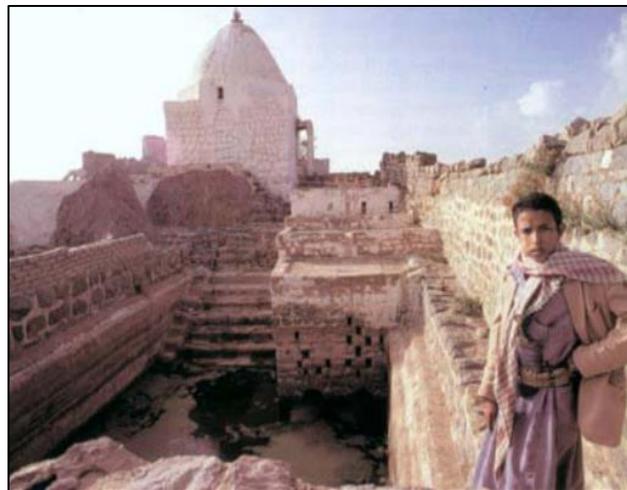
Desde sus comienzos el hombre aprovecha el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, por ello el valle de los ríos es el lugar escogido para establecer las primeras civilizaciones, allí el hombre aprende a domesticar los cultivos y con ello encuentra la primera aplicación al agua lluvia; pero no depende directamente de ella para su supervivencia debido a la presencia permanente del agua superficial.

Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico. Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar recientemente. Con base en la distribución de restos de estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo y el continuo uso de estas obras en la historia, se puede concluir que las



técnicas de captación de agua de lluvia cumplen un papel importante en la producción agrícola y en satisfacer las necesidades domésticas, con un uso intensivo en las regiones áridas o semiáridas del planeta.

A continuación, se presentan los ejemplos más relevantes de las formas de aprovechamiento de agua lluvia a través de la historia: En el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 4.000 años o más, estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las zonas más bajas.



*Figura 19. Fuente: Laureano, Prieto.*

La figura muestra como en las zonas altas de Yemen donde las lluvias son escasas, se encuentran edificaciones (templos y sitios de oración) que fueron construidas antes del año 1.000 a.C., que cuentan con patios y terrazas utilizadas para captar y almacenar agua lluvia.<sup>57</sup>

Durante la República Romana (siglos III y IV a.C.) la ciudad de Roma en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas “la Domus” que contaba con un espacio principal a cielo abierto (“atrio”) y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua lluvia llamado “impluvium”, el agua lluvia entraba por un orificio en el techo llamado

---

<sup>57</sup> Ballén, Galarza y Ortiz (junio, 2006) Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Trabajo presentado en el VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água João Pessoa, Brasil.



“compluvium”. En Loess Plateau en la provincia de Gansu en China existían pozos y jarras para la captación de agua lluvia desde hace más de 2.000 años. En Irán se encuentran los “abarbans”, los cuales son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de aguas lluvias.

En Centroamérica se conoce el caso del Imperio Maya donde sus reyes sostenían a sus pueblos de modos prácticos, ocupándose de la construcción de obras públicas. Al sur de la ciudad Oxkutzcab (estado de Yucatán) en el pie de la montaña Puuc, en el siglo X a.C. el abastecimiento de agua para la población y el riego de los cultivos se hacía a través una tecnología para el aprovechamiento de agua lluvia, el agua era recogida en un área de 100 a 200 m<sup>2</sup> y almacenada en cisternas llamadas “Chultuns”, estas cisternas tenían un diámetro aproximado de 5 m, y eran excavadas en el subsuelo e impermeabilizadas con yeso. En Cerros, una ciudad y centro ceremonial que se encuentra en el actual Belice, los habitantes cavaron canales y diques de drenaje para administrar el agua de lluvia y mediante un sistema de depósitos, estos permitían que la gente permaneciera en la zona durante la estación seca cuando escaseaba el agua potable (año 200 d.C.). En otras zonas de las tierras bajas, como en Edzná, en Campeche, los pobladores precolombinos de esta ciudad construyeron un canal de casi 50 m de ancho y de 1 m de profundidad para aprovechar el agua de lluvia, este canal proporcionaba agua para beber y regar los cultivos.<sup>58</sup>

La captación de agua de lluvia perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios. Muchas obras históricas de captación de agua de lluvia se originaron principalmente en Europa y Asia; se emplearon desde que surgieron los

---

<sup>58</sup> Ballén et al. (junio, 2006) Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Trabajo presentado en el VI SEREA - *Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água* João Pessoa, Brasil.



primeros asentamientos humanos; su uso data desde hace más de 4,000 años en la Antigua Mesopotamia.<sup>59</sup>

### **Situación actual alrededor del mundo**

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son el resultado de las necesidades (demanda), recursos disponibles (precipitación, dinero para invertir y materiales de construcción), y las condiciones ambientales en cada región. Sólo cuando no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un costo muy alto, se piensa en buscar sistemas alternativos de abastecimiento, por ello la documentación sobre sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, se limita a las acciones realizadas en las últimas décadas en zonas del planeta con las deficiencias mencionadas anteriormente.

- a) África: Uno de los proyectos adelantados es el de “Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia de Muy Bajo Costo”. Las prácticas convencionales en muchos países de África de aprovechamiento de agua lluvia son de carácter informal lo que permite tener costos reducidos; obteniendo también una muy baja calidad del agua y una eficiencia del sistema muy baja. Los sistemas formales son promovidos por agencias subsidiarias o adoptadas por familias de clase media con grandes volúmenes de almacenamiento que intenta satisfacer toda la demanda de la casa.
- b) Asia: Existen varios tipos de tanques utilizados para el almacenamiento de agua lluvia: tanques de concreto reforzado, tanques de mampostería, cisternas y tanques subterráneos, estos tienen un costo que varía entre US\$ 50 y US\$ 150. El agua lluvia almacenada se usa para beber y cocinar, esta es aceptada como segura y cada vez es más utilizada por los usuarios locales.

---

<sup>59</sup> Durán, P. (noviembre, 2010) Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable. Trabajo presentado en el CONAMA10 *Congreso Nacional del Medio Ambiente*; Madrid, España.



- c) Sur América: En la década pasada en Brasil, muchas ONG y organizaciones ambientales se enfocaron en trabajar en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. En la región noroeste de Brasil de clima semiárido, en promedio anual de lluvia varía desde 200 hasta 1.000 mm. Las comunidades nativas tradicionalmente han recogido agua lluvia en pozos excavados a mano en rocas, pero este sistema no logra satisfacer las necesidades de la población, por ello una ONG y el gobierno de Brasil iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques para la recolección de agua lluvia en un periodo de 5 años, para beneficiar a 5 millones de personas. La mayoría de estos tanques fueron hechos con estructuras de concreto prefabricado o concreto reforzado con mallas de alambre.
- d) Centro américa: San Felipe está ubicado en el Estado de Guanajuato, México, su clima es templado y seco de tipo desértico. En este municipio el Ingeniero Agrónomo Hugo Velasco Molina desarrolló su proyecto “Agua y Vida” el cuál comenzó en 1.996 con almacenamientos de agua, ya que en esta población se dan periodos sin lluvia que superan los dos meses, el primer desarrollo tecnológico fue un sistema de aprovechamiento de agua lluvia que cuenta con una cisterna con capacidad de almacenamiento de 500.000 litros y un área de captación cubierta de piedra laja. La siguiente obra fue construida a las afueras del municipio y se llamó “Techo – Cuenca” y consta de dos cubiertas con pendiente que se unen en una canal la cual está conectada a una tubería que conduce el agua a un depósito con capacidad para almacenar 285.000 litros de agua ubicado dentro del municipio, que se ha denominado “Casa del Agua y Vida” donde se distribuye agua potable a las familias que la necesiten. Varias de las construcciones de tipos institucional como el jardín de niños y la escuela municipal están equipados con sistemas de aprovechamiento de agua lluvia que es utilizada para la descarga de inodoros, el aseo de pisos y baños y para regar los jardines
- e) Norte América: Se estima que más de medio millón de personas en los Estados Unidos utilizan sistemas de aprovechamiento de agua lluvia abasteciéndose de agua para usos



doméstico o propósitos agrícolas, comerciales o industriales. Texas es el estado donde más se utilizan los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Una casa típica en Texas tiene un área de 200 m<sup>2</sup> de cubierta y puede producir más de 150.000 litros de agua al año con una precipitación anual media de 850 mm. En Vancouver, Canadá se provee de un subsidio para la compra de barriles para el aprovechamiento del agua lluvia. El barril se utiliza para recolectar agua lluvia proveniente de los techos, siendo utilizada para regar los jardines y el césped, estas actividades demandan más del 40% del agua total que llega a las viviendas durante el verano. Las proyecciones indican que cada barril podría ahorrar cerca de 1.3000 galones (4.920 litros) de agua durante los meses de verano donde la demanda de agua es más alta.

- f) Europa: En octubre de 1998, los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron introducidos en Berlín, Alemania como parte de un redesarrollo urbano a gran escala, con el fin de controlar las inundaciones, utilizar racionalmente el agua de la ciudad y crear un mejor micro clima. El agua lluvia cae en las cubiertas de 19 edificios (32.000 m<sup>2</sup>), se recoge y almacena en un tanque subterráneo de 3500 m<sup>3</sup>. Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes (incluyendo techos verdes) y llenar un estanque artificial.<sup>60</sup>

---

<sup>60</sup> Ballén et al. (junio, 2006) Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Trabajo presentado en el VI SEREA - *Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água* João Pessoa, Brasil.



### Situación actual a nivel local

Vemos que la obtención de agua se da a través de los recursos hídricos de agua superficial y agua subterránea. El aprovechamiento de agua de lluvia es un área poco explorada y por ende poco implementada en nuestro país, sin embargo, encontramos algunos casos puntuales de ejecución de estos sistemas:

- En la Escuela Pa'í Puku, una escuela del distrito de Benjamín Aceval, el abastecimiento de agua se da solo a través del agua colectada de la lluvia. Lo almacenan en aljibes y de allí se alimenta a toda la escuela a través de un sistema de bombeo.<sup>61</sup>
- En la ciudad de Filadelfia, departamento de Boquerón, el desagüe pluvial escurre por canaletas construidas por el cordón de las veredas en las calles y por el paseo central en las avenidas principales. Las avenidas principales tienen canaletas hechas de hormigón con sección trapecial, con registros y tuberías de paso en las bocacalles. Dichas canaletas pertenecen a una red bien planificada de conducción de las aguas de lluvia a los tajamares de la ciudad, donde se las almacena para consumo. El agua de los techos generalmente es conducida a aljibes ubicados en las viviendas y en las grandes áreas comerciales e industriales. Los aljibes se llenan con canaletas en las estructuras de las viviendas, para el consumo humano, mientras que el uso de aljibes, tajamares y tanques australianos forman parte de la estrategia de cosecha de agua que permiten dar de tomar al ganado y sobrellevar la escasez hídrica.<sup>62</sup>
- En el distrito Tte. Irala Fernández, departamento de Presidente Hayes se inauguró en 2017 un sistema de captación y almacenamiento de aguas de lluvias. Una iniciativa enmarcada

---

<sup>61</sup> Morales, V. (2017) *Manejo del agua de lluvia en la Escuela Pa'í Puku, distrito de Benjamín Aceval, Chaco Paraguayo*. TFG Ing. Ambiental. – Biblioteca UNA

<sup>62</sup> Municipalidad de Filadelfia (2011) *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Filadelfia*. [http://www.icasa.com.py/web/PROYECTOS/PROPUESTA\\_DE\\_CUESTIONARIO\\_AMBIENTAL\\_BASICO\\_FILADELFIA.pdf](http://www.icasa.com.py/web/PROYECTOS/PROPUESTA_DE_CUESTIONARIO_AMBIENTAL_BASICO_FILADELFIA.pdf)



dentro del Proyecto “Cosecha de agua en el Chaco”, financiado BID y ejecutado por SENASA).<sup>63</sup>

- También en 2017, el primer puesto de concurso de vivienda unifamiliar urbana fue para Hernán Jiménez Royg, con su propuesta de tipología habitacional que incluía recolección de agua de lluvia para su uso en riego y lavado.<sup>64</sup>

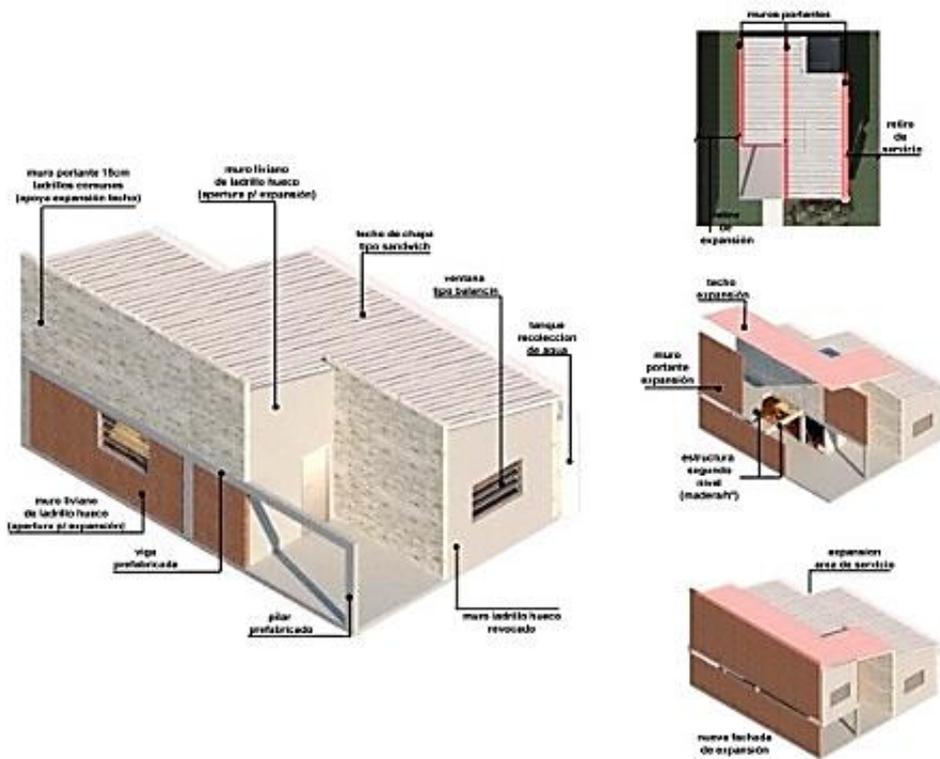


Figura 20. Fuente: *arquitectos.com*

- Este año (2020) el estudio Equipo de Arquitectura, encabezado por Viviana Pozzoli y Horacio Cherniavsky, presentaron una propuesta de vivienda para una familia tanzana,

<sup>63</sup> Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, gacetilla de prensa. (10 de julio del 2017) Recuperado por: <https://www.mspbs.gov.py/portal/12543/inauguraran-sistemas-para-aprovechamiento-de-agua-de-lluvia-en-el-chaco.html>

<sup>64</sup> Arquitectos. Galería social de arquitectura paraguaya. (13 de noviembre del 2017) *1 puesto Concurso de Vivienda Unifamiliar Urbana Senavitat* Recuperado por: <https://arquitectos.com.py/2017/11/1-1-puesto-concurso-de-vivienda-unifamiliar-urbana-senavitat/>



contemplando también un sistema de recolección de agua de lluvia y almacenamiento en tanque subterráneo.<sup>65</sup>

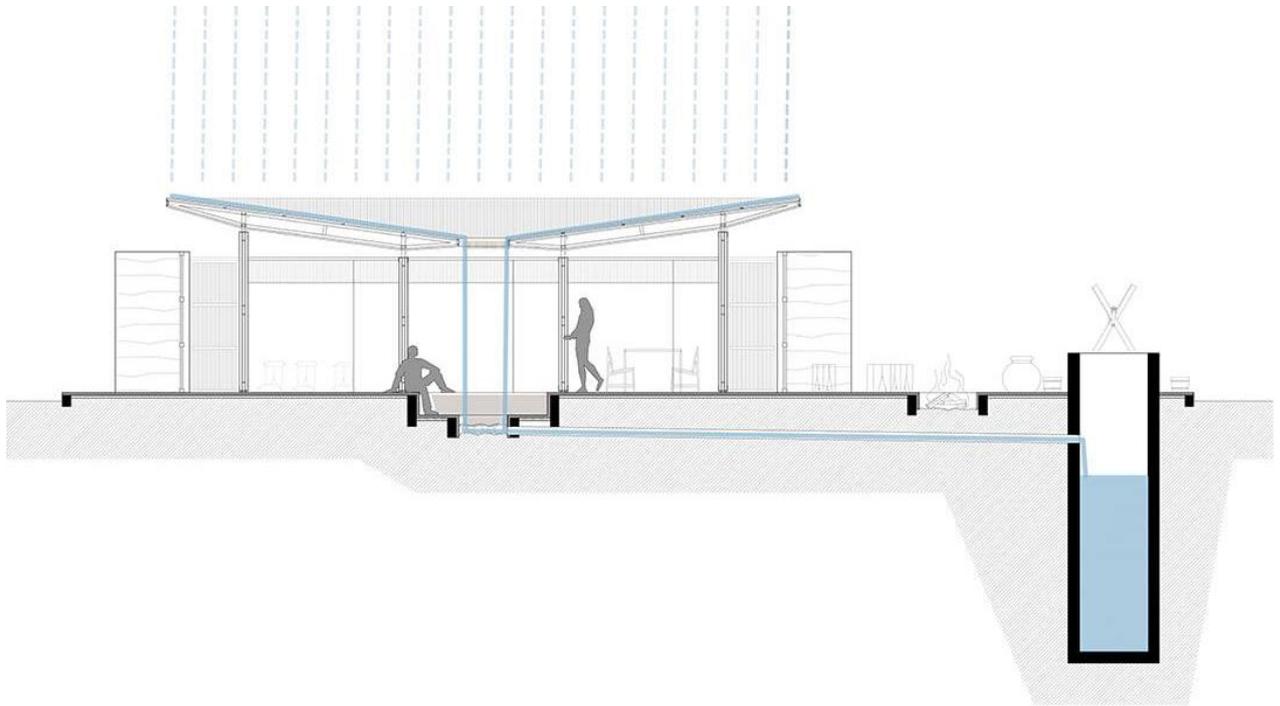


Figura 21. Fuente: Equipo de arquitectura

### Importancia y su impacto en la vida de las personas

La implementación de los sistemas de captación de agua pluvial puede impactar diferentes aspectos de la sociedad, tal como se comenta a continuación:

Economía:

- El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener.
- La reducción en el consumo de agua potable entubada reduce la tarifa que pagan las

<sup>65</sup> Fanpage del estudio Equipo de arquitectura. Recuperador por:  
<https://www.facebook.com/arquitecturaorevolucion/photos/pcb.970451980049867/970450686716663>



familias.

- Empleo de mano de obra y materiales locales.
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua.

Medio ambiente:

- Ahorro energético en potabilización, desalinización o transporte de agua.
- Conservación de las reservas de agua potable en acuíferos.
- Podría disminuirse el 50 % de la contaminación por detergentes y suavizantes al utilizar agua de lluvia ya que ella es más blanda.

Social

- Educación y conciencia de la población para que haga un buen uso del agua.



### 2.2.10 Sistemas de captación de agua de lluvia existentes en el mercado

Actualmente, en el mercado mundial, encontramos múltiples sistemas de cosecha de lluvia aplicables a diferentes escalas, para viviendas, edificios, incluso ciudades. En este apartado decidimos exponer aquellos que, en base a criterios de aplicabilidad al sector de estudio y a la realidad socio-económica del mismo, nos ayudarán a definir el sistema más apropiado.

#### 1. Tanque modular vertical Tecnotri:

Tecnotri, una industria brasileña de plásticos, desarrolló un tanque de solución sostenible para los pequeños espacios. El tanque Vertical Modular, con una capacidad de hasta 1.000 litros de agua al módulo, es un tanque compacto que se adapta a los entornos, sin necesidad de mucho espacio. Mide 1,60 m de largo, 1,55 m de alto y ancho 0,64, el depósito puede utilizarse en casas, terrazas y balcones. No requiere grandes inversiones para la adquisición e instalación de ya que no necesita ser enterrado, sólo tiene que conectar el tanque directamente al techo y el filtro sí mismo impide el paso de las hojas al depósito.



Figura 22. Fuente: Tecnotri



Otro detalle importante es el hecho de que el Tecnotri posee protección antimicrobiana que impiden la proliferación de algas en el tanque, además de ser completamente cerrado, lo que impide la proliferación del mosquito del dengue.<sup>66</sup>

## 2. Tlaloque:

*Isla Urbana* es un grupo interdisciplinario de diseñadores, urbanistas, ingenieros, antropólogos, educadores y artistas dedicados a demostrar la viabilidad de la captación de lluvia en México. El *Tlaloque* separa la parte más sucia de cada lluvia para que no entre a la cisterna donde se almacena el agua de consumo. Se vacía automáticamente por la manguera de drenado. Permite conectar superficies de hasta 140 m<sup>2</sup> y elegir cuantos litros de lluvia vas a separar. Su capacidad total es de 210 litros.<sup>67</sup>

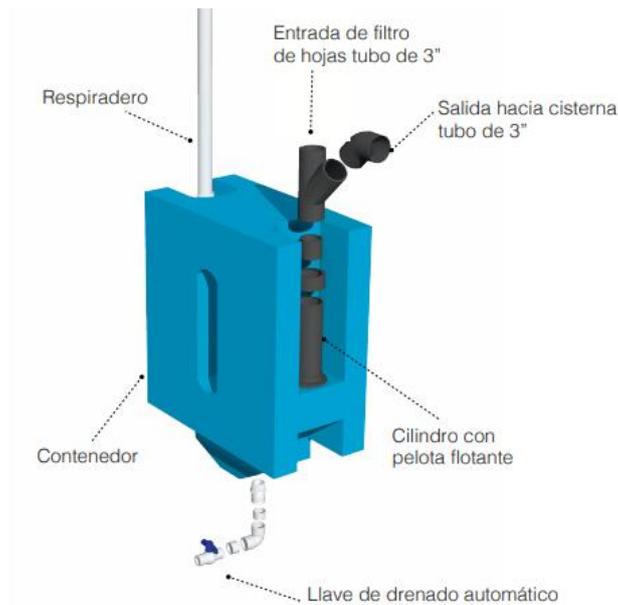


Figura 23. Fuente: isla urbana

En los primeros minutos de cada aguacero, la lluvia cae sobre el techo y lo limpia. El agua entra al Tlaloque. El contenedor se va llenando y la pelota flotante se mueve. Cuando el Tlaloque

<sup>66</sup> Tecnotri. (2015) *Cisterna Vertical Modular: Ideal Para Espaços Reduzidos* (Recuperado por: <https://www.tecnotri.com.br/es/tanque-modular-vertical-ideal-para-espacios-pequenos/>)

<sup>67</sup> Isla Urbana (2015) *¿Qué es un Tlaloque?* Recuperado por: <https://islaurbana.org/que-es-un-tlaloque/>



llega al límite, previamente seleccionado, la pelota flota y sirve como tapón. El agua que cae, ahora más limpia, se conduce a la cisterna.

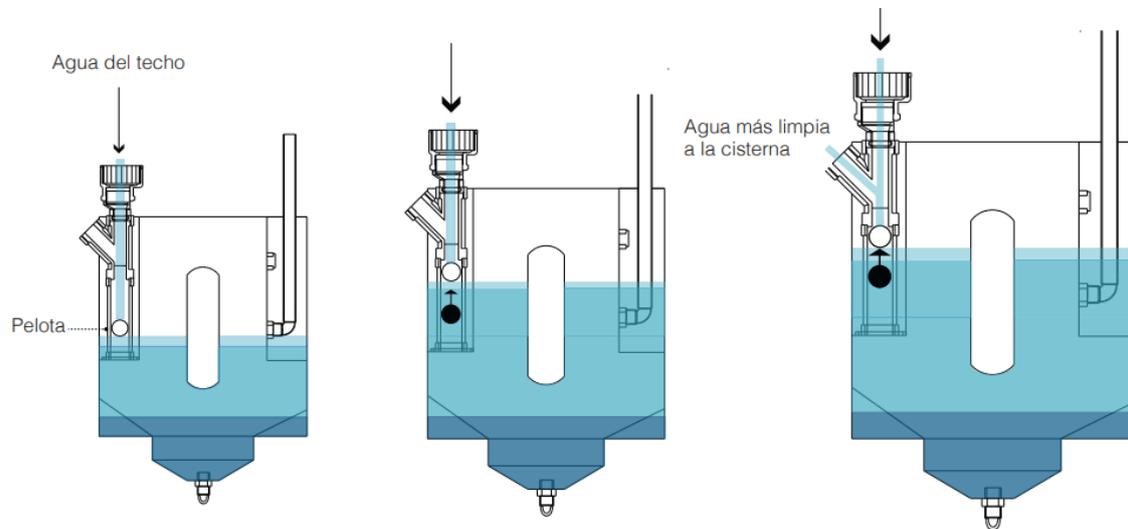


Figura 24. Fuente: isla urbana

Investigadores, especialistas en el tema, han encontrado que entre las ventajas de instalar un separador de primeras lluvias están las de poder remover tanto contaminantes disueltos, como suspendidos. Por cada milímetro de las primeras lluvias separadas, la concentración de contaminantes se baja un 50%. Es decir, por cada litro separado por metro cuadrado, reducimos la contaminación a la mitad. El Tlaloque y su sistema de respiración aseguran que estás quitando entre 60 y 80% de los contaminantes antes de que el agua de lluvia entre a la cisterna. El Tlaloque se adapta a tres diferentes tamaños de techos para que trabaje de manera más eficiente.<sup>68</sup>

### 3. Lluve lluvia (*chove chuva*)

Lluve Lluvia es un sistema de filtración elaborado por una empresa brasileña de Belo Horizonte, consiste en un filtro en donde va la canaleta de bajada con el agua colectada, el cual va a un tanque colocado a nivel de suelo.

<sup>68</sup> Isla Urbana (2015) *¿Qué es un Tlaloque?* Recuperado por: <https://islaurbana.org/que-es-un-tlaloque/>



El filtrado consta de 4 procesos, el primer filtro separa las hojas y elementos de gran tamaño que trae el agua, el segundo filtro es realizado por piedra caliza para mejorar su pH, el tercer filtro es el de potabilizar el agua mediante cloro y, por último, se realiza el filtrado más refinado para evitar que alguna impureza haya evitado los primeros tres filtros.



Figura 25. Fuente: Lluve Iluvia

Es un sistema muy sencillo de colocar en cualquier vivienda, puede realizarlo uno mismo incluso y no precisa de mano de obra especializada para su colocación. El mantenimiento de los filtros puede realizarlo el propietario ya que los filtros están externos y al alcance de las personas para su verificación en caso de algún cambio o avería que exista.<sup>69</sup>

<sup>69</sup> Lluve Iluvia. (2016) Recuperado por: <https://lluevelluvia.com/llueve-lluvia-sistema-captacion-agua-lluvia-que-es.html>



#### 4. Ekomuro H2O+

Ekomuro H2O+ es un innovador sistema de recolección de agua de lluvia elaborado modularmente reutilizando 54 botellas PET de 3 o 2.5 litros, que, interconectados entre sí, conforman un depósito de agua tipo vertical, compacto y resistente a las presiones del líquido, ocupando un mínimo de espacio y orientado a satisfacer las necesidades de ahorro de agua en una vivienda urbana.

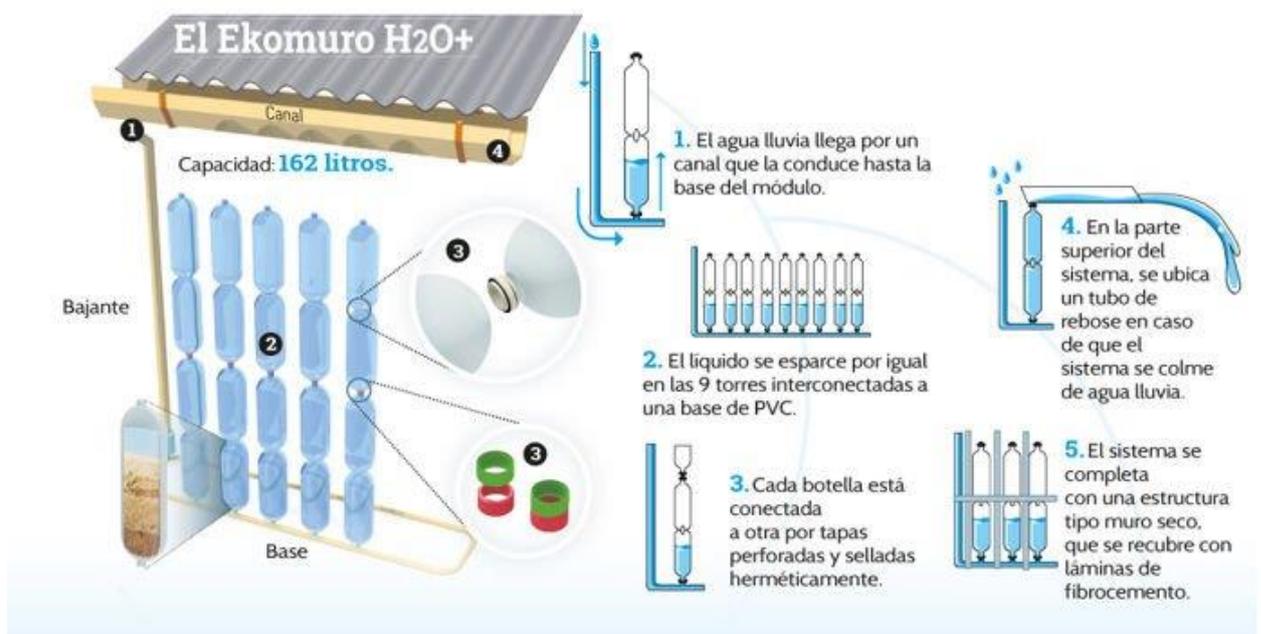


Figura 26. Fuente: ecoinventos

El colector de agua lluvia con botellas de plástico es fácil de hacer en casa y cuesta muy poco. A través de su filtro, las personas pueden obtener agua potable. La propuesta les garantiza el mínimo vital a las comunidades vulnerables, les puede mejorar la calidad de vida notablemente. El invento es obra del arquitecto colombiano Ricardo Alba y sus hijos Ricardo y Jessica.

El proyecto aborda dos problemáticas ambientales y uno de carácter cualitativo que determina el origen de la propuesta, con base en la escasa disposición de espacio para



implementar sistemas convencionales de recolección de agua lluvia en las viviendas de carácter urbano.

En primer lugar, la inadecuada disposición de los envases PET, que una vez convertidos en residuo, se reciclan, pero una gran cantidad se convierte en basura, taponando desagües, generando inundaciones y contaminación ambiental.

En segundo lugar y con base en las repercusiones del cambio climático sobre las fuentes hídricas y el llamado que hacen las organizaciones reguladoras de los recursos hídricos en el mundo, enfatizando en la necesidad de innovar en el ahorro del agua redundan en la necesidad de generar iniciativas en este sentido que mitiguen esta problemática. La recolección de aguas lluvias puede traer un cambio positivo a la vida y al crecimiento económico de la sociedad.<sup>70</sup>



Figura 27. Fuente: ecoinventos

<sup>70</sup> Ecoinventos. Green Technology (2020) *Ekomuro H2O+*. Tanque modular vertical para almacenar agua de lluvia reutilizando botellas PET. Recuperado por: <https://ecoinventos.com/ekomuro-h2o-paredes-que-recogen-el-agua-de-lluvia/>



Con base en los sistemas convencionales para recolección de agua lluvia, consideramos relevantes aquellos que utilizan contenedores modulares tipo Muro Cisterna, es decir, depósitos verticales de agua. Estos sistemas elaborados en plástico y fibra de vidrio son de alto costo y no existen en el mercado local. El sistema Ekomuro cumple la misma función de una forma innovadora, ecoeficiente, económica y de fácil elaboración, fundamentado en la tecnología apropiada a partir de la reutilización de un residuo sólido, el envase PET de tres litros.<sup>71</sup>

### 5. Depósito Platin

Un depósito subterráneo ubicado a poca profundidad, de acuerdo a las especificaciones técnicas de GRAF Ibérica<sup>72</sup>, garantiza un 80% menos de movimiento de tierra comparando con un sistema de depósito cilíndrico.

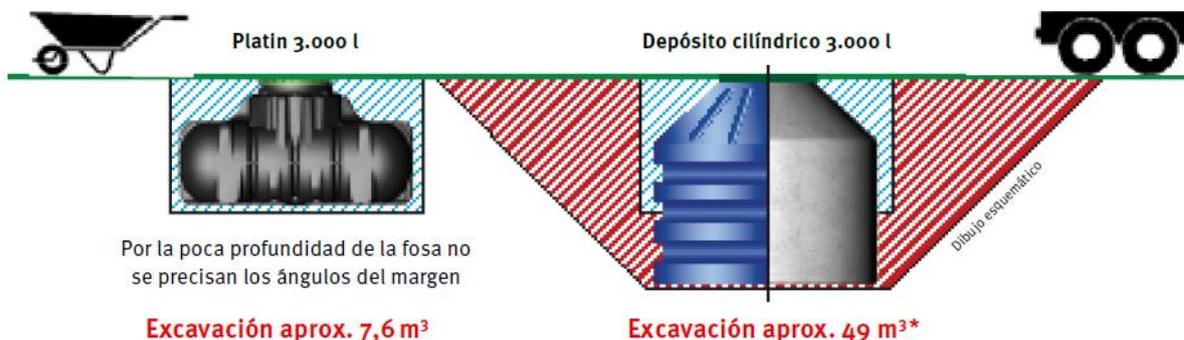


Figura 28. Fuente: GRAF Ibérica

<sup>71</sup> Ecoinventos. Green Technology (2020) Ekomuro H2O+. Tanque modular vertical para almacenar agua de lluvia reutilizando botellas PET. Recuperado por: <https://ecoinventos.com/ekomuro-h2o-paredes-que-recogen-el-agua-de-lluvia/>

<sup>72</sup> Desde hace más de 50 años, la empresa Otto Graf GmbH desarrolla soluciones eficientes y de alta calidad. En 1974 GRAF presentó por primera vez sistemas para la recogida y aprovechamiento de agua de lluvia convirtiéndose en pioneros en este sector, es en la actualidad líder en ventas en sistemas de recuperación de agua de lluvia en Europa.

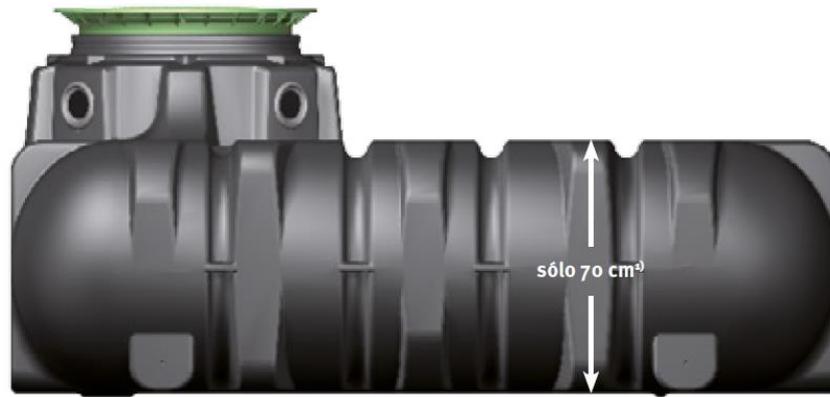


Figura 29. Fuente: GRAF Ibérica

Con filtro auto-limpiante integrado y una cubierta ajustable que se integra con la vegetación. Es ideal para terrenos difíciles: piedra o aguas subterráneas. Presenta gran robustez y flexibilidad: para la recuperación de agua de lluvia y depósito de agua potable.<sup>73</sup>



Figura 30. Fuente: GRAF Ibérica

<sup>73</sup> GRAF. Catálogo de especificaciones técnicas (2014). *Sistemas de recuperación de agua de lluvia. Soluciones ecológicas para tu economía.*



## 6. Depósitos exteriores

Otra opción que nos ofrece GRAF Ibérica son los depósitos decorativos de exterior. Estos ya no son solo depósitos, sino que también permiten, en la mayoría de los casos, cultivar plantas, teniendo un aspecto de macetero grande o de jarrón decorativo de grandes dimensiones. Su capacidad de acumulación es buena ya que los hay que superan incluso los 600 litros.



Figura 31. Fuente: GRAF Ibérica

Al igual que la inmensa mayoría de sistemas, estos depósitos acumulan agua gracias a su conexión con la bajante de pluviales, la cual puede incluir un sistema de filtrado más o menos complejo. En estos casos se suele usar el filtro más sencillo para reducir su impacto visual ya que buscamos un acabado decorativo. Por esta misma razón, estos depósitos, aunque suelen ir equipados al menos con un grifo, son menos flexibles a la hora de conectar todo tipo de instalaciones.

Existen 60 modelos, de diferentes tamaños y colores, permitiendo así adaptarse a diversas tipologías de jardín y pasar desapercibido entre la vegetación y canteros existentes.



*Modelos de depósitos exteriores.*

*Figura 32. Fuente: GRAF Ibérica*



Figura 33. Fuente: GRAF Ibérica



Figura 34. Fuente: GRAF Ibérica



### 2.2.11 CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS

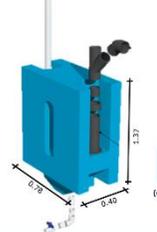
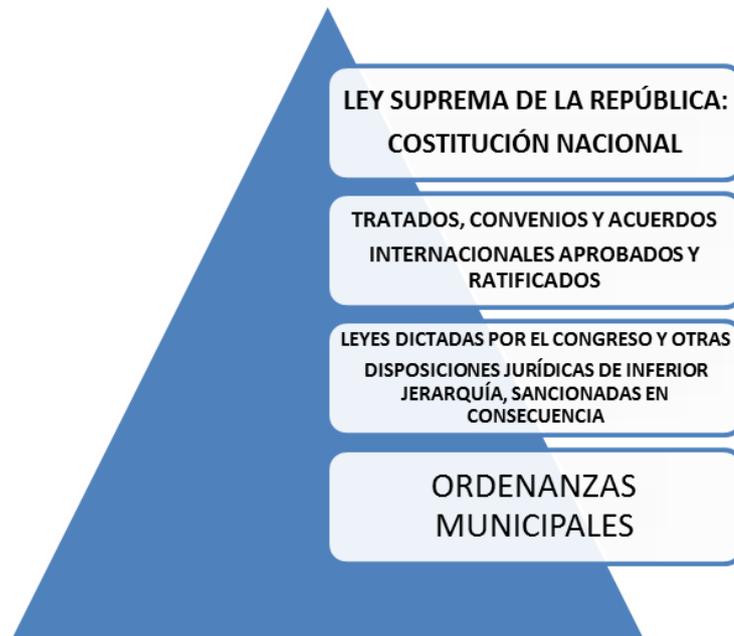
<p><b>Tanque modular Tecnotri:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tanque ubicado a nivel</li> <li>-Filtro de hojas integrado</li> <li>-Conexión directa desde el caño de bajada del techo</li> <li>-El tanque cuenta con protección antibacteriana</li> </ul>  <p>Capacidad: 1000 litros</p> 	<p><b>Tlaloque:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Elimina hasta un 80% de contaminantes</li> <li>-Vaciado automático</li> <li>-Filtro de hojas integrado</li> <li>-Posibilidad de conectarse a un tanque a nivel o elevado</li> </ul>  <p>Capacidad: 210 litros (amplia el contorno con el tanque)</p> 	<p><b>Llueve Lluvia:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Filtado de 4 pasos: filtro de hojas, mejora de ph con piedra caliza, cloro para potabilizar, filtro refinado en caso de contaminantes sobrantes</li> <li>-Conexión directa desde el caño de bajada del techo</li> <li>-Tanque ubicado a nivel de suelo</li> </ul>  <p>Capacidad: variable (de acuerdo al tanque)</p> 
<p><b>Ekomuro H2O+:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Utiliza 54 botellas PET de 2,5 o 3 lt</li> <li>-Depósito de agua tipo vertical</li> <li>-Material reciclado, compacto y resistente a las presiones del agua</li> <li>-Filtro en la base compuesto de arena, grava, carbón mineral y algodón</li> </ul>  <p>Capacidad: 648 litros</p> 	<p><b>Depósito Platin:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tanque subterráneo a poca profundidad</li> <li>-Poco movimiento de tierra</li> <li>-Filtro autolimpiante</li> <li>-Ideal para terrenos difíciles (con agua o rocosos)</li> <li>-Sistema de bombeo para alimentación</li> </ul>  <p>Capacidad: 3000 litros</p> 	<p><b>Depósitos exteriores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Permiten cultivar plantas en la parte superior</li> <li>-Aspecto decorativo, permitiendo mimetizarse</li> <li>-Conexión directa desde el caño de bajada del techo</li> <li>-Filtro más sencillo y poco notorio a la vista</li> <li>-Modelos variados, para mimetizaje</li> </ul>  <p>Capacidad: hasta 600 lt</p> 

Figura 35. Elaboración propia



## 2.3 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL



*Pirámide de Kelsen.*

*Figura 36. Fuente: Municipalidad de Capiatá*

### 2.3.1 Ley Suprema De La República: La Constitución Nacional

Es la norma legal por la cual se rige todo el Paraguay, y de esta norma surgen las demás leyes vigentes. No deben estar oposición a estas disposiciones. La constitución es la ley fundamental sobre la que se asienta un estado determinado con todo su andamiaje jurídico. Establece la división de poderes con sus alcances, a la vez que garantiza derechos y libertades. La República del Paraguay se rige bajo la Constitución de 1992, que es la cuarta del país desde su independencia de España en 1811.<sup>74</sup>

<sup>74</sup> Celia (2017) *Constitución Nacional*. Biblioteca y archivo central del Congreso de la Nación, recuperado de: <https://www.bacn.gov.py/conoce-tu-ley/5235/constitucion-nacional>

**ART. 6: DE LA CALIDAD DE VIDA**

La calidad de vida será promovida por el Estado mediante planes y políticas que reconozcan factores condicionantes, tales como la extrema pobreza y los impedimentos de la discapacidad o de la edad.

El estado fomentará la investigación de los factores de población y sus vínculos con el desarrollo económico social, con la **preservación del medio ambiente** y con la calidad de vida de los habitantes.

**ART. 7: DEL DERECHO A UN AMBIENTE SALUDABLE**

Toda persona tiene derecho a habitar en un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado. Constituyen objetivos prioritarios de interés social la preservación, la conservación, la recomposición y el mejoramiento del ambiente, así como su conciliación con el desarrollo humano integral.

**ART. 8: DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL**

Las actividades susceptibles de producir alteración ambiental serán reguladas por la ley. Asimismo, ésta podrá restringir o prohibir aquellas que califique peligrosas.

**2.3.2 Normativa de la Nación****LEY N° 3239/2007 - DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL PARAGUAY**

Art. 1°. - La presente Ley tiene por objeto regular la gestión sustentable e integral de todas las aguas y los territorios que la producen, cualquiera sea su ubicación, estado físico o su ocurrencia natural dentro del territorio paraguayo, con el fin de hacerla social, económica y ambientalmente sustentable para las personas que habitan el territorio de la República del Paraguay.<sup>75</sup>

---

<sup>75</sup> MADES. Recuperado de: <http://www.mades.gov.py/leyes/>



### **CAPITULO III DEFINICIONES**

Art. 5°. - Para los efectos de esta Ley, los siguientes conceptos tendrán los significados que se expresan a continuación:

b) **Acuífero:** Unidad geológica subterránea de estructura permeable que permite el almacenamiento y movimiento apreciable del agua a través de los materiales que la constituyen.

Se compone de una o más capas subterráneas de roca o de otros elementos geológicos saturados que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad como para almacenar y transmitir aguas subterráneas en cantidades aprovechables mediante pozos y nacientes.

c) **Agua atmosférica:** Agua en estado líquido, sólido o gaseoso que se encuentra en la atmósfera mezclada con el aire o cayendo al suelo por efecto de la gravedad.

d) **Agua subterránea:** Agua o recurso hídrico que se encuentra bajo la superficie de la tierra.

e) **Agua superficial:** Agua o recurso hídrico que permanece o escurre sobre la superficie de la tierra, en estado líquido o sólido.

f) **Agua:** Compuesto componente del ambiente y recurso natural relativamente renovable formado por dos partes de hidrógeno y dieciséis partes de oxígeno en peso. g)

**Aprovechamiento:** Derecho no transmisible concedido por Ley, a través de un permiso o concesión, para utilizar el agua de dominio público.

h) **Área de recarga:** Es el área geográfica o porción de superficie del territorio que, debido a su permeabilidad y cobertura vegetal, permite la infiltración del agua alimentando a los acuíferos.

### **CAPÍTULO VI DERECHOS DE USO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS**

**Art. 13.-** Todo habitante de la República del Paraguay es sujeto de derecho de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos con diversos fines, en armonía con las normas, prioridades y limitaciones establecidas en la presente Ley, con excepción a lo establecido en la Ley N° 1614/00 "GENERAL DEL MARCO REGULATORIO Y TARIFARIO DEL SERVICIO PUBLICO DE PROVISION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA REPUBLICA DEL PARAGUAY".



**Art. 15.-** Los recursos hídricos superficiales y subterráneos de uso para fines domésticos y de producción familiar básica que sean utilizados de manera directa por el usuario, sin intermediación de ningún tipo, son de libre disponibilidad, no están sujetos a permisos ni concesiones ni impuestos de ningún tipo y deberán estar inscritos en el Registro Nacional de Uso y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, al solo fin de su contabilización en el Balance Hídrico Nacional. Se reglamentará el control de este tipo de uso.

**Art. 17.-** El derecho de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos está sujeto a las evaluaciones técnicas que realice la autoridad de los recursos hídricos, conforme al Plan Nacional de Recursos Hídricos.

#### ***CAPITULO X DE LOS PERMISOS Y LAS CONCESIONES***

**Art. 34.-** Para solicitar o modificar un derecho de permiso o una concesión de uso y aprovechamiento de recursos hídricos se deberá realizar el pedido ante la autoridad de los recursos hídricos.

**Art. 35.-** Previo al otorgamiento de la Declaración de Impacto Ambiental emitida por la Secretaría del Ambiente (SEAM), la autoridad de los recursos hídricos emitirá un certificado de disponibilidad de recursos hídricos, en la calidad y la cantidad requerida por la actividad y en la zona de emplazamiento del proyecto.

**Art. 36.-** Previo al otorgamiento de las Concesiones y los Permisos de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos se deberá estar en posesión de la Declaración de Impacto Ambiental.

#### **Resolución N 2155/05:**

Por la cual se establecen las especificaciones técnicas de construcción de pozos tubulares destinados a la captación de aguas subterráneas.

EL SECRETARIO EJECUTIVO DE LA SECRETARÍA DEL AMBIENTE, RESUELVE:

**Art. 1:** Establecer las siguientes disposiciones generales:

1) La perforación de pozos tubulares para la captación de agua subterránea, independientemente de cuál sea el destino, exploración o explotación, será ejecutada



exclusivamente por las empresas registradas y autorizadas por la Dirección General de proyección y conservación de los Recursos Hídricos (DGPCRH), y estará sujeta a las disposiciones de la presente norma técnica.

2) La construcción de un pozo tubular, deberá diseñarse de modo que facilite cualquier instalación suplementaria que pudiera llegar a necesitarse para lograr un abastecimiento suficiente y seguro, para la protección y preservación del recurso de agua subterránea.

3) Los pozos tubulares de exploración y explotación de aprovechamiento de agua, y los que están en uso, incluso los abandonados, antes de la promulgación de esta reglamentación, deberán ser registrados en la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos.

4) Todos los pozos tubulares construidos tanto en acuíferos libres o freáticos, como en acuíferos confinados y/o semiconfinados, deberán cumplir las exigencias de diseño y construcción, como así mismo deberán estar registrados en la DGPCRH, de la secretaría del ambiente.

5) Toda perforación ejecutada para la explotación de agua subterránea deberá ser realizada por una empresa perforadora registrada (contratista). El propietario del pozo tubular (contratante) deberá indicar el punto donde será ejecutada la obra, y proporcionar al contratista el anteproyecto o proyecto del pozo, elaborado por un especialista en el área de recursos hídricos. A su vez podrá designar un técnico que lo represente, quién actuará como director de obra.

6) Será responsabilidad del contratante que el acceso y lugar donde se desarrollen las obras ofrezcan dimensiones adecuadas, a los efectos de que la empresa perforadora disponga del espacio suficiente para desarrollar sus tareas en forma cómoda, de común acuerdo (o si lo estableciera el contrato de obra) la empresa perforadora podrá tomar a su cargo la localización del lugar técnicamente más apropiado para realizar la perforación y proporcionar el proyecto



ejecutivo del pozo tubular bajo responsabilidad del técnico competente. En este caso el técnico del contratista cumplirá con las funciones del director de obra.

7) Ninguna institución pública o privada, ni persona natural o jurídica, queda exento de lo establecido en los artículos que componen la resolución.

### 2.3.3 Entidades Competentes

#### -Municipalidad de Capiatá:

**El Municipio:** El municipio es la comunidad de vecinos con gobierno y territorio propios, que tiene por objeto el desarrollo de los intereses locales. Su territorio deberá coincidir con el del distrito y se dividirá en zonas urbanas y rurales. (Ley N° 3966/10 Orgánica Municipal Art.

**Atribuciones de los Municipios:** Las atribuciones de los municipios están previstas en el artículo 168º de la Constitución Nacional y sus funciones específicas son desarrolladas en el Art. 12 de la Ley N° 3966/10 Orgánica Municipal.<sup>76</sup>

#### **LEY ORGÁNICA MUNICIPAL 3966/2010**

#### **Capítulo III**

#### **De las funciones municipales:**

**Art. 12: - En materia de planificación, urbanismo y ordenamiento territorial:** a- la planificación del municipio, a través del Plan de Desarrollo Sustentable del Municipio y del Plan de Ordenamiento Urbano y Territorial; b- la delimitación de las áreas urbanas y rurales del municipio; c- la reglamentación y fiscalización del régimen de uso y ocupación del suelo; d- la reglamentación y fiscalización del régimen de loteamiento inmobiliario; e- la reglamentación y fiscalización del régimen de construcciones públicas y privadas, incluyendo aspectos sobre la

---

<sup>76</sup> Municipalidad de Capiatá. Recuperado de:  
<http://www.municipalidadcapiata.gov.py/index.php/institucion/marco-legal>



alteración y demolición de las construcciones, las estructuras e instalaciones mecánicas, eléctricas y electromecánicas, acústicas, térmicas o inflamables; f- la reglamentación y fiscalización de la publicidad instalada en la vía pública o perceptible desde la vía pública; g- la reglamentación y fiscalización de normas contra incendios y derrumbes; h- la nomenclatura de calles y avenidas y otros sitios públicos, así como la numeración de edificaciones; i- el establecimiento, mantenimiento y actualización de un sistema de información catastral municipal.

- **En materia de infraestructura pública y servicios:** a- la construcción, equipamiento, mantenimiento, limpieza y ornato de la infraestructura pública del municipio, incluyendo las calles, avenidas, parques, plazas, balnearios y demás 8 Ley Orgánica Municipal - Nº 3966/2010 lugares públicos; b- la construcción y mantenimiento de los sistemas de desagüe pluvial del municipio; c- la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, de conformidad con la ley que regula la prestación de dichos servicios, en los casos en que estos servicios no fueren prestados por otros organismos públicos; d- la construcción, equipamiento y mantenimiento de los caminos vecinales rurales y otras vías de comunicación que no estén a cargo de otros organismos públicos; e- la regulación y prestación de servicios de aseo, de recolección, disposición y tratamiento de residuos del municipio; f- la regulación de servicios funerarios y de cementerios, así como la prestación de los mismos; g- la regulación, así como la organización y administración de los centros de abasto, mercados, mataderos y ferias municipales, y similares.

- **En materia de ambiente:** a- la preservación, conservación, recomposición y mejoramiento de los recursos naturales significativos; b- la regulación y fiscalización de estándares y patrones que garanticen la calidad ambiental del municipio; c- la fiscalización del cumplimiento de las normas ambientales nacionales, previo convenio con las autoridades nacionales competentes; d- el



establecimiento de un régimen local de servidumbre y de delimitación de las riberas de los ríos, lagos y arroyos.

#### ***TÍTULO DÉCIMO DE LA PLANIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO***

##### ***ART. 224.- PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO.***

Las municipalidades establecerán un sistema de planificación del municipio que constará, como mínimo, de dos instrumentos: el plan del desarrollo sustentable del municipio y el plan del ordenamiento urbano y territorial.

##### ***ART. 225.- EL PLAN DE DESARROLLO SUSTENTABLE.***

El Plan de Desarrollo Sustentable tendrá por finalidad el desarrollo urbano y rural armónico con sus recursos naturales, con miras al bienestar colectivo. El Plan de Desarrollo Sustentable es un instrumento técnico y de gestión municipal en el que se define los objetivos, líneas estratégicas, programas y proyectos en los ámbitos social, económico, ambiental, institucional y de infraestructura orientados a lograr la equidad social, el crecimiento económico y la sustentabilidad ecológica en el municipio. El Plan de Desarrollo Sustentable tendrá como contenido básico un plan social, un plan económico y un plan ambiental del municipio. Los planes operativos y de inversión de la municipalidad deberán responder al Plan de Desarrollo Sustentable. Los organismos de la Administración Central, las entidades descentralizadas y las gobernaciones coordinarán con las municipalidades sus planes y estrategias, a fin de armonizarlas con el Plan de Desarrollo Sustentable del municipio.

##### ***ART. 226.- PLAN DE ORDENAMIENTO URBANO Y TERRITORIAL.***

El Plan de Ordenamiento Urbano y Territorial tendrá por finalidad orientar el uso y ocupación del territorio en el área urbana y rural del municipio para conciliarlos con su soporte natural. El Plan de Ordenamiento Urbano y Territorial es un instrumento técnico y de gestión municipal donde se definen los objetivos y estrategias territoriales en concordancia con el Plan de Desarrollo Sustentable y contiene como mínimo los siguientes aspectos: a) la delimitación de las



áreas urbana y rural; b) la zonificación del territorio: establecimiento de zonas con asignaciones y limitaciones de usos específicos en función a criterios de compatibilización de actividades, optimización de sus interacciones funcionales y de concordancia con la aptitud y significancia ecológica del régimen natural; c) el régimen de fraccionamiento y de loteamiento inmobiliario para cada zona; d) el régimen de construcciones; e) el sistema vial; y, f) el sistema de infraestructura y servicios básicos.

**-DGEEC: Dirección Nacional de Estadística y Censo**

- Misión: Regir y conducir la producción de la estadística oficial que describa al Paraguay.
- Visión: Generamos e integramos información estadística, innovando y utilizando tecnología de punta, desarrollando el valor de la estadística oficial del país.<sup>77</sup>

**-MADES: Ministerio del Ambiente y Desarrollo sostenible**

-Misión: Lograr que el desarrollo Nacional se realice de acuerdo con los parámetros de calidad ambiental optimizando los bienes y servicios ecosistémicos garantizando la conservación de los recursos naturales para las generaciones presentes y futuras, a través de la gobernanza ambiental.

-Visión: En el Paraguay se vive en un ambiente sano, respetando los recursos naturales, conservando la biodiversidad y aprovechándolos de manera sustentable para el desarrollo nacional, a través de la gestión fortalecida, eficaz y eficiente de la Secretaría del Ambiente.

**-DINAC: Dirección Nacional de Aeronáutica Civil**

**-DMG: Dirección de Meteorología e Hidrología**

La Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH), tiene como misión promover el estudio y desarrollo de la meteorología e hidrología en todo el territorio nacional, en coordinación con las instituciones estatales afines a esta ciencia, administrar y operar la red de observatorios meteorológicos oficiales, y prestar los servicios requeridos para satisfacer las necesidades de las

---

<sup>77</sup> DGEEC. Recuperado de: <https://www.dgeec.gov.py/institucion/misionvision.php>



distintas actividades dependientes de las condiciones atmosféricas tales como la ganadería; la agricultura, el transporte terrestre, fluvial y aéreo; la construcción; la industria; los asentamientos humanos; conservación de los recursos hídricos; la defensa del medio ambiente; las actividades deportivas y las necesidades de las Fuerzas Armadas.<sup>78</sup>

#### **-SENASA: Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental**

Es un organismo dependiente del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPBS) creado por la ley 369/72, del 1 de diciembre de 1972. Desarrolla varias funciones en las actividades de saneamiento ambiental: planificación, promoción, ejecución de obras tendientes a extender la provisión de agua potable y saneamiento. Tiene competencia sobre localidades de hasta 10.000 habitantes. El Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental podrá construir sistemas de agua y servicios básicos de saneamiento en asentamientos indígenas, de campesinos u otros conglomerados humanos, con recursos presupuestarios de fuente nacional o internacional.<sup>79</sup>

---

<sup>78</sup> Dirección de Meteorología e Hidrología. Recuperado de: <https://www.meteorologia.gov.py/#>

<sup>79</sup> SENASA. Recuperado de: <http://www.senasa.gov.py/index.php/institucion/acerca-de-senasa>



---

## **CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO**

- Enfoque de investigación
- Línea de investigación
- Instrumentos de recolección de datos



### 3.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Se adopta un enfoque mixto en la presente investigación, se analizan los datos obtenidos tanto de forma cuantitativa (porcentaje de lluvias en la zona, m<sup>3</sup> de agua utilizados en la vivienda, especificaciones técnicas de cada sistema de captación); como de forma cualitativa (nivel socio-económico del sector, estilo de vida de sus habitantes, cultura, tipología de las viviendas).

### 3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La investigación se encuentra en la línea del aprovechamiento de los recursos naturales, en este caso, el agua de lluvia en la vivienda.

El *área*<sup>80</sup> de estudio es el Barrio Tarumá, ubicado en la ciudad de Capiatá. Un barrio carente de servicios básicos, como abastecimiento de agua potable a través de entes públicos, deterioro ambiental debido a los procesos de urbanización y una topografía bastante accidentada.

El *universo*<sup>81</sup> está constituido por los habitantes del barrio Tarumá, en su mayoría familias de clase media-baja, algunas dedicadas a pequeños negocios en sus propios hogares y otras que se trasladan hasta la ciudad capital para sus actividades laborales. Esta población está en constante crecimiento debido al proceso de urbanización que observamos en la zona.

La muestra<sup>82</sup> extraída está conformada por vecinos inmediatos de la vivienda elegida como caso de estudio para la presentación de propuestas de sistemas de captación y por

---

<sup>80</sup> Área: Se refiere al contexto en que se llevará a cabo la investigación. Miranda, E. (2014) *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*.

<sup>81</sup> Universo: constituye la población que conformará el estudio. Miranda, E. (2014) *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*.

<sup>82</sup> Muestra: selección de una parte representativa de la población para ser estudiada. Miranda, E. (2014) *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*.



profesionales del área ambiental. El tipo de muestreo aplicado fue “muestreo por conveniencia” y “muestra de expertos”.

-Muestreo por conveniencia: El investigador aprovecha a los individuos que fácilmente están a su alcance y que responde a los objetivos de la investigación.

-Muestra de expertos: Se realiza entrevista o se aplica la encuesta a personas que se consideran muy conocedoras, que tengan una visión directa y profunda de la problemática que se desea estudiar. (Miranda, E., 2014, Pág.: 71)

### 3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**-Fuentes primarias de información:** datos obtenidos a través del contacto directo con los individuos en estudio (Miranda, E., 2014, Pág.: 77)

- ENCUESTA: recolección de información proporcionada por las propias personas investigadas, en formato de entrevista verbal cara a cara con los individuos seleccionados.
- OBSERVACIÓN DE CAMPO: observación de la realidad en el sector de estudio, análisis del contexto a partir de los datos obtenidos. Los criterios analizados en dicha observación:
  - Estilo de vida de los pobladores (aspecto socio económico)
  - Materialidad de las viviendas
  - Tipos de pavimentación de las vías
  - Usos de suelo (área residencial, comercial, etc.)
  - Principales carencias aparentes a nivel económico
  - Principales carencias aparentes a nivel socio cultural
  - El tipo de infraestructura que presenta y de que carece
  - Existencia de grandes áreas verdes
  - Análisis de vegetación existente
  - Equipamientos cercanos



- Topografía del sector
- FOTOGRAFÍAS: se tomaron fotografías de todo aquello que pudiera tener relación con el tema investigado, tales como materialidad de calles, tipología de viviendas; toda la información necesaria para determinar el sistema más apropiado en base a los datos obtenidos y analizados.
- GRABADORA: Con la grabadora de voz del celular pudimos registrar en su totalidad las entrevistas realizadas, para luego poder extraer toda la información de forma clara y precisa sin omitir datos importantes.

**-Fuentes secundarias de información:** datos obtenidos a través del contacto directo con los individuos en estudio (Miranda, E., 2014, Pág.: 77)

- LIBROS, ARTÍCULOS CIENTÍFICOS: tanto en formato físico como en formato digital fue bastante útil tener una amplia bibliografía de consulta para ponernos en situación respecto a la información existente sobre el tema investigado.
- TFG ANTERIORES: constituyeron una referencia importante tener trabajos de investigación realizados recientemente sobre el área de estudio.



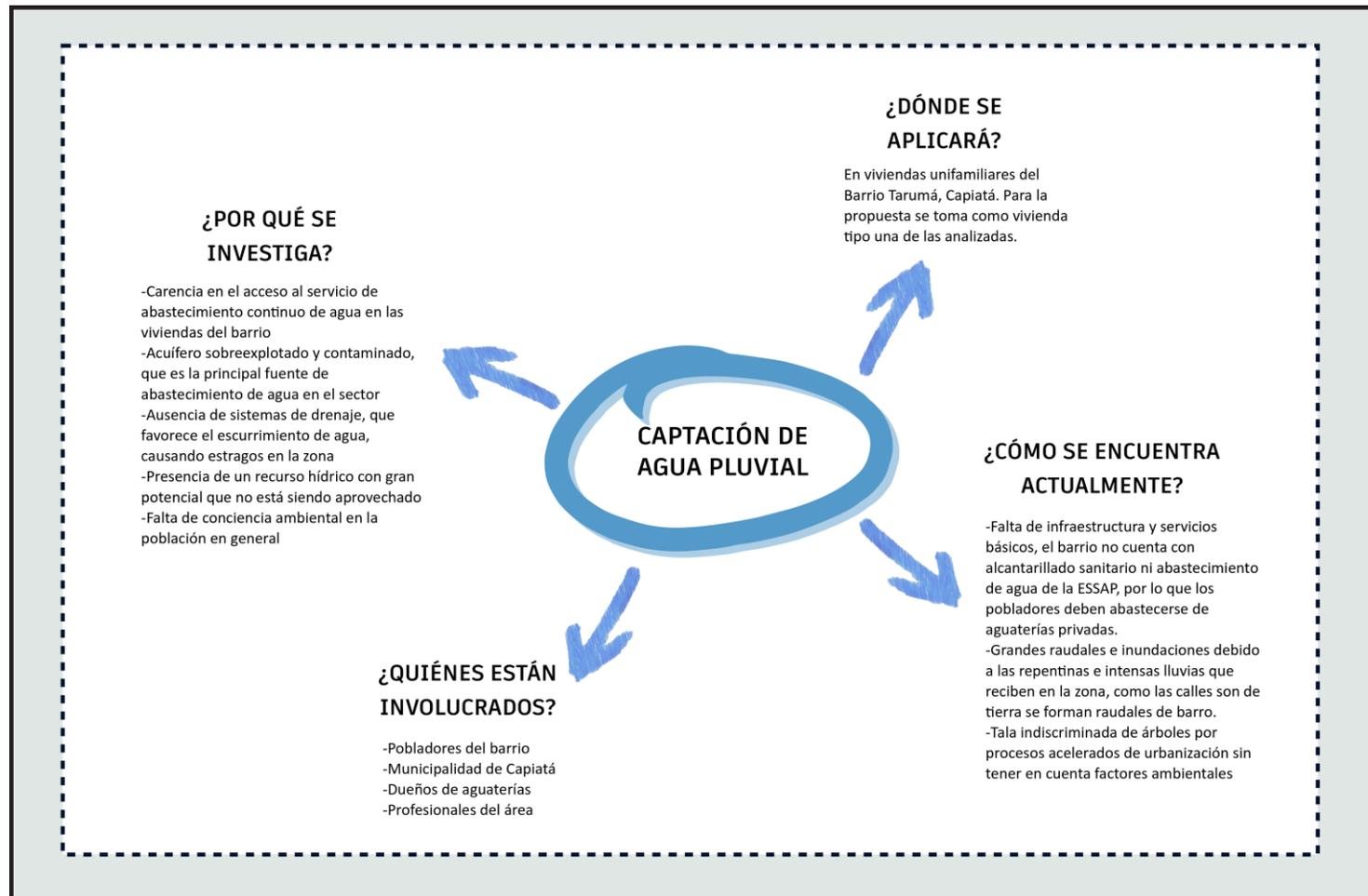
---

## **CAPÍTULO 4: MARCO OPERATIVO**

- Mapa situacional
- Síntesis de entrevistas
- Análisis de la situación actual
- Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia propuesto
- Aplicabilidad de la propuesta
- Conclusión



#### 4.1 MAPA SITUACIONAL





## 4.2 SÍNTESIS DE ENTREVISTAS

### 4.2.1 Entrevistas a Profesionales y Encargados del Área

En entrevista con el Arq. Arturo Herreros, docente del área de Ambiente y Clima de la Universidad Nacional de Asunción, (Anexo 1) el mismo señaló que es importante considerar el manejo del agua como un sistema, ya que el ciclo del agua involucra a todas las variables como ser vegetación, clima, tipo de suelo y la infiltración del agua. Mencionó que nuestro sistema actual, alimentado de acuíferos, debe ser analizado ya que la mayor parte de ellos están contaminados.

También conversamos con el Hidrólogo Elías Díaz Peña, (Anexo 2) quien nos comentó que es importante elegir el material correcto para la construcción del sistema, ya que existen chapas como las de asbesto cemento (por ejemplo, la marca “Eternit”, muy popular en nuestro país) que posee fibras cancerígenas que son arrastradas por el agua. Lo ideal es que el techo y las chapas sean de material metálico. La teja cerámica absorbe un porcentaje de agua, pero se podría mantener.

Señaló que la parte más costosa de la construcción del sistema es proveer el aljibe. Y que no es necesario ningún tratamiento químico al agua de lluvia para usos como limpieza, regadío, etc.

El ingeniero Francisco Martínez nos habló acerca de los materiales que podemos utilizar para las conexiones en nuestro sistema, la forma de utilizar las cañerías existentes para la alimentación y adaptar la propuesta a la instalación previa, con llaves de paso en puntos clave. Nos comentó sobre los materiales y dispositivos utilizados en zonas rurales y el Chaco para la captación y mencionó los beneficios de la desinfección solar del agua.

También conversamos con el Ing. Fernando García, Director de Redes de Agua Potable de Asunción y Área Metropolitana de la Essap, quien nos explicó la metodología de trabajo del



ente; la empresa tiene un contrato de concesión con el Estado de 30 años y la ERSSAN regula y determina el área prestacional de todas las proveedoras de agua potable, tanto de las aguaterías privadas como de la Essap.

Ante la consulta del porqué el servicio de la Essap no llega hasta nuestra área de estudio, nos respondió que el titular del servicio es el Poder Ejecutivo, y por ende, es el que debe concesionar la prestación de servicio en un área determinada.

Un ejemplo fue el caso de una Junta de Saneamiento en San Antonio, en la cual se generaron problemas de gestión, por lo cual la ERSSAN recomendó que la Essap se encargue del abastecimiento del área, lo cual fue determinado finalmente por el Poder Ejecutivo.

Es común que se generen este tipo de problemas en la administración de las Juntas de Saneamiento, mencionó el ingeniero, ya que al ser grupos vecinales que deben auto sustentarse después del empuje económico inicial de la SENASA, suelen aparecer diferencias o disconformidades en el modo de gestión.

En cuanto al actual abastecimiento de agua en la zona, la señora Damaris, encargada de la aguatería, (Anexo 3) nos comentó algunos detalles de la organización y funcionamiento de la planta, una empresa con 27 años de servicio a la comunidad y que, actualmente, cuenta con 2.400 usuarios.

El agua que llega a los clientes se obtiene de un pozo cuya profundidad es de 180 metros, y, mediante el uso de una motobomba impulsora, extrae el agua para hacer llegar a los usuarios. También cuenta con reservorios cada uno con capacidad de 10.000litros, que a su vez abastece un tanque de 13 m de altura para luego distribuirlos. En cuanto a la potabilización del agua, el sistema cuenta con un clorador automatizado que constantemente clora el agua en los reservorios.



Como los pobladores del barrio habían comentado que sufren constantemente de cortes repentinos de agua, preguntamos a la encargada las medidas que están tomando para evitar la falta de abastecimiento, a lo que nos respondió que ya cuentan con generador para evitar el inconveniente de dejar sin agua a los usuarios por falta de energía eléctrica, ya que todo funciona con la misma, los motores y todo lo automatizado. También nos comentó que la siguiente queja es el precio, según relata, el usuario nunca es consciente de lo que utiliza en primer lugar por no tener conocimiento de cuanto es  $1\text{m}^3$  por lo cual siempre culpa al medidor y el medidor no puede fallar a favor del prestador, pero si a favor del usuario.

Respecto a la cantidad de consumo, nos comentó, que no hay promedio exacto ya que depende mucho, el consumo mínimo sería de  $10\text{m}^3$ , normalmente una familia humilde es lo que usa esa cantidad, después están los que cuentan con baño moderno o son más en la casa, que llegan a utilizar  $50\text{m}^3$  por mes, pero todo varía.



#### 4.2.2 Entrevista a pobladores del barrio

Para plantear un sistema de captación de agua de lluvia eficiente para el sector de estudio, necesitamos conocer la situación del barrio desde la perspectiva de los pobladores. A través de entrevistas (Anexos 4 y 5) y conversaciones obtuvimos las siguientes informaciones:

- La lluvia ocasiona estragos en el sector, como las calles son de tierra esta se desplaza de forma irregular y forma grandes raudales de barro. Varias casas quedan por debajo del nivel de calle, lo que facilita la entrada de agua de la calle al terreno y en ocasiones a la casa, debido a la falta de desagüe pluvial e infraestructura adecuada para evitar esto. La mayoría utiliza canteros de ladrillo para frenar el ingreso de agua a la vivienda.
- El abastecimiento de agua en la vivienda se da a través de aguaterías privadas, las cuales presentan variación en el cobro mensual que no muchas veces coincide con el volumen de consumo según los pobladores, señalan que ocurren irregularidades en este aspecto, así como también en la presión del agua, que a veces es muy baja.
  - Mostraron interés en la utilización de agua de lluvia para ciertos usos en la vivienda, como regadío y limpieza, no así para usos de contacto como aseo personal o consumo. Manifestaron que en ocasiones recolectan pequeñas cantidades de agua de lluvia en baldes para regar las plantas del jardín.

Para el planteamiento de la propuesta se tomó como vivienda tipo la de la familia Vargas, que presenta sistema constructivo, distribución de espacios y materialidad de techos similar a la de las demás viviendas del barrio. Se presentan los detalles en el siguiente capítulo.



### 4.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL. VIVIENDA CASO DE ESTUDIO

#### 4.3.1 TERRENO

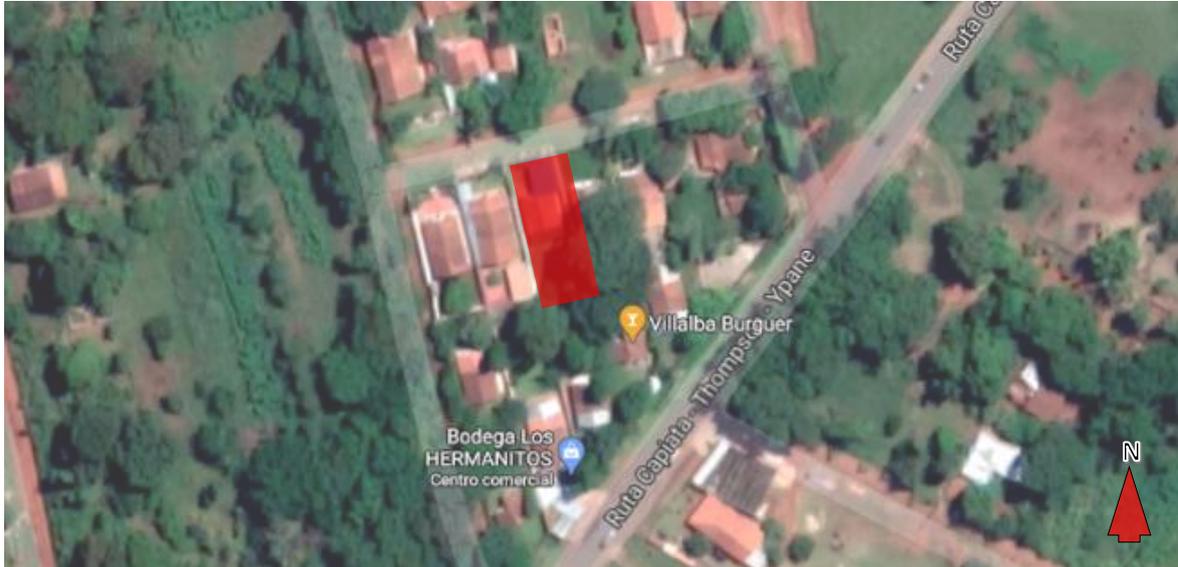


Figura 37. Fuente: google maps

#### -Dimensiones y linderos según título

- Al norte: sobre la calle 2, mide 12 m.
- Al sur: 12 m.
- Al este: 30 m.
- Al oeste: 30 m.
- Superficie del terreno, según título: 360 m<sup>2</sup>
- Ubicado a mitad de manzana



### **-Relación de frente y topografía de la propiedad**

-Relación frente / fondo: 1 a 2,5

-Topografía interior: Se observa un terreno desnivelado, siendo su lado de mayor altura, el norte, y desciende hacia el sur.

-Relación calle: Se observa un desnivel de -0,50 m. con respecto al nivel de calle y el nivel de piso terminado de la vivienda, y de -0,95 m. con respecto al nivel de calle y fondo de terreno.

-Topografía de barrio: Descendiente hacia el sur

### **4.3.2 BARRIO**

#### **-Características del barrio**

-Nivel de población: Media / baja

-Uso del suelo: Habitacional

-Predominante: Unifamiliar medio-bajo, baja densidad edilicia

-Transición: En progreso a consolidación del uso habitacional media y mixta por la aparición de pequeños negocios.

-Grado de desarrollo: bajo

-Antigüedad en el uso habitacional: 20 años aprox.



### - Servicios e infraestructura

-Pavimento: Tierra, sin construcción de empedrado o asfaltado. El asfaltado se encuentra a 120 m. aprox. de la vivienda.



*Imágenes del barrio. Fotografías propias*

-Desagüe sanitario: No

-Agua corriente: Si

-Desagüe pluvial: No

-Energía eléctrica: Si

-Teléfono: Si

-Alumbrado público: Si

-Camiones recolectores de basura: No

-Transporte público: Si. A 120 m. se encuentra la avenida que conecta Capiatá-Thompson, Ypane, por el que circulan las líneas 20 y 29.



### -Polo de crecimiento

Como se encuentra a pocos metros de la avenida Tte. Leonardo Salinas, conectora entre ciudades, el crecimiento paulatino es apreciable. Se observa un creciente aumento de uso habitacional de baja densidad, y la aparición de pequeños negocios.

### -Vías de referencia

Se ubica a 100 m. aprox. al sur, de la avenida Tte. Leonardo Salinas, y a 150 m. al este, de una calle de tierra sin nombre en la actualidad.

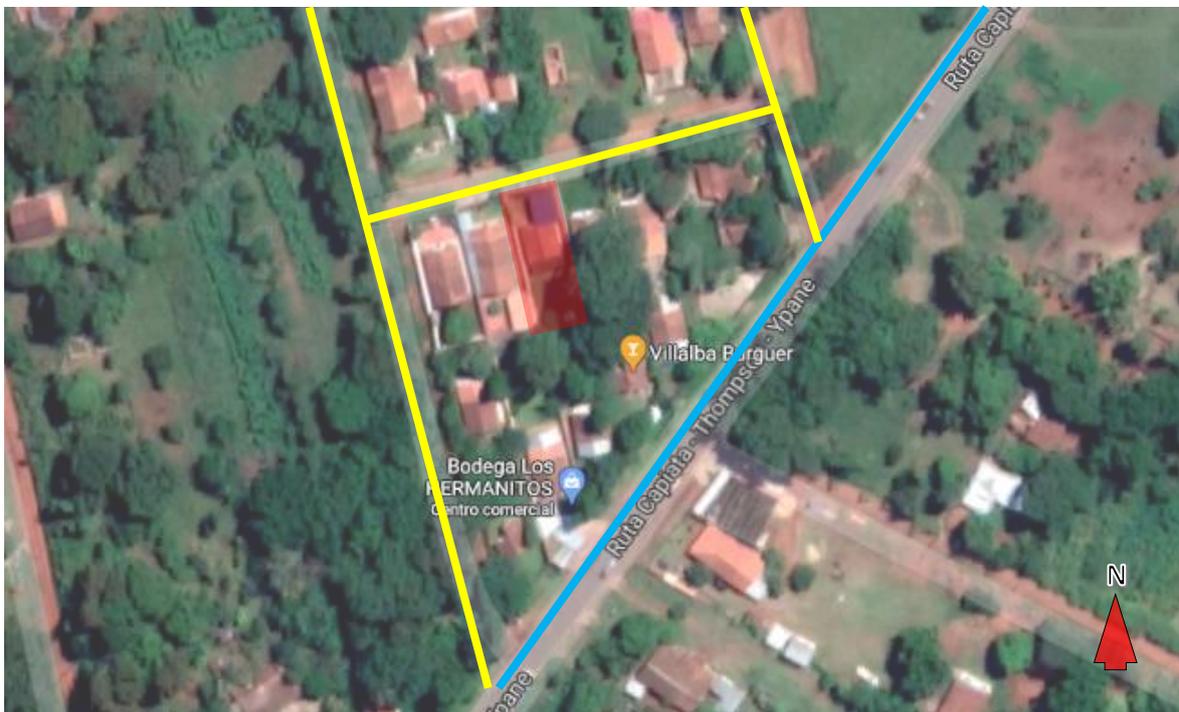


Figura 38. Fuente: google maps

 CASO DE ESTUDIO  CALLES DE PAVIMENTO DE TIERRA  AVDA. PRINCIPAL (ASFALTO)



### 4.3.3 CONSTRUCCIÓN EXISTENTE

#### -Descripción edilicia

- Vivienda unifamiliar de baja densidad, en buen estado. Se desarrolla en 1 nivel. Cuenta con área íntima, área de servicio y acceso vehicular para 1 vehículo (techado).

- Área construida: 65m<sup>2</sup>

- Cuenta con una (1) habitaciones, sala, comedor, baño y galería exterior.

#### -Materiales

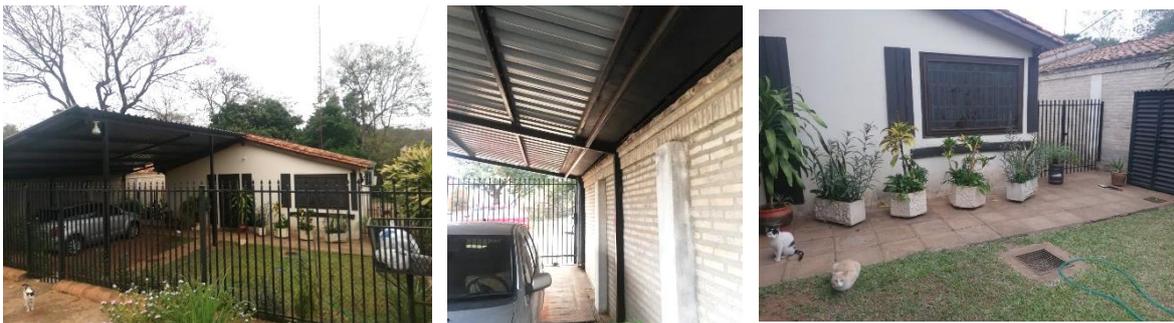
-Cimentación: Piedra bruta corrida

-Paredes: Cerramiento vertical de mampostería de ladrillo común de 0,15m.

-Techo: Tejas cerámicas, con tejuelón apoyadas sobre estructura de madera.

-Pisos: Calcáreo y cerámico

-Pinturas: Al agua



*Imágenes de la vivienda. Fotografías propias*



#### 4.3.4 CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio es una vivienda unifamiliar de 65m<sup>2</sup>, ubicada a mitad de cuadra, de estilo rústico, que cuenta con un amplio patio y jardín frontal. Actualmente se observa en la vivienda varios inconvenientes y soluciones particulares. La depresión que cuenta, con respecto al nivel de calle, es bastante considerable, lo que propició varios estragos al hogar, por encontrarse a un nivel inferior. El agua proveniente de las fuertes lluvias ingresaba a la casa, por lo que los moradores tuvieron que utilizar el ingenio para evitar el ingreso de agua.

En el siguiente plano (Anexo 6), podemos observar la distribución general de la vivienda:

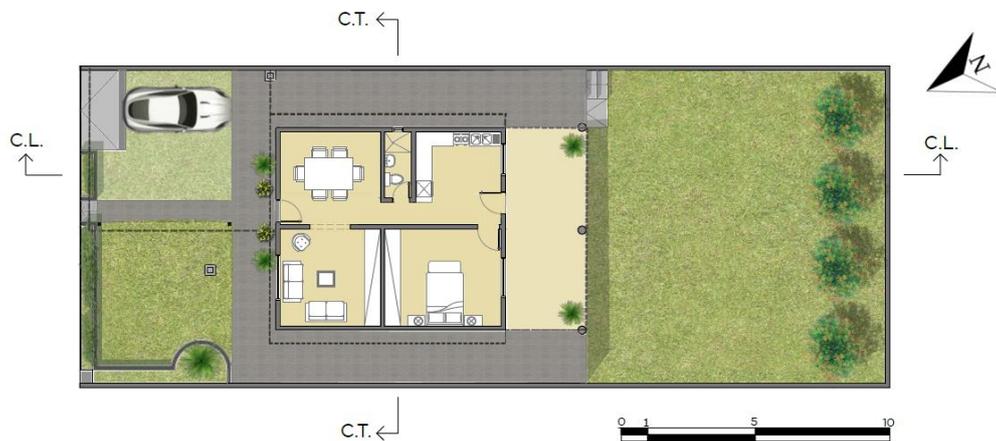


Figura 39. Elaboración propia



Figura 40. Elaboración propia

En la observación de campo pudimos constatar diversas técnicas tanto funcionales como medianamente estéticas para frenar el paso del agua, por ejemplo, rejillas corridas,



canteros que frenan y absorben el agua al ingresar al terreno, ladrillos decorativos que frenan el avance de agua ubicados en el área inferior de las rejas frontales de la casa, y un tope en el acceso principal;



El acceso principal cuenta con pequeño muro que evita el ingreso de agua de lluvia al interior de la vivienda.

Ladrillos que frenan el avance de agua, ubicados en la reja de la fachada frontal.



Canteros tanto estéticos como funcionales, ya que absorben el paso del agua.



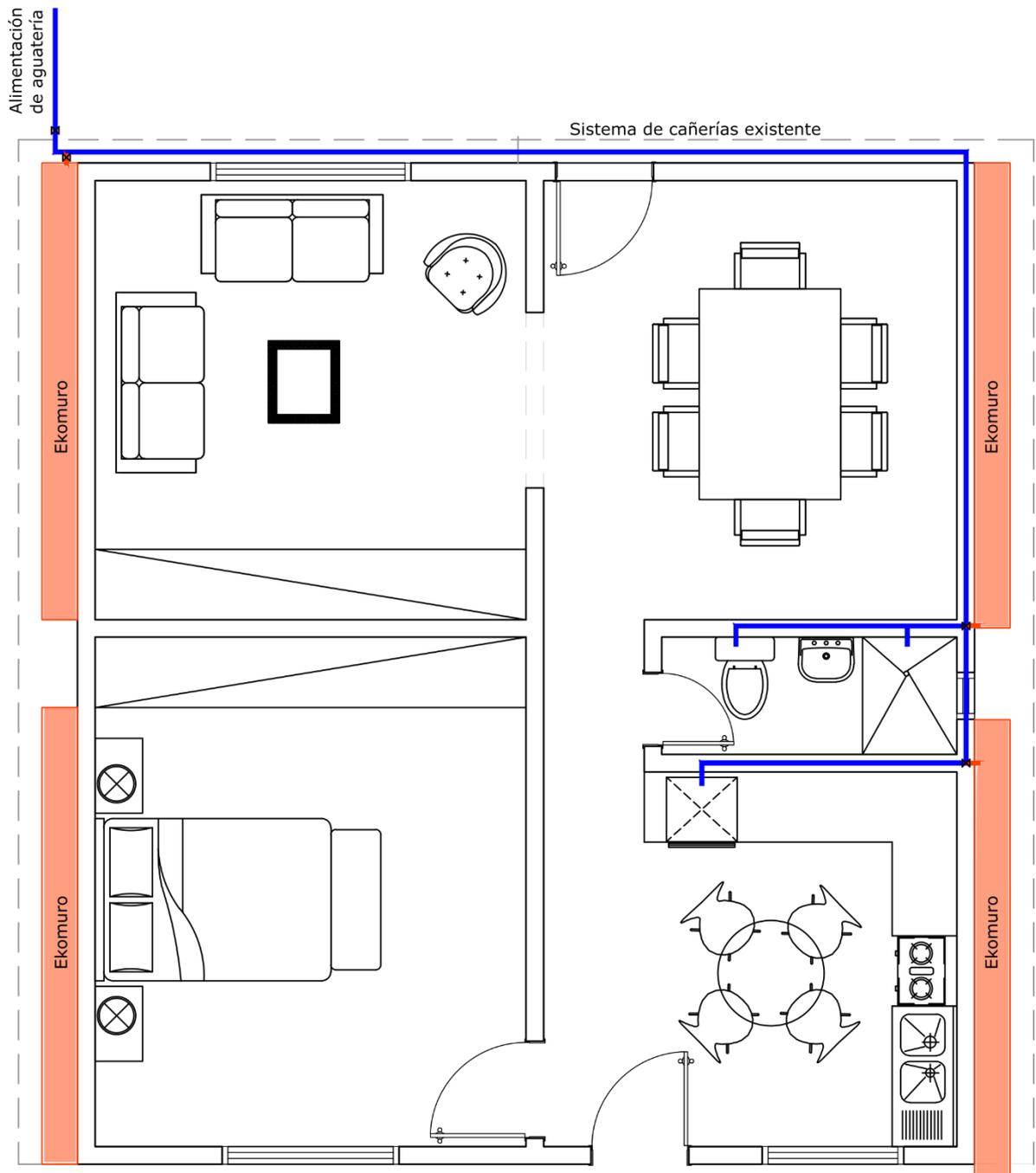
#### 4.4 SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PROPUESTO

##### 4.4.1 EKOMURO



La propuesta del Ekomuro consiste en adaptar el sistema “*Ekomuro H2O+*”, actualmente implementado en varias zonas de Colombia y otros países, es impulsado por el *Ekogroup H2O* y ya han ayudado a miles de familias a obtener agua potable. Es un innovador sistema de recolección de agua de lluvia elaborado modularmente reutilizando 54 botellas PET de 3 litros, que, interconectados entre sí, conforman un depósito de agua tipo vertical, compacto y resistente a las presiones del líquido, ocupando un mínimo de espacio y orientado a satisfacer las necesidades de ahorro de agua en una vivienda urbana.

La propuesta se adapta a nuestra tipología de vivienda ya que la altura de los módulos del tanque vertical se encuadra dentro de la altura de asiento de tirantes de la vivienda de estudio, y el sistema se puede conectar a la instalación existente donde, a través de válvulas, se configura un sistema mixto donde el usuario elige la fuente de alimentación dependiendo del artefacto a utilizar.



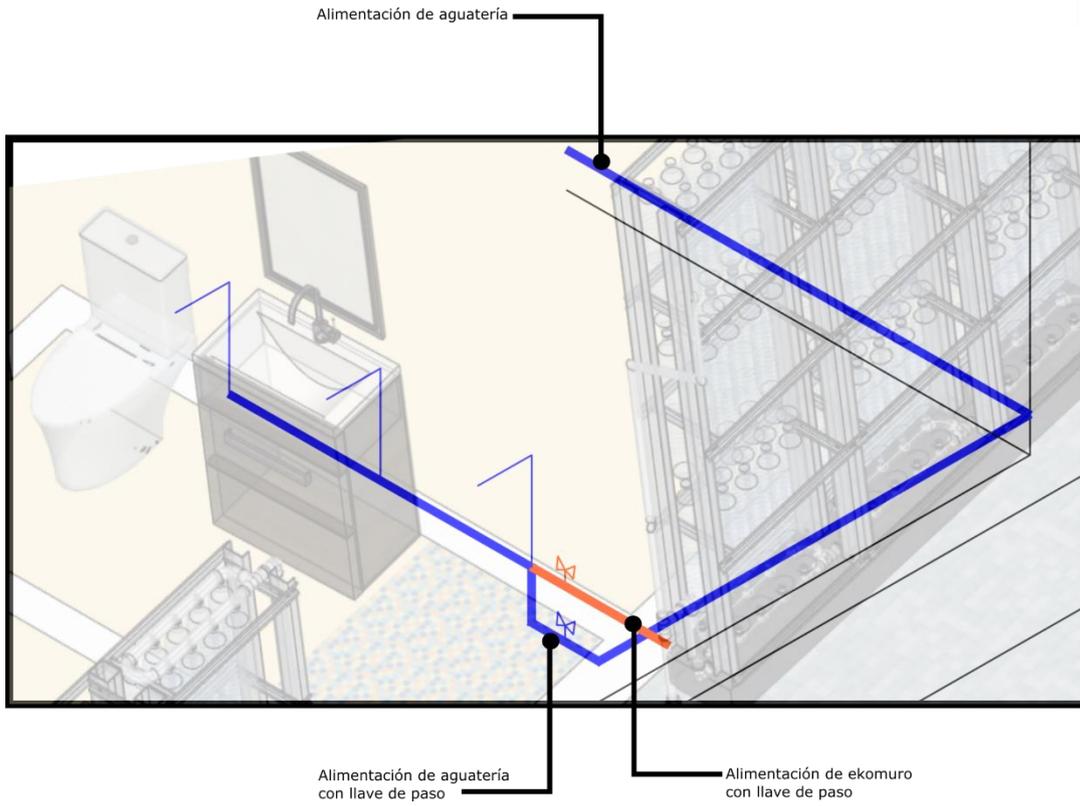
Esquema de conexiones para sistema EKOMURO

Figura 41. Elaboración propia



Ubicación del sistema EKOMURO en la vivienda, cercano a las áreas a alimentar.

*Figura 42. Elaboración propia*



*Válvulas del sistema mixto.*

*Figura 43. Elaboración propia*



*Figura 44. Elaboración propia*



## Funcionamiento

El agua de lluvia se recoge en el techo de la vivienda. La canaleta está provista de una rejilla que actúa como primer filtro de hojas, evitando que este tipo de residuos orgánicos obstruyan el paso del agua. En la bajante encontramos un segundo filtro de hojas, que consiste en un corte a 45° con rejilla. El corte inclinado ayuda a que cualquier hoja o residuo que haya pasado el primer filtro caiga al suelo y el agua pase más libre de contaminantes de tamaño considerable.

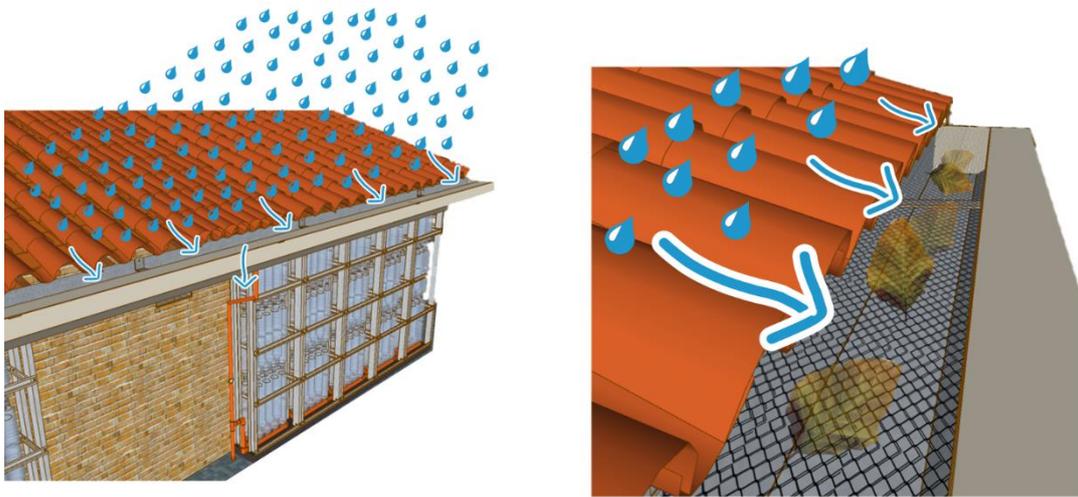


Figura 45. Elaboración propia

El agua va a un separador de primeras aguas, donde se deposita el agua del primer “lavado” del techo. El agua de los primeros minutos de lluvia arrastra consigo la suciedad existente en la cubierta, por lo tanto, no es almacenada. Dentro del separador se encuentra una pelota que va ascendiendo hasta que se llena este compartimiento y permite que el agua más limpia pase a nuestro Ekomuro.

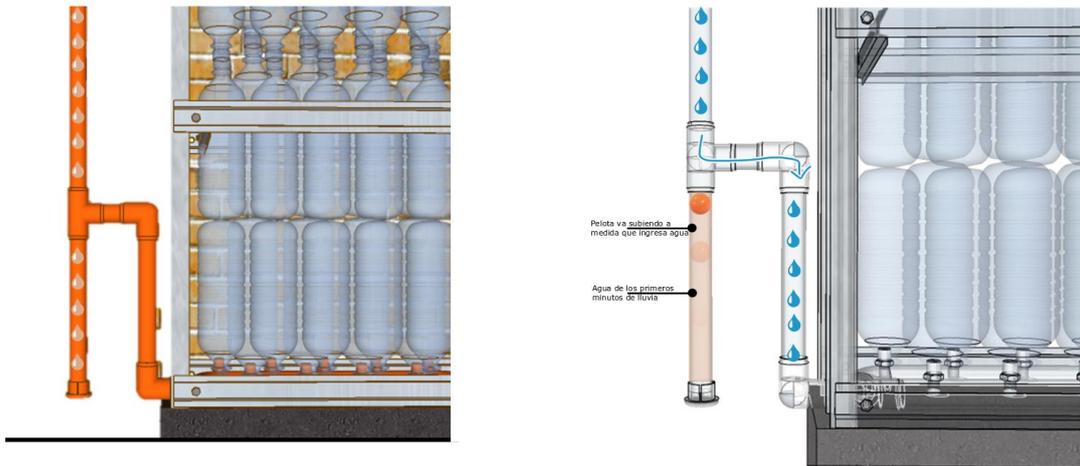


Figura 46. Elaboración propia

Las bases de nuestros módulos están interconectadas mediante tubos de PVC, de modo que el agua inicia un recorrido ascendente dentro del depósito vertical, pasando por un filtro de carbón activado y grava colocado en el primer nivel de botellas.

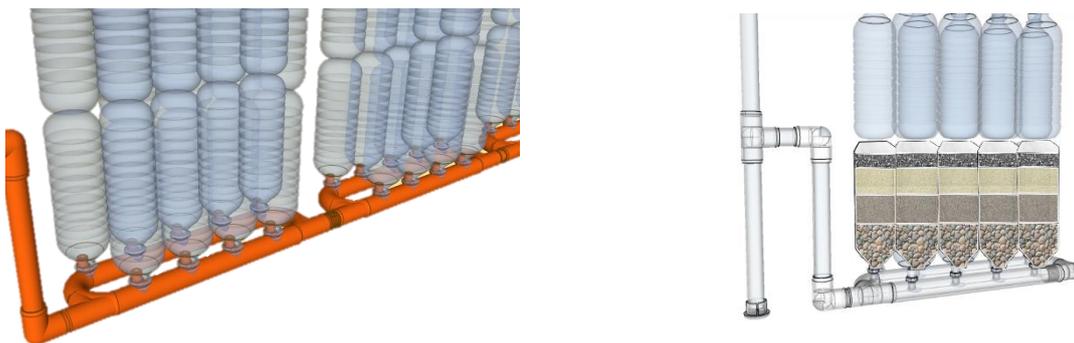


Figura 47. Elaboración propia

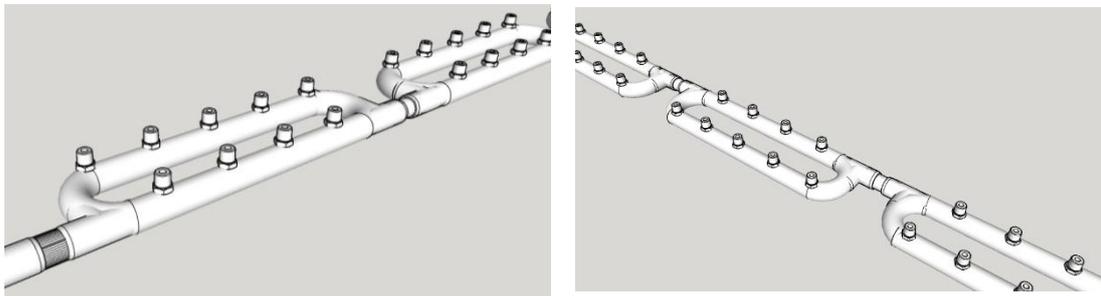
Se puede utilizar en la vivienda para usos no potables, como descarga de inodoros, lavarropas, canilla de pie, limpieza en general y regadío. Si bien el agua pasa por un filtro, recomendamos limitarnos a los usos no potables debido a que el agua no ha sido clorada para asegurar su desinfección total para consumo humano. Aun así, esto no constituye una limitante ya que el sistema es bastante flexible permitiendo el agregado de un dispositivo de cloración para hacerlo apto para consumo humano, encontrándose este punto fuera de los objetivos de esta investigación.



### Sistema constructivo

Este sistema es propuesto promoviendo la autoconstrucción, que cada familia pueda encargarse de elaborar e instalar su propio Ekomuro, o con ayuda comunitaria. Las herramientas a utilizar son: sierra, taladro, cizalla para cortar tubos de pvc, bridas, entre otros. Y los materiales utilizados son, por cada módulo, 54 botellas PET de 3 litros, tubos de pvc  $\varnothing$  25mm para la base, de  $\varnothing$  75mm para la bajante, conectores PVC roscados, codos y tes «T» de pvc  $\varnothing$  25mm, adhesivo para PVC y sellador de roscas de plástico.

Primero se cortan los tubos de PVC de  $\varnothing$  25mm para conectarlos a las tes «T» de PVC de  $\varnothing$  25mm. Y se unirán con la ayuda del adhesivo para PVC. Los agujeros superiores de las tes «T» de PVC de  $\varnothing$  25mm deberán quedarte libres y hacia arriba. Es dónde se conectarán las botellas.

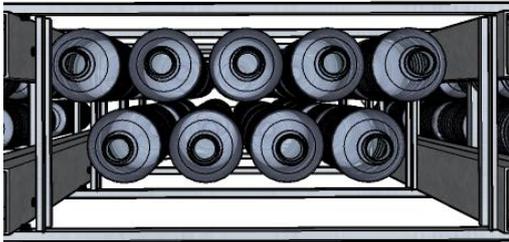


*Figura 48. Elaboración propia*

Se cierra el circuito hidráulico de la base con los codos de PVC de  $\varnothing$  25mm, formando una base de forma rectangular. Cortamos el tubo de PVC de  $\varnothing$  25mm que queda para conectarlo en los agujeros superiores de las tes «T» que han quedado libres.



Una vez que tenemos la base preparada procedemos a colocar las botellas, en hileras de 9 botellas por nivel como se muestra en la imagen. En la primera hilera de botellas colocaremos el filtro de carbón activado y grava.



*Figura 49. Elaboración propia*

Realizamos un agujero en la base y otro en la tapa de cada botella, el agujero del tamaño de nuestra conexión de PVC de  $\varnothing$  25mm. Unimos las botellas en columnas, uniendo tapa con tapa y base con base. Usamos los conectores de PVC roscados para las uniones. Sellamos todas las uniones con sellador de plástico y atamos las botellas entre sí con bridas de plástico para evitar que se muevan.



*Figura 50. Fuente: ekomuroh2o.wixsite.com*

Para terminar el ensamblado se realizan las conexiones, colocando los módulos de botellas y conectándolos a la base. Se conectan a los tubos de 5 cm de la parte superior de las tes «T».

Se añaden a uno de los extremos de la base el tubo de PVC de  $\varnothing$  75mm. Este tubo realizará la función de bajante y llenará el Ekomuro con agua de lluvia. La cantidad de



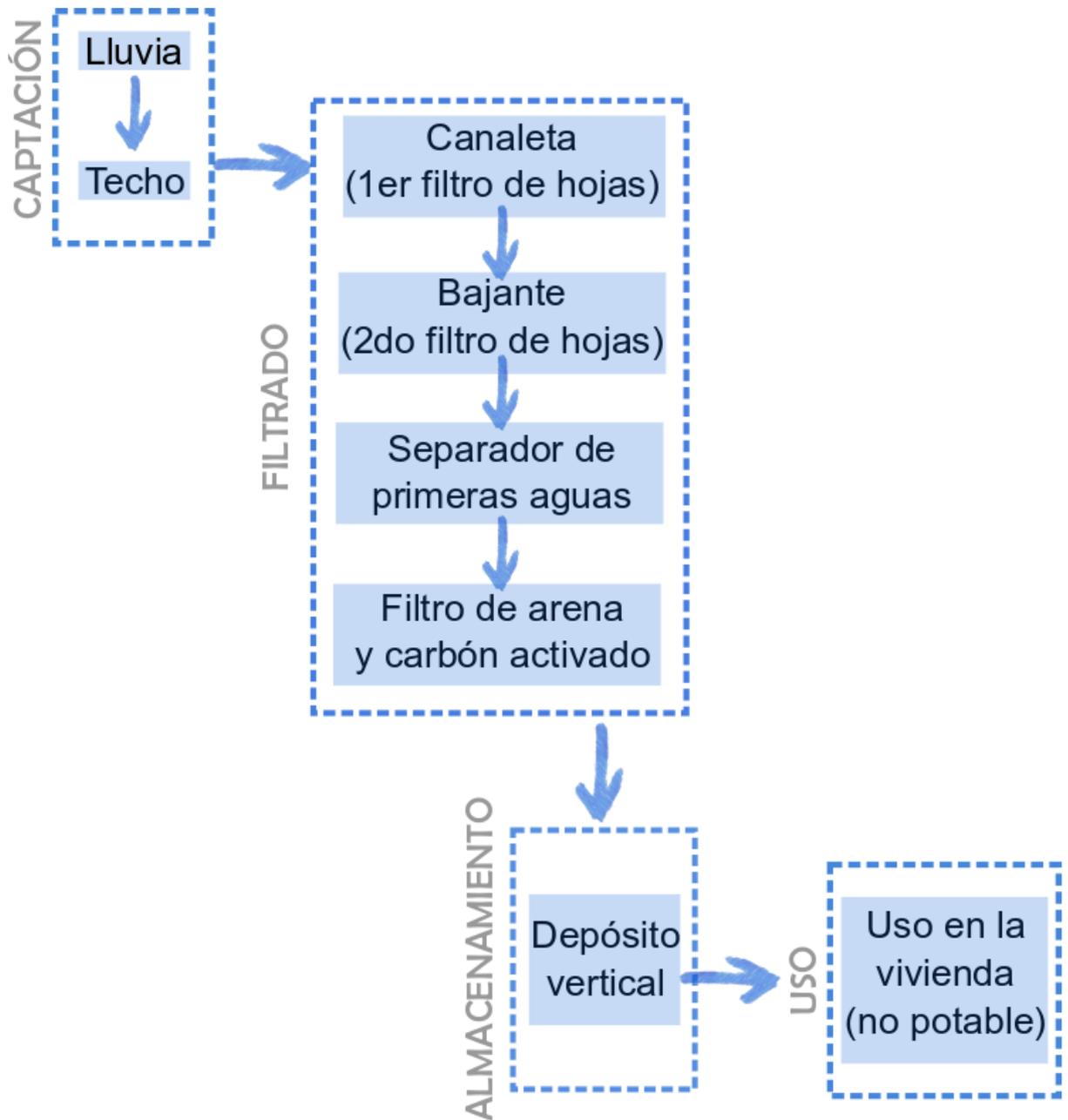
módulos se coloca de acuerdo al espacio disponible, conectando las bases de cada módulo entre sí, de modo que el agua ingrese de forma equitativa en todos los módulos.



*Figura 51. Elaboración propia*



La instalación se completa con la colocación de la canaleta con rejilla, la bajante y su extensión para el separador de primeras aguas y la conexión de una tubería de rebose en la parte superior. Para la estructura de soporte se coloca una pequeña base de concreto y perfilaría metálica.



Esquema de funcionamiento del Ekomuro.

Figura 52. Elaboración propia



## Componentes del sistema

### -Botellas PET

Se ha demostrado que este tipo de plástico es resistente a las presiones generadas por el líquido almacenado en su interior. Además, genera un importante impacto a nivel ambiental al reutilizar las botellas, con lo cual estamos hablando de reducción de los residuos sólidos en áreas urbanas.

Otra ventaja de este material es que es apto para la desinfección solar. La desinfección solar del agua es un método de desinfectar el agua usando la luz del sol y botellas transparentes plásticas adecuadas. Eso significa que mata a los micro-organismos dañinos para la salud humana. La radiación ultravioleta del sol la desinfecta. En la práctica se pueden usar botellas de vidrio o cualquier tipo de botella de plástico (hay dos tipos de botellas de plástico, las fabricadas con tereftalato de polietileno (PET) y las fabricadas con cloruro de polivinilo (PVC), pero los mejores resultados se obtienen con botellas tipo PET, por su duración, forma, transparencia y facilidad de transporte.

La obtención de las botellas puede ser a través de campañas impulsadas por el mismo municipio, en la zona no se cuenta con un sistema eficiente de camiones recolectores de basura, esto se hace a través de “carriteros” que recogen la basura, pero los pobladores no tienen información de donde se da la disposición final de estos residuos.

### -Filtro de arena

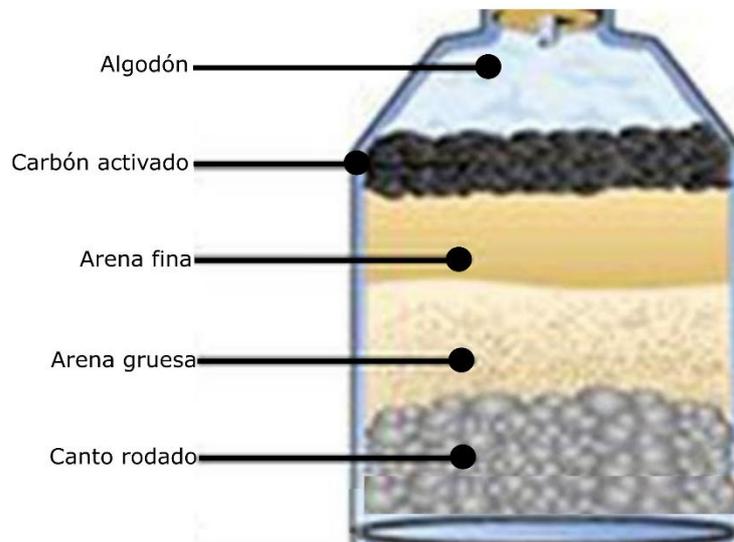
En la base de nuestro Ekomuro, en las botellas de la primera hilera, colocamos un filtro casero de arena y carbón activado. Este tipo de filtros simulan lo que sucede de manera orgánica en la naturaleza, donde el agua se filtra de manera natural al pasar por este tipo de materiales, saliendo limpia de los manantiales al pasar por las diferentes capas que la limpian de sedimentos.



Este tipo de filtro utiliza la acción mecánica del paso por la arena y la grava para remover así los elementos que enturbian el agua y en combinación con el carbón y bacterias benignas también reducen la carga bacteriológica de patógenos que podrían causar daños a nuestra salud.

Todos los elementos se deben preparar antes de construir el filtro. Para esto se debe limpiar el contenedor con abundante agua limpia y jabón antibacterial. Lo mismo con la piedra y la arena, las cuales deben ser limpiadas con agua y zarandeadas para quitar toda impureza.

El proceso de armado es sencillo. Solo consiste en hacer capas con los materiales en un orden establecido para que cumplan su función, ubicándolos de los materiales más gruesos hacia los más refinados.



*Figura 53. Elaboración propia*

Cada 6 meses debemos desarmar el filtro volver a lavar bien la arena, las piedras, la grava y remplazar el carbón activado, ya que éste pierde sus propiedades con el paso del tiempo y con los litros de agua que filtra.



### -Filtro de hojas

El primer filtro de hojas consiste en rejillas metálicas a lo largo de las canaletas para evitar que la misma se sature con hojas y otros residuos, obstruyendo así el paso del agua. Aun así, debemos realizar un control periódico en la misma para que mantenerla limpia y en buen funcionamiento.

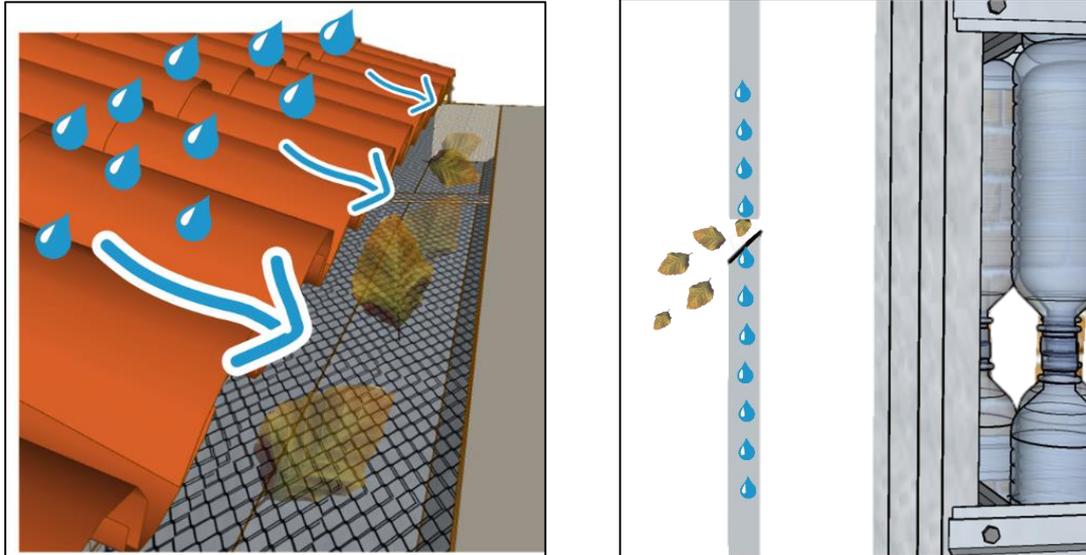


Figura 54. Elaboración propia

El segundo filtro de hojas consiste en un corte a 45° en nuestra bajante, provisto de una rejilla que separa cualquier hoja o residuo que haya pasado el primer filtro y con la pendiente cae al suelo, dejando pasar solo el agua para continuar con el proceso.

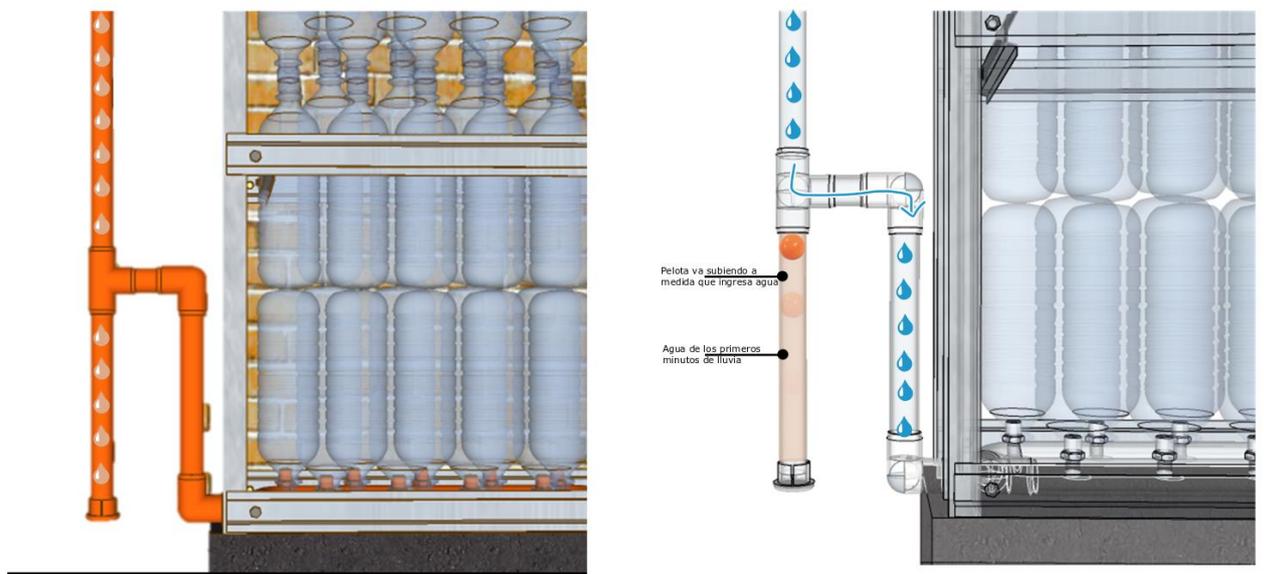
Estos dos filtros evitan la obstrucción de las tuberías con residuos de tamaño grande, el separador de primeras aguas se encargará de eliminar la suciedad del techo y el filtro de carbón activado de otros microorganismos.



### -Separador de primeras aguas

Consiste en una tubería del mismo espesor de la bajante, a este lugar se dirigen las aguas de los primeros minutos de lluvia que lavan el techo de toda la suciedad previa.

En el interior de la tubería se encuentra una pelota de plástico de un diámetro un poco menos, que va subiendo a medida que aumenta el nivel del agua y una vez lleno actúa como tapón, para que el agua limpia se dirija al Ekomuro.



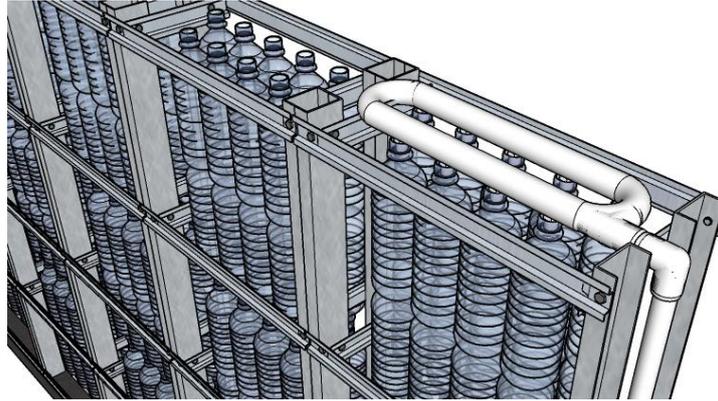
*Figura 55. Elaboración propia*

Al final de la tubería se encuentra una tapa de pvc con un pequeño agujero que va eliminando el agua progresivamente, para luego vaciar por completo el compartimiento retirando la tapa.



### -Tubería de rebose

En el último módulo del Ekomuro se ubica una conexión para eliminar el exceso de agua una vez que el depósito vertical supere su capacidad de almacenamiento, este punto de salida del agua puede conectarse a otro compartimiento de almacenamiento provisorio o al patio para ser colectado por el desagüe pluvial del mismo.



*Figura 56. Elaboración propia*



*Figura 57. Elaboración propia*



## Alternativas o variaciones del sistema

El Ekomuro es un sistema flexible que permite variaciones tanto hidráulicas como estéticas. El planteamiento del sistema como tal en la aplicación para este caso de estudio fue determinado de acuerdo a las condicionantes de uso, nivel socio económico y contexto de implantación.

Vemos ejemplos de estas variaciones en las aplicaciones en Colombia, realizadas por el grupo que Ekogroup H2O, que impulsa esta iniciativa.



**Placas drywall:** por razones estéticas muchos usuarios eligen dar una terminación con placas de muro seco a sus depósitos verticales, en algunas escuelas se realizaban pintatas de murales a modo de crear conciencia en los niños sobre el cuidado del agua.



**Canilla de patio:** Otra opción es colocar una canilla en un extremo del depósito vertical, para usos de limpieza o conectar directamente la manguera para regadío de jardín.



**Vegetación:** vemos que algunos usuarios colocan plantas como enredaderas sobre el depósito, a modo de generar un jardín vertical en esta zona.



**Galones:** el Ekomuro puede ser construido con galones de 20 litros en lugar de botellas de 3 litros. La estructura debe adaptarse a las medidas de estos galones y el funcionamiento es el mismo, con la capacidad ligada a la cantidad de galones que se utilicen.

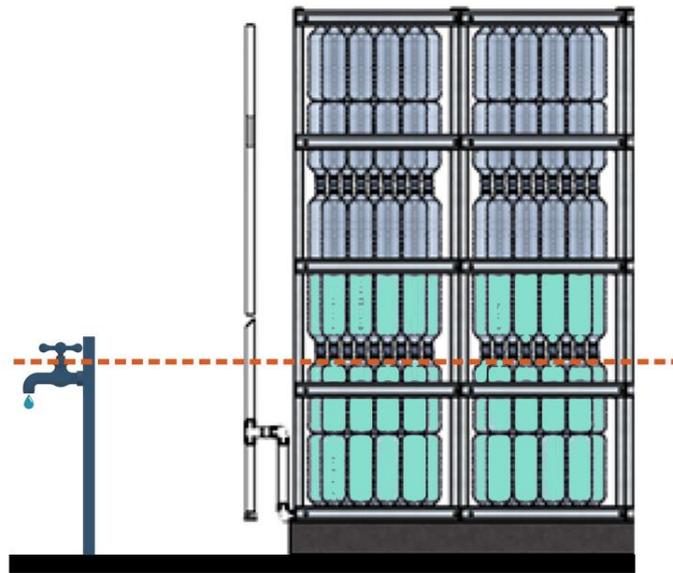


**Clorador:** para la obtención de agua potable se puede colocar un dispositivo clorador en la salida del agua, de este modo, el agua resultante es apta para consumo humano . Esta opción es utilizada mayormente en barrios de escasa infraestructura donde no llegan los sistemas tradicionales de abastecimiento de agua.



Una vez que se incluye el clorador se abren muchas más posibilidades de uso, incluyendo los usos potables, es decir, donde existe consumo humano.

Un nuevo uso podría ser la ducha, pero para esto necesitamos añadir presión al sistema, con una bomba pequeña (50 HP), ya que sin la misma la presión natural de salida de agua del sistema sólo es suficiente para alimentar artefactos que se encuentren nivel hidráulico menor, como se muestra en la siguiente imagen.



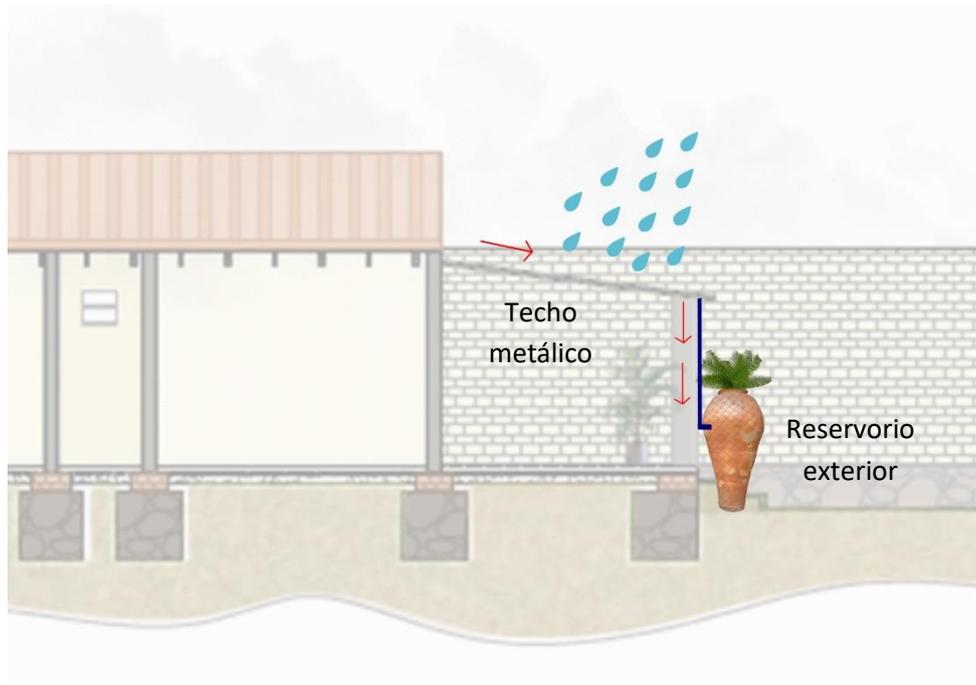
*Una vez que el agua llegue al nivel de la línea punteada, la presión se vuelve insuficiente para alimentar el artefacto a esa altura.*

*Figura 58. Elaboración propia*

Es por este motivo que decidimos alimentar solo artefactos cuyo punto de alimentación no se encuentre a una altura mayor a 0.90 m., para mantener la presión sin uso de bomba, pero como ya se mencionó, el sistema es flexible y permite variaciones de acuerdo al gusto, necesidad y disponibilidad de cada usuario.



#### 4.4.2 RESERVORIO EXTERIOR



*Corte longitudinal, ubicación de reservorio y su funcionamiento*

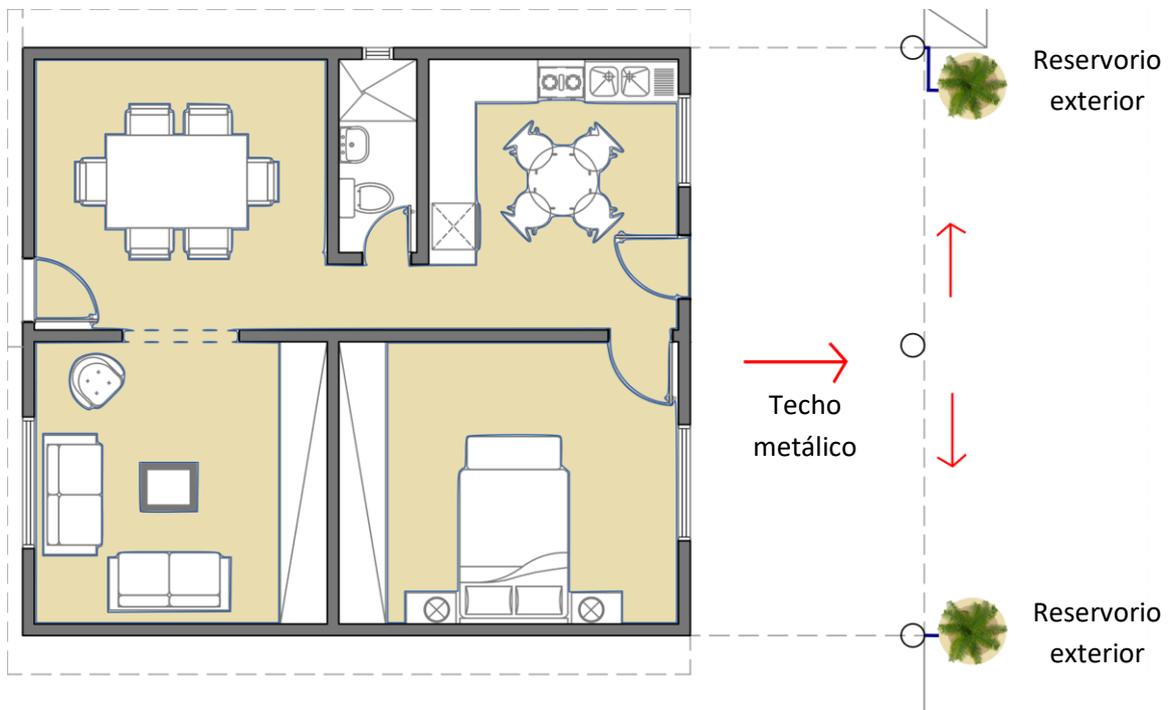
*Figura 59. Elaboración propia*

El sistema de reservorio exterior empleado como complemento al EKOMURO es una alternativa eficiente para aprovechar al máximo el agua de lluvia que cae sobre la superficie del techo metálico de la galería. Las dimensiones del reservorio son de 1,50, x 0,75m aproximadamente, aunque existen diversos modelos y materialidades en el mercado. En este caso proponemos reservorios cerámicos, ubicados en cada extremo y al pie de cada bajante, por tener la cualidad de mantener el agua fresca, y mimetizarse con el estilo rústico característico del hogar. Este sistema es una práctica tradicional en el país, antiguamente y hasta en algunos lugares en la actualidad, conservan el agua en cántaros.

Su funcionamiento es simple y no requiere de instalaciones complicadas, el agua cae sobre la superficie del techo, va a la canaleta y luego desciende al reservorio. Su capacidad es de aproximadamente 600 litros por reservorio y para su utilización basta solo con abrir el grifo ubicado en el área inferior del mismo. Como complemento se puede colocar plantas en el área



superior del reservorio. En cuanto al uso del agua proveniente de este sistema, se limita a usos de regadío y limpieza, ya que no pasa por un filtrado.



*Ubicación de los reservorios exteriores en la vivienda de estudio*

*Figura 60. Elaboración propia*

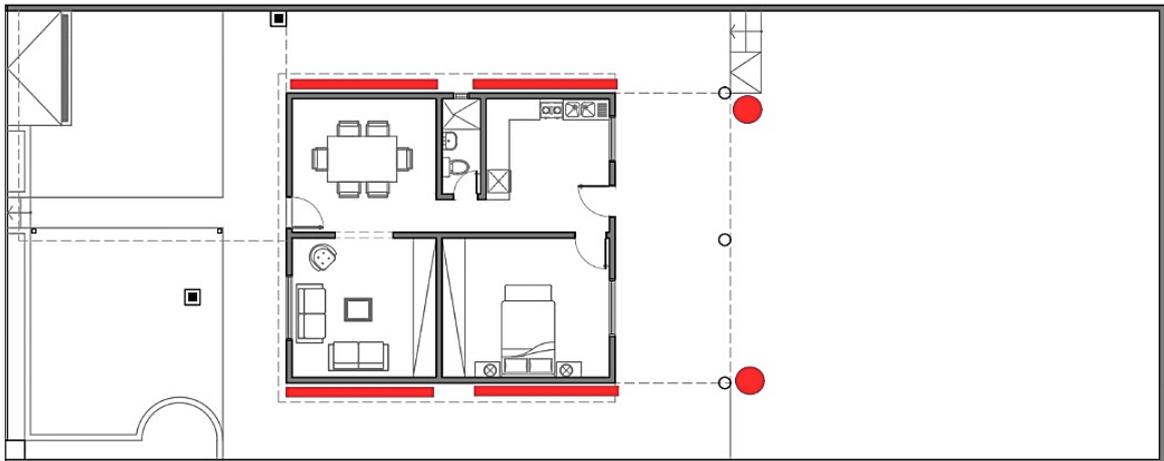
### Presupuesto

En una visita de campo a la ciudad de Aregua y en conversación con varios alfareros pudimos constatar que el precio de venta varía mucho dependiendo de las dimensiones y terminaciones del cántaro o reservorio, por lo que en promedio un reservorio de esas dimensiones está aproximadamente 600.000 guaraníes como base.



Ubicación de los reservorios en el contexto de la vivienda.

*Figura 61. Elaboración propia*



Ubicación de los sistemas Ekomuro y reservorio exterior en planta.

*Figura 62. Elaboración propia*



#### 4.4.3 ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

Capiatá tiene un promedio anual de más de 1.400 mm de lluvia. Las lluvias se concentran entre los meses de octubre y abril, que representa la temporada larga de lluvias. El mes más lluvioso es noviembre, con 161 mm en promedio al mes; seguido de abril, con 155 mm de promedio mensual. La temporada más seca, de mayo a septiembre, tiene un promedio mensual de 43 mm.

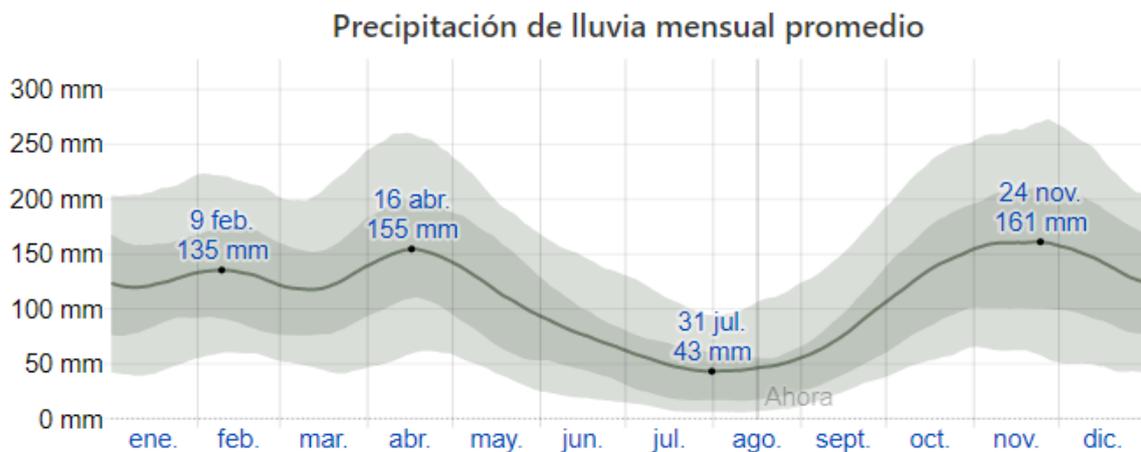


Figura 63. Fuente: Weather Spark

Entonces, teniendo en cuenta que el sistema a plantear es un sistema que reserva el agua, queremos que el mismo, pueda abastecer al hogar aún en la temporada más seca;

#### Cálculo de agua de lluvia total anual:

$$1400\text{mm de lluvia anual} = 140\text{cm}$$

Para calcular el volumen de agua;

$$100\text{cm} \times 100\text{cm} \text{ (lo que corresponde a } 1 \text{ m}^2 \text{ de superficie)} \times 140\text{cm de lluvia} = \mathbf{1.400.000\text{cm}^3}$$

$$1.400.000 \text{ cm}^3 \div 1000 = \mathbf{1400 \text{ l} \times \text{m}^2 \text{ anualmente.}}$$



$1400 \text{ l} \times 38 \text{ m}^2$  (una falda del techo de la vivienda de estudio) = **53.200 l** al año caen en una falda de la casa, siendo esta de dos faldas a dos aguas.

**Cálculo de agua de lluvia en el mes más lluvioso:**

$161 \text{ mm}$  de agua de lluvia =  $16,1 \text{ cm}$

Para calcular el volumen de agua;

$100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$  (lo que corresponde a  $1 \text{ m}^2$  de superficie)  $\times 16,1 \text{ cm}$  de lluvia =  **$161.000 \text{ cm}^3$**

$161.000 \text{ cm}^3 \div 1000 = 161 \text{ l} \times \text{m}^2$

$161 \text{ l} \times 38 \text{ m}^2 = 6.118 \text{ litros}$  por falda

$6.118 \text{ litros} \times 2$  (dos) faldas = **12.236 litros totales**

**Cálculo de agua de lluvia en el mes menos lluvioso:**

$43 \text{ mm}$  de agua de lluvia =  $4,3 \text{ cm}$

Para calcular el volumen de agua;

$100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$  (lo que corresponde a  $1 \text{ m}^2$  de superficie)  $\times 4,3 \text{ cm}$  de lluvia =  **$43.000 \text{ cm}^3$**

$43.000 \text{ cm}^3 \div 1000 = 43 \text{ l} \times \text{m}^2$

$43 \text{ l} \times 38 \text{ m}^2 = 1.634 \text{ litros}$  por falda

$1.634 \text{ litros} \times 2$  (dos) faldas = **3.268 litros totales**



**Según la ESSAP, el consumo de agua en Paraguay es de 150 litros por persona por día, al mes una persona consume 4500 litros, poniendo de ejemplo una familia de 4 integrantes consumen 18.000litros, 18m3 de agua/día. (Última Hora, 03/07/08).**

Cantidad de agua utilizada para;

- Lavar la ropa: 95 a 150 litros por carga
- Riego de jardín: 8 litros por minuto
- Inodoro: 5 a 10 litros por descarga
- Limpieza: 740 litros mensuales
- Canilla de pie: 3 a 4 litros por minuto<sup>83</sup>

Entonces, en nuestro caso de estudio y suponiendo que la vivienda utiliza esta cantidad de agua diaria para usos no potables:

- ✓ **Inodoro** = 7,5 litros (promedio) x 7 (descargas) = 52,5 litros por día por persona.

$$52,5 \text{ litros} \times 2 \text{ habitantes} = \mathbf{105 \text{ litros por día}}$$

$$105 \text{ litros} \times 30 \text{ días} = \mathbf{3.150 \text{ litros mensuales}}$$

- ✓ **Lavado de ropas en lavadora** = 122,5 litros (promedio) x 3 lavados semanales =

$$367,5 \text{ litros} \times 4 \text{ semanas} = \mathbf{1.470 \text{ litros mensuales}}$$

- ✓ **Canilla de pie**: 3,5 litros x minuto (promedio) x 3 minutos de uso = 10,5 litros por cada uso.

$$10,5 \text{ litros} \times \text{uso} \times 3 \text{ veces a la semana} = 31,5 \text{ litros por semana}$$

<sup>83</sup> Fuente: <https://blogs.iadb.org/agua/es/cuanta-agua-consumes-realmente-por-dia/>



$31,5 \text{ litros} \times 4 \text{ semanas} = \mathbf{126 \text{ litros mensuales}}$

✓ **Limpieza: 740 litros mensuales**

✓ **Riego exterior: 8 litros x 30 minutos = 240 litros diarios**

$240 \text{ litros} \times 30 \text{ días} = \mathbf{7.200 \text{ litros mensuales}}$

**OBS: La propuesta general consta de dos sistemas de almacenamiento de agua de lluvia, el EKOMURO y el reservorio exterior, cuya capacidad es de aproximadamente 600 litros.**

**Proponemos dos reservorios, por lo que se puede almacenar 1200 litros de agua.**

**En ese caso, gran parte del riego exterior podría abastecerse de este sistema. Entonces;**

- SISTEMA EKOMURO:  $7200 \text{ litros} - 1200 \text{ litros} = \mathbf{6000 \text{ litros}}$
- RESERVORIO EXTERIOR: Hasta 1200 litros aproximadamente.

El reservorio exterior se abastece de la recolección de agua del techo metálico de la galería, cuya superficie es de **22,8 m<sup>2</sup>**. Si tomamos como referencia el mes de menos lluvia, tendríamos;

$43\text{mm de agua de lluvia} = 4,3\text{cm}$

*Para calcular el volumen de agua;*

$100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$  (lo que corresponde a 1 m<sup>2</sup> de superficie)  $\times 4,3 \text{ cm de lluvia} = \mathbf{43.000 \text{ cm}^3}$

$43.000 \text{ cm}^3 \div 1000 = \mathbf{43 \text{ l} \times \text{m}^2}$

$43 \text{ l} \times 22,8 \text{ m}^2 = \mathbf{980 \text{ litros}}$



*En el mes más lluvioso tendríamos;*

*161 mm de agua de lluvia = 16,1 cm*

*Para calcular el volumen de agua;*

*100 cm x 100 cm (lo que corresponde a 1 m<sup>2</sup> de superficie) x 16,1 cm de lluvia = **161.000 cm<sup>3</sup>***

*161.000cm<sup>3</sup> % 1000 = **161 l x m<sup>2</sup>***

*161 l x 22,8 m<sup>2</sup> = **3.670 litros***

*Total, consumo mensual de agua necesaria abastecer a la vivienda =*

*3.150 l + 1.470 l + 126 l + 740 l + 7200 l = **12.686 litros***

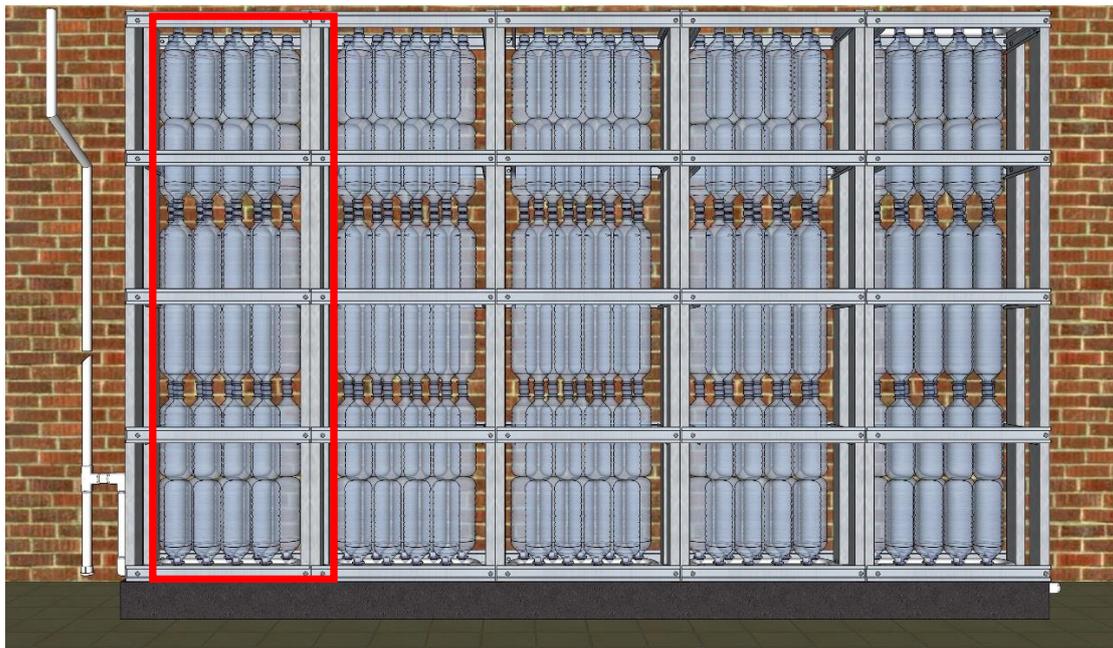


#### 4.4.4 CÁLCULO DE CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS

Se emplean botellas recicladas de **3 litros** de capacidad para su funcionamiento, ellas se arriostan entre sí creando una serie de contenedores, estos a su vez forman módulos sucesivos sujetos por una estructura metálica, creando así, muros de almacenaje. Teniendo en cuenta esto, la cantidad de módulos y bloques, determinamos la capacidad total del sistema.

Cada muro cuenta con 5 módulos sucesivos, cada módulo se compone por 54 botellas, de los cuales las 9 (nueve) botellas inferiores son utilizadas de filtros y no almacenan agua, por lo que en realidad la cantidad de botellas útiles para almacenaje son 45. En total se plantea 4 (cuatro) muros alrededor de la casa.

En la siguiente imagen, podemos observar la composición del EKOMURO:



*Sistema Ekomuro compuesto de 5 (cinco) módulos sucesivos*

*Figura 64. Elaboración propia*



Entonces;

$$45 \text{ botellas} \times 3 \text{ litros de capacidad} = 135 \text{ litros por módulo}$$

$$135 \text{ litros} \times 5 \text{ módulos} = 675 \text{ litros por muro}$$

$$675 \text{ litros} \times 4 \text{ muros} = \mathbf{2.700 \text{ litros}}$$

**2700 litros de agua es la capacidad total del sistema EKOMURO**

Cantidad de agua de lluvia real:

- Mes menos lluvioso: **3.268 litros**
- Mes más lluvioso **12.236 litros**

La composición del techo de la vivienda es de material cerámico, de característica absorbente, por lo que la cantidad de agua que va al sistema, difiere en un **10% menos** en cuanto al valor real de agua de lluvia que cae, por metro cuadrado.

Entonces podemos decir que en realidad en el mes menos lluvioso tenemos;

$$3.268 \text{ litros} \times m2 - (3.268 \times 0,1) = \mathbf{2.941 \text{ litros}}$$

Y en el mes más lluvioso:

$$12.236 \text{ litros} \times m2 - (12.236 \times 0,1) = \mathbf{11.012 \text{ litros}}$$

.Cantidad de agua de lluvia que ingresa al sistema:

- Mes menos lluvioso: **2.941 litros**
- Mes más lluvioso: **11.012 litros**
-



En este punto la duda que surge es si el sistema abastecerá a la vivienda, teniendo como datos;

- ✓ Consumo de agua mensual: **12.686 litros**
- ✓ Capacidad del sistema EKOMURO: **2.700 litros**
- ✓ Capacidad del reservorio exterior: **1200 litros**
- ✓ Cantidad de agua de lluvia en el mes más lluvioso: **11.012 litros**

Si bien la cantidad de agua de lluvia mensual es generosa con respecto a la cantidad de agua necesaria para la vivienda, las lluvias son variadas, es decir, no significa que en un día descienda esa cantidad de agua, sino más bien es relativo, y la utilización de agua es constante, lo que genera un sistema dinámico, y que se encuentra en constante “carga y descarga”. Además, el sistema propuesto para el abastecimiento de agua en el hogar es mixto, es decir, se abastece también de la aguatería privada, instalación que en la actualidad se encuentra en funcionamiento.

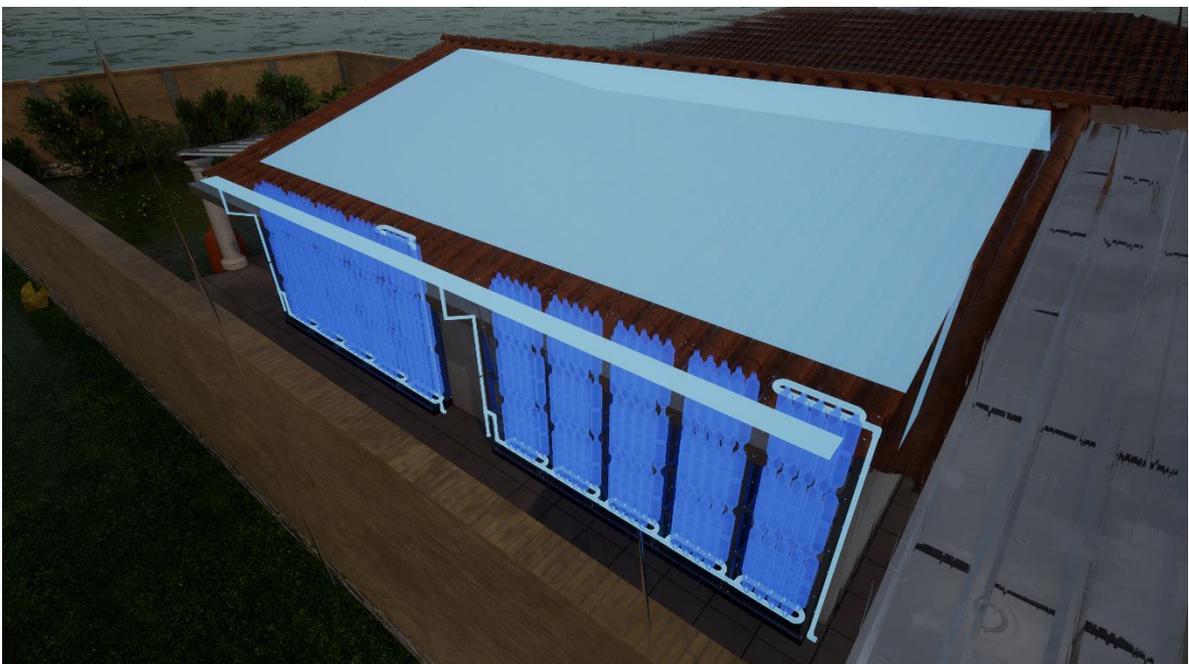


Figura 65. Elaboración propia



## 4.4.5 ANÁLISIS DE COSTOS: SISTEMA EKOMURO

Rubro	Cantidad		Unidad	Costo	Total
- <b>Instalación Hidráulica</b>	1		un	151.600	
<b>Computo métrico</b>					
1- Botellas de plástico PET	54		un	0	0
2- Tubo de PVC de 25 mm (base)	12		m	2.000	24.000
3- Tubo de PVC de 75mm (bajante)	3		m	8.000	24.000
4- "Ts" de unión 25mm	6		un	3.000	18.000
5- "Ts" de unión 75mm	1		un	10.000	10.000
6- Codos de unión	14		un	4.500	63.000
7- Tapa	1		un	2.000	2.000
8- Adhesivo para PVC	1		un	8.600	8.600
9- Sellador de rosca de plástico	1		un	2.000	2.000
Total					<b>151.600</b>
- <b>Filtro de arena y carbón activado</b>					<b>144.833</b>
<b>Computo métrico</b>					
1- Algodón	0,02 m3	0,9	kg	2.000	1.800
2- Carbón activado	0,0008 m3	0,4	kg	700	280
3- Arena fina	0,004 m3	0,004	m3	48.000	192
4- Arena gruesa	0,008 m3	0,008	m3	48.000	384
5- Canto rodado	0,0009 m3	2,25	kg	250	563
Total					<b>3.219</b>
Total, 45 unidades					<b>144.833</b>
- <b>Plataforma de Hormigón</b>	3,7		ml	55.793	<b>206.434</b>
<b>Computo métrico</b>					
1- Varillas conformada	6,4		kg	5.750	36.800
2- Cemento tipo 1	12		kg	960	11.520
3- Arena lavada	0,02		m3	48.667	973
4- Piedra triturada de IV	0,04		tn	102.500	4.100
5- Alambre de atar negro	0,1		kg	10.000	1.000
6- Clavo 1" a 7"	0,1		kg	14.000	1.400
Total					<b>55.793</b>
- <b>Estructura metálica (perfilería y acces.)</b>	1		un		250.000
<b>TOTAL, GENERAL</b>					<b>752.867</b>



*El costo aproximado por cada Ekomuro 752.867 gs.*

*El pago mensual actual a las aguaterías es de 90.000 gs mensual en promedio, eso al año hacen 1.080.000 gs. Suponiendo que con el sistema Ekomuro el pago mensual a la aguatería sea el costo mínimo de 30.000 gs, en un año son 360.000 gs.*

*Entonces, el ahorro de un año serían 720.000 gs (1.080.000 – 360.000), prácticamente el costo de un Ekomuro. **Con estos datos vemos que en un año se equipara la inversión de implementar un Ekomuro** en lugar de seguir pagando 90.000 mensual, lo que a la larga constituye un beneficio, ya que se obtiene un abastecimiento de mayor calidad al tener un sistema mixto de alimentación de la vivienda que no dependa exclusivamente de una proveedor con antecedentes de cortes repentinos y malos servicios.*

*Además, una de las mayores ventajas es que estaremos colaborando con la recuperación del ya contaminado Acuífero Patiño, que si no empezamos a tomar medidas el mismo dejará de ser una fuente apta para el abastecimiento de agua y las consecuencias serán muy graves.*



#### 4.4.6 SÍNTESIS DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS

**CONSUMO**

Consumo mensual en la vivienda (usos no potables)

Total: 12.686 litros

(inodoro, lavarropas, canilla de pie, limpieza, regadío)

**CAPACIDAD**

Ekomuro (4 de 5 módulos)	Reservorio exterior
<u>2.700 litros</u>	<u>1.200 litros</u>
+ Total: <u>3.900 litros</u> por carga	

La cantidad de carga y descarga por mes es variable de acuerdo al régimen de lluvias

**CAPTACIÓN**

Techo de tejas cerámicas	Techo de chapa zinc
+ Cantidad de agua captada en mes más lluvioso	
<u>11.012 litros</u>	<u>3.670 litros</u>
- Cantidad de agua captada en mes menos lluvioso	
<u>2.941 litros</u>	<u>980 litros</u>

**COSTO APROX.**

Ekomuro (de 5 módulos)	Reservorio exterior
<u>752.867 gs</u> por ekomuro	<u>600.000 gs</u> por reservorio

Se equipara al gasto anual en pago de aguatería privada

Los costos son referenciales y variables de acuerdo a los sitios y fecha de compras de materiales

**EKOMURO**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Reciclado de residuos sólidos</li> <li>+ Ahorro en construcción del depósito</li> <li>+ Promueve la autoconstrucción y ayuda comunitaria</li> <li>+ Ideal para áreas urbanas por ocupar espacio reducido</li> <li>+ Sistema flexible que permite expansiones y variaciones</li> <li>+ Ayuda a crear conciencia sobre el uso responsable del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento del filtro cada 6 meses.</li> <li>- Se requiere de un mínimo de conocimiento en herrería.</li> </ul>

**RESERVORIO**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Sistema de almacenamiento directo y sencillo</li> <li>+ Buena capacidad de almacenamiento de acuerdo</li> <li>+ Se mimetiza con su entorno y aporta valor estético</li> <li>+ Apoya la mano de obra local y artesanal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por su materialidad y dimensiones debe ser transportado con cuidado</li> <li>- No posee filtro</li> <li>- Mayor limitación de usos</li> </ul>



#### 4.5 APLICABILIDAD DE LA PROPUESTA

El sistema analizado puede ser aplicado en viviendas unifamiliares en entornos urbanos, con una tipología constructiva e instalaciones hidráulicas similares a las del caso de estudio. Se admiten variaciones en la materialidad del techo, siendo de preferencia techos metálicos o de tejas cerámicas. Se pretende que los resultados de esta investigación sean aplicables no solo al sector de estudio sino a cualquier proyecto insertado en un contexto similar, ayudando a profesionales y estudiantes a proyectar con conciencia sobre la importancia de la correcta administración de los recursos naturales.

Los resultados respecto al mejoramiento de las condiciones del Acuífero Patiño por la disminución de la extracción de agua serán valorables en la medida que este sistema sea aplicado en una cantidad considerable de viviendas que permita reflejar un cambio positivo en este aspecto, incluyendo la disminución de la escorrentía en las calles del sector.

Este sistema está diseñado para viviendas donde no siempre se cuenta con grandes espacios disponibles para el tanque de almacenamiento, uno de los puntos fuertes de esta propuesta consiste en el espacio mínimo que ocupa el depósito y lo hace ideal para zonas urbanas, donde el espacio libre es cada vez menor.

A través de esta propuesta se busca generar conciencia en la población del barrio sobre el correcto uso de los recursos hídricos a través de la implementación de este sistema. La mayor parte de los habitantes, no solo del sector de estudio sino del país, tienen escaso conocimiento sobre el daño que podría generar la sobreexplotación a las fuentes subterráneas de agua, como consecuencia de la falta de control sobre las fuentes de acceso a las reservas de agua dulce, en este caso el Acuífero Patiño.



#### 4.6 CONCLUSIÓN

El nulo aprovechamiento del agua pluvial en áreas urbanas, el suministro ineficiente de agua potable en ciertos sectores de las ciudades del área metropolitana, la contaminación del Acuífero Patiño y el impacto de estas situaciones en la vida de las personas y del medio ambiente, impulsó el desarrollo de una propuesta para dar un paso hacia adelante en búsqueda de un sistema de abastecimiento de agua más eficiente y sustentable.

En el mundo existen diversos sistemas de captación, almacenaje y utilización de agua pluvial, dependiendo del entorno, la situación socioeconómica, cultural, social, ambiental, etc., por lo que identificar un sistema efectivo para cada caso es posible, y su aplicabilidad depende de un análisis completo de los factores ya mencionados. La propuesta de implementar un sistema de recolección de agua de lluvia para usos no potables, es bastante viable, ya que incentivamos el uso de este valioso recurso de manera responsable, generando beneficios para el ambiente que finalmente son beneficios para nosotros mismos.

Los sistemas propuestos para el sector de estudio buscan trabajar como apoyo al sistema de abastecimiento existente, combinar la alimentación de agua subterránea con la de agua pluvial para disminuir la dependencia de una sola fuente de acceso al líquido vital y aprovechar de esta forma las caudalosas y repentinas lluvias que tenemos en el sector, con un modelo que combina la reducción de residuos sólidos, el trabajo comunitario y la creación de conciencia ambiental en la población hacia el uso consciente del agua.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (2009) *Agua y su origen*. Recuperado de: <http://www.cuidoelagua.org/empapate/origendelagua/tiposagua.html>
- Departamento General de Irrigación, Gobierno de Mendoza (2016) *El agua, una mirada global*. Recuperado de: [http://aquabook.agua.gob.ar/1016\\_0](http://aquabook.agua.gob.ar/1016_0)
- Línea verde (2020) *Guías de buenas prácticas sobre medio ambiente. Buenas Prácticas sobre el agua*. Recuperado de: <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/ciclo-hidrologico.asp#>
- Resck, R. (2017) *Ciudad + agua: Recursos Hídricos en la Zona Metropolitana de Asunción. Una perspectiva del Diseño y la Planificación Urbana*. Recuperado por: <https://ciudadmasagua.wordpress.com/descargas/>
- Aquamaq (2019) *¿Cuáles son las fuentes de obtención de agua?* Recuperado de: <https://www.aguapura.com.py/cuidado-del-agua/cuales-son-las-fuentes-de-obtencion-de-agua/>
- Junta municipal de agua potable y alcantarillado de Culiacán (2013) *El agua dulce puede provenir de diferentes fuentes sobre la Tierra*. Recuperado de: <http://japac.gob.mx/2016/04/01/cuales-son-las-cuatro-fuentes-de-agua-dulce/>
- Dendia López, D. (2019). Reutilización de aguas grises y de lluvia en la vivienda (TFG-Arquitectura). Universidad Nacional de Asunción.
- Graf Ibérica (2018) *Cómo recuperar agua de lluvia*. Recuperado por: <https://www.grafiberica.com/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de->
- Sánchez, J. (2018) *Causas y consecuencias de las inundaciones*. Recuperado por: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-huracan-y-como-se-forma-1125.html>
- Secretaría Técnica De Planificación Del Desarrollo Económico y Social, et al. *Guía para la elaboración de los planes de ordenamiento urbano y territorial*.
- Raffino, M (2015) *Urbanización*. Recuperado de: <https://concepto.de/urbanizacion/>
- Ponte G. (2016) *Erosión Hídrica*. Recuperado de: <https://www.aapresid.org.ar/blog/erosion-hidrica-como-afecta-el-ambiente/>
- IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático establecido conjuntamente en 1998 por la Organización meteorológica mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- WWF Paraguay. *Guardianes del Acuífero*. Recuperado por: [https://www.wwf.org.py/que\\_hacemos/proyectos/campana\\_acuifero\\_patino/#:~:text=El%20Acu%C3%ADfero%20Pati%C3%B1o%2C%20se%20encuentra,utiliza%20en%20las%20zonas%20mencionadas](https://www.wwf.org.py/que_hacemos/proyectos/campana_acuifero_patino/#:~:text=El%20Acu%C3%ADfero%20Pati%C3%B1o%2C%20se%20encuentra,utiliza%20en%20las%20zonas%20mencionadas)
- Digital Misiones (07/01/2019) *Acuífero Patiño con indicios de contaminación*. Recuperado por: <http://www.digitalmisiones.com.py/acuifero-patino-indicios-contaminacion/>
- Domecq et al. (s/f) *Cap. 7: Inundaciones y drenaje urbano*. Recuperado por: <http://www.geologiadelparaguay.com/Inundaciones-y-drenaje-urbano.pdf>



- MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis from NASA (2017) *El clima promedio en Capiatá*. Recuperado por: <https://es.weatherspark.com/y/29164/Clima-promedio-en-Capiat%C3%A1-Paraguay-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>
- Mompartes y Dómenech (2000) *Sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado por: <http://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/05/gestion-del-agua-en-el-planeamiento.pdf>
- Susdrain, the community for sustainable drainage. Delivering SuDS-Background. Recuperado por: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>
- Essap-Senasa. (s/f) *Usos del agua en Paraguay*. Recuperado por: [http://chmparaguay.com.py/informaciones-ambientales/Agua/senasa-essap-altervida\\_b-usos-del-agua-en-paraguay\[1\].pdf](http://chmparaguay.com.py/informaciones-ambientales/Agua/senasa-essap-altervida_b-usos-del-agua-en-paraguay[1].pdf)
- FIUNA (2017) *Presentaron un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible*. Recuperado por: <http://www.ing.una.py/?p=22697>
- Asunción sostenible (2015) *Plan de Acción de Asunción, Paraguay. Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES)*. Recuperado por: [https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/asunci\\_\\_n\\_sostenible/166](https://issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/asunci__n_sostenible/166)
- ERSSAN (2013) *Diagnóstico del sector de agua potable y alcantarillado sanitario y propuesta para la modernización del sector* Recuperado por: <https://web.archive.org/web/20090105181125/http://www.erssan.gov.py/modernizacion.html>
- Un Water (2015) *Agua para un mundo sostenible. Datos y cifras*. Recuperado por: [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf)
- Ballén, Galarza y Ortiz (junio, 2006) Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Trabajo presentado en *el VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua* João Pessoa, Brasil.
- Durán, P. (noviembre, 2010) Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable. Trabajo presentado en el CONAMA10 *Congreso Nacional del Medio Ambiente*; Madrid, España.
- Morales, V. (2017) *Manejo del agua de lluvia en la Escuela Pa'i Puku, distrito de Benjamín Aceval, Chaco Paraguayo*. TFG Ing. Ambiental. – Biblioteca UNA
- Municipalidad de Filadelfia (2011) *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Filadelfia*. [http://www.icasa.com.py/web/PROYECTOS/PROPUESTA\\_DE\\_CUESTIONARIO\\_AMBIENTAL\\_BASICO\\_FILADELFIA.pdf](http://www.icasa.com.py/web/PROYECTOS/PROPUESTA_DE_CUESTIONARIO_AMBIENTAL_BASICO_FILADELFIA.pdf)
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, gacetilla de prensa. (10 de julio del 2017) Recuperado por: <https://www.mspbs.gov.py/portal/12543/inauguraran-sistemas-para-aprovechamiento-de-agua-de-lluvia-en-el-chaco.html>
- Arquitectos. Galería social de arquitectura paraguaya. (13 de noviembre del 2017) *1 puesto Concurso de Vivienda Unifamiliar Urbana Senavitat* Recuperado por: <https://arquitectos.com.py/2017/11/1-puesto-concurso-de-vivienda-unifamiliar-urbana-senavitat/>



- Tecnotri. (2015) *Cisterna Vertical Modular: Ideal Para Espaços Reduzidos* (Recuperado por: <https://www.tecnotri.com.br/es/tanque-modular-vertical-ideal-para-espacios-pequenos/>)
- Isla Urbana (2015) *¿Qué es un Tlaloque?* Recuperado por: <https://islaurbana.org/que-es-un-tlaloque/>
- Lluve Lluvia. (2016) Recuperado por: <https://lluevelluvia.com/llueve-lluvia-sistema-captacion-agua-lluvia-que-es.html>
- Ecoinventos. Green Technology (2020) *Ekomuro H2O+. Tanque modular vertical para almacenar agua de lluvia reutilizando botellas PET.* Recuperado por: <https://ecoinventos.com/ekomuro-h2o-paredes-que-recogen-el-agua-de-lluvia/>
- GRAF. Catálogo de especificaciones técnicas (2014). *Sistemas de recuperación de agua de lluvia. Soluciones ecológicas para tu economía*
- Celia (2017) *Constitución Nacional*. Biblioteca y archivo central del Congreso de la Nación, recuperado de: <https://www.bacn.gov.py/conoce-tu-ley/5235/constitucion-nacional>
- MADES. Recuperado de: <http://www.mades.gov.py/leyes/>
- Dirección de Meteorología e Hidrología. Recuperado de: <https://www.meteorologia.gov.py/#>
- SENASA. Recuperado de: <http://www.senasa.gov.py/index.php/institucion/acerca-de-senasa>



## ANEXOS

-Entrevistas:

- Profesionales del área
- Encargados de empresas de abastecimiento de agua
- Pobladores del barrio

-Planos de la vivienda caso de estudio

-Artículos periodísticos



## ANEXO 1

**Entrevista al Prof. Arturo Herreros, docente del área de salida Ambiente y Clima.**

**- ¿Qué opina de la idea de recolectar agua de lluvia en el barrio Tarumá de Capiatá para utilizarla en la vivienda en usos no potables? ¿Le parece viable la propuesta?**

*A: El manejo del agua debe ser pensado como un sistema, tener en cuenta el ciclo del agua, analizar cómo funciona. La mayoría de los acuíferos están contaminados, y son parte importante del ciclo, todo está relacionado. La vegetación influye bastante en el ciclo del agua, el agua que cae rebotando en los verdes de diferentes alturas y llega finalmente a penetrar al suelo no causa el mismo efecto que el agua que cae directamente, va carcomiendo y socavando la tierra cuando hay tala indiscriminada, deben pensar también en un sistema de reforestación con especies nativas.*

*Lo más importante que deben analizar es la colecta de agua, los techos, ¿que material tienen? El cerámico es una esponja, absorbe bastante. Podrían colocar una placa de chapa encima del techo existente que además serviría como aislación, por el caño de bajada va al aljibe y podrían tratarlo con hipoclorito de sodio. Del aljibe con una bomba reloj puede ir a un tanque y alimentar a la vivienda. Me parece viable.*

**- ¿Conoce alguna propuesta similar en nuestro país? ¿Cuál?**

*A: En la Universidad Católica hacían propuestas similares, de tratamiento y demás. En el Chaco los Menonitas tienen otra concepción del manejo del hábitat. Por eso utilizan techos de chapa, aljibes, pozos someros, paleo cauces, tajamares; y ahí tienen separado que tipo de agua es para que uso, teniendo en cuenta el pH de cada tipo. Para productos lácteos realizan un proceso de desalinización de agua extraída de acuíferos.*



- **¿Qué sistemas de recolección de agua recomienda para una vivienda?**

*A: Prioritariamente a través de los techos, de chapa y demás. También se podría analizar a nivel de suelo.*

- **¿Qué sistemas de almacenamiento de agua recomienda para una vivienda?**

*A: Aljibes sería lo más utilizado, puede ser a nivel o subterráneo inclusive.*

- **¿Cree que ayudaría a las familias a reducir el gasto en el pago de aguaterías privadas o sería un esfuerzo innecesario para la elaboración del sistema de recolección?**

*A: Obviamente sí, ayudaría bastante.*

- **¿De dónde podemos obtener datos sobre el índice de lluvias en esta zona?**

*A: La Dirección de Meteorología dentro de la DINAC se encarga de brindar esa información para los registros de obras, donde necesitan saber con exactitud el índice de lluvias en un sector para el cronograma.*

- **¿Considera que es necesario tratar el agua con algún químico para su utilización en usos no potables?**

*A: Sí, con hipoclorito de sodio, aunque sea para usos no potables.*

- **¿Considera que los siguientes usos son apropiados? regar plantas, lavar la moto, el auto, la bicicleta, bañarse, ducharse, descarga de inodoro, canillas de patio. ¿Qué otros usos agregaría?**

*A: Deben clasificar el agua de acuerdo a sus usos. Pueden consultar en MADES sobre la clasificación; agua segura, agua de contacto, etc.*



## ANEXO 2

Entrevista al Hidrólogo Elías Díaz Peña.

- **¿Qué opina de la idea de recolectar agua de lluvia en el barrio Tarumá de Capiatá para utilizarla en la vivienda en usos no potables? ¿Le parece viable la propuesta?**

E: *Sí. Me parece una propuesta viable.*

- **¿Conoce alguna propuesta similar en nuestro país? ¿Cuál?**

E: *Debe haber varias, pero no se me ocurre ninguna ahora mismo. Sé que en el Chaco hay varias, en la zona de los menonitas. Ahí van a encontrar ejemplos interesantes.*

- **¿Cree que ayudaría a las familias a reducir el gasto en el pago de aguaterías privadas o sería un esfuerzo innecesario para la elaboración del sistema de recolección?**

E: *Claro, desde luego. Tiene un costo inicial para la instalación, pero, ¡jojo! No usen jamás techos de asbesto cemento, la famosa teja “eternit”, ¿por qué? Porque el asbesto cemento produce unas fibras que son llevadas por el agua y son cancerígenas. La chapa tiene que ser de metal, también las canaletas por supuesto. Las tejas cerámicas absorben el 10% del agua que recibe, pero en general son un buen material, se puede mantener. El otro costo es la instalación de canaletas, y la parte más cara es la construcción de los aljibes. Hay un Pa’i en Chaco’i cuyo nombre no recuerdo ahora mismo que tiene un sistema de construcción de aljibes baratos, pueden averiguar sobre eso, es en una Parroquia en una comunidad en Chaco’i. Otro gasto sería el de la bomba, que puede ser manual y de paso haces ejercicio (risas), para llevar a un tanque superior y de ahí distribuir por gravedad a la vivienda.*



- **¿De dónde podemos obtener datos sobre el índice de lluvias en esta zona?**

*E: Son 1500 mm de agua al año, pero en la Dirección General de Meteorología les van a poder ayudar con eso.*

- **¿Podría indicarnos cuál es el nombre del acuífero ubicado bajo el municipio de Capiatá?**

*E: Es el Acuífero Patiño el que se ubica debajo de Capiatá.*

- **¿Considera que es necesario tratar el agua con algún químico para su utilización en usos no potables?**

*E: El agua de lluvia para regar las plantas, bañarse, lavar los platos cero tratamientos. Para beber quizás le agregues algún químico para asegurarte que no tenga ninguna bacteria o microorganismos, o agregar micro nutrientes que le falta al agua de lluvia. El agua de lluvia cuando cae y se desliza entre las hojas de los árboles va tomando nutrientes de los mismos, esto no ocurre cuando cae directo al techo y es colectado.*

- **¿Considera que los siguientes usos son apropiados? regar plantas, lavar la moto, el auto, la bicicleta, bañarse, ducharse, descarga de inodoro, canillas de patio. ¿Qué otros usos agregaría?**

*E: Y principalmente eso. Podría agregar alimentar a los bichos domésticos (gallina, gatos, perros) ellos pueden beber esta agua. Es muy importante trabajar con la conciencia de la gente en todo este proceso. (respecto a la tala de árboles en la zona). Recordarles que cada árbol es un aparato de aire acondicionado y les ahorra millones de guaraníes al año en electricidad.*



## ANEXO 3

Entrevista a la Sra. Damaris, encargada de aguatería privada del barrio.

- **¿Tiene un promedio de cuánto gasta una familia promedio mensualmente para abastecerse de agua potable a través de su empresa?**

*D: No hay promedio exacto ya que depende mucho del consumo mi empresa trabaja con reloj medidor el mínimo sería de 10m<sup>3</sup>. Normalmente una familia humilde es lo que usa esa cantidad después están los que cuentan con baño moderno o son más en la casa que llegan a utilizar 50m<sup>3</sup> por mes.*

- **¿De dónde se obtiene el agua proveída a los clientes? ¿Cómo se da el almacenamiento y distribución?**

*D: El agua que llega a los clientes se obtiene de un pozo cuya profundidad sería de 180 m que mediante una motobomba impulsora saca agua para hacer llegar a los usuarios y también cuento con reservorios cada uno con capacidad de 10.000litros en cada local con más de 2 cuento la distribución sería por cañería dividida de un reservorio o sea tanque de 13 m. de altura por fracción para ser más organizados.*

- **¿Podría comentarnos sobre el proceso de potabilización del agua que ofrece a sus clientes?**

*D: Si contamos con un clorador automatizado que constantemente clora el agua en los reservorios en todo el tiempo que llega agua en él.*

- **¿Ha recibido quejas en la prestación del servicio?**

*D: Si, por eso hoy día ya cuento con generador para evitar el inconveniente de dejar sin agua a los usuarios por falta de energía eléctrica ya que todo funciona con energía eléctrica los motores y todo lo automatizado. La siguiente queja es el precio el usuario nunca es consciente de lo que*



*utiliza en primer lugar por no tener conocimiento de cuanto es 1m3 por lo cual siempre culpa al medidor y el medidor no puede fallar a favor del prestador, pero si a favor del usuario.*

- **¿Hace cuántos años ofrece el servicio en la zona? ¿A cuántos usuarios abastecen?**

**D:** *Son 27 años de servicio y cuento con 2400 usuarios.*

#### ANEXO 4

**Entrevista a la Sra. Marisú, 57 años, reside con su marido en el barrio hace aproximadamente 15 años.**

- **¿Llueve frecuentemente en esta zona?**

**M:** *Lo normal, casi lo mismo que en Asunción, pero cuando llueve, se siente mucho afuera, en las calles, por los caminos feos, por suerte en mi casa no entra mucho el agua, porque puse unos canteros grandes en frente, ¿viste que mi casa está más abajo que la vereda? Y eso ayudó mucho, además de que mande arreglar hace poco mi techo, entonces no gotea más.*

- **¿Son grandes las lluvias?**

**M:** *Si, y las tormentas se sienten mucho.*

**¿Tiene problemas en sus casas con las lluvias? ¿Rebosan las canaletas? ¿Entra agua al interior de la casa?**

**M:** *Por suerte en mi casa no entra agua, por lo de los canteros de ladrillo que tengo por todo el frente, además el patio de atrás está muy abajo, o sea, la casa está más alta. Pero sé que en algunas casas que no están preparadas suele entrar.*

- **¿Cuánto más o menos paga mensualmente por el servicio de agua potable?**

**M:** *Y lo mínimo es 30.000 guaraníes, aunque no uses mucho el agua, porque cuando estaba de viaje venían a regar solo mis plantas algunas veces. Los otros meses suele variar mucho, creo*



que tiene que haber un control, a veces me viene 100.000, otras veces 150.000, y consumo y hago lo mismo, no entiendo bien que pasa.

- **¿Le gustaría reducir el pago por este servicio?**

**M:** La verdad que sí, somos solo dos y vivimos de la jubilación, ya es un poco caro para nosotros pagar esa plata, además que usamos de dos aguaterías el servicio, cuando uno no tiene buena presión usamos el otro.

- **Utilizaría agua de lluvia para: ¿Regar plantas, lavar la moto, el auto, la bicicleta, bañarse, descarga de inodoro, canillas de patio?**

**M:** Para bañarme y eso no me animo, si pasa por un proceso de purificación del agua o algo así, si, pero eso puede salir muy caro, por las instalaciones y eso. Después, para lavar el piso, la moto y eso si me animo, para regar las plantas también.

- **¿Alguna vez recolectó agua de lluvia para volver a usarla?**

**M:** Hace mucho que no hago eso realmente, antes si hacía porque necesitábamos, hoy en día tengo miedo del dengue, creo que el agua que juntas tiene que estar bien cerrada como en algo especial y preparado para eso, que creo que puede salir caro.

- **¿Le parece eficiente el sistema de desagüe pluvial de las calles?**

**M:** Acá no hay sistema de desagüe pluvial, cada vez que llueve se inunda todo y las de tierra se quedan feas, es muy difícil circular después.

- **¿Está conforme con el servicio brindado por la aguatería privada? ¿Es un servicio regular? ¿Presenta cortes sin previo aviso?**



**M:** *No mucho, es caro para mí, a veces tiene presión a veces no tiene mucha, los cortes no son usuales, eso sí, si no pagas te sacan el medidor de su aguatería y tenés que pagar una multa para que te vuelvan a instalar.*

- **¿Su casa cuenta con servicio de abastecimiento de agua de la ESSAP?**

**M:** *No, o sea, nosotros contratamos el servicio privado, creo que ellos hacen un pozo o una perforación en el suelo, y de ahí sacan su agua.*

## ANEXO 5

**Entrevista a la Sra. Arminda, 45 años, reside con su marido y sus dos hijos, en el barrio Tarumá, hace aproximadamente 25 años.**

- **¿Llueve frecuentemente en esta zona?**

**A:** *Por ahora está lloviendo más, un tiempo no hubo mucha lluvia.*

- **¿Son grandes las lluvias?**

**A:** *Si, acá desastre pasa cuando llueve fuerte.*

- **¿Tiene problemas en sus casas con las lluvias? ¿Rebosan las canaletas? ¿Entra agua al interior de la casa?**

**A:** *Si llueve demasiado suele entrar por mi piso del frente, en la galería, pero tengo mis canteros que atajan todo, además mi jardín del frente también ayuda.*

- **¿Cuánto más o menos paga mensualmente por el servicio de agua potable?**

**A:** *Y 80.000 mil más o menos, no es muy caro, pero sería bueno que baje un poco. O sea, yo ahora trabajo y no nos cuesta tanto.*



- **¿Le gustaría reducir el pago por este servicio?**

*A: La verdad que sí, todo nos vendría bien, además de que trabajamos muy lejos, podría ahorrarnos en algo.*

- **Utilizaría agua de lluvia para: ¿Regar plantas, lavar la moto, el auto, la bicicleta, bañarse, descarga de inodoro, canillas de patio?**

*A: Y a veces suelo juntar agua, pero por el tiempo y eso a veces no da, sería interesante probar.*

- **¿Alguna vez recolectó agua de lluvia para volver a usarla?**

*A: Sí, pero muy pocas veces.*

- **¿Le parece eficiente el sistema de desagüe pluvial de las calles?**

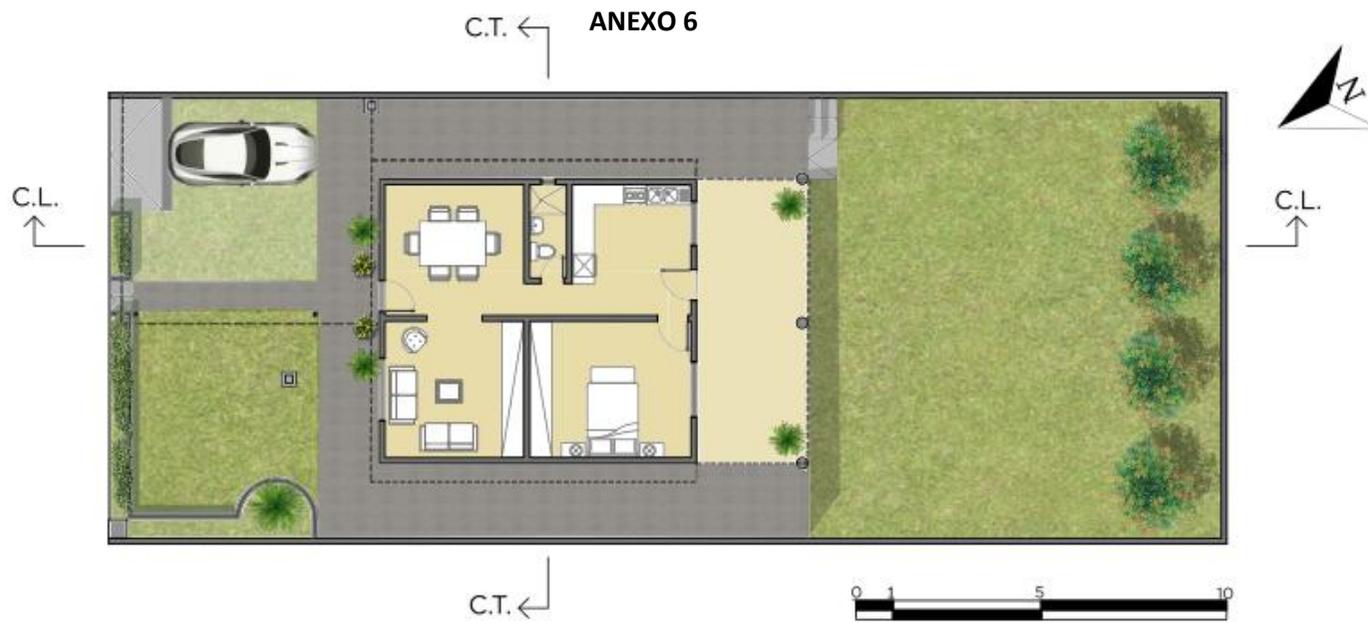
*A: No hay acá eso, al menos eso creo, cuando llueve se llena de agua por todos lados.*

- **¿Está conforme con el servicio brindado por la aguatería privada? ¿Es un servicio regular? ¿Presenta cortes sin previo aviso?**

*A: Y la verdad a veces no tiene buena presión, pero ayuda siempre.*

- **¿Su casa cuenta con servicio de abastecimiento de agua de la ESSAP?**

*A: No, de la aguatería privada nos viene.*



CORTE LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL



## ANEXO 7

Artículos periodísticos sobre la situación actual del Acuífero Patiño

**HOY** NACIONALES ESPECTÁCULOS DEPORTES ASU 29° DOLAR C/V 6650

NACIONALES

## Acuífero Patiño, sobreexplotado y sin recarga: ¿corremos el riesgo de quedar sin agua?

FOTO 1 DE 1 El acuífero Patiño abastece a gran parte del Departamento Central, parte de Paraguay y Asunción. Imágen: archivos.

La situación del acuífero Patiño, principal fuente subterránea de agua potable para la zona Central y sus alrededores, es preocupante no solo por la contaminación sino también por su cada vez mayor sobreexplotación. De continuar este escenario existe la posibilidad de que, de aquí a un cierto tiempo, se produzca un progresivo desabastecimiento, en vista a que su capacidad de recarga se ve sobrepasada.

f t w + 18

18 DE OCTUBRE DE 2020

Por Robert Bourzoinz (@robertb ov)



NACIONALES

# Advierten sobre altos niveles de nitrato en aguas del Acuífero Patiño

06 DE ENERO DE 2019

Un estudio advierte que los niveles de nitrato en aguas del Acuífero Patiño superan el límite máximo permitido para el consumo humano. Los análisis se realizaron en Lambaré, Villa Elisa, San Lorenzo, Itá y Paraguarí.



Asunción y ciudades aledañas se abastecen del Acuífero Patiño. Referencia. Foto: Pixabay.

A través de muestras de calidad de agua, el **Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (Mades)**, detectó que pozos de agua provenientes del **Acuífero Patiño** presentan una concentración de nitrato por encima de lo permitido en Paraguay, que es de 45 miligramos por litro.



## EN DESTAQUE



**Ariel Centurión fue nombrado director del Registro del Estado Civil**



EDITORIAL

## Preocupa la sostenibilidad del Acuífero Patiño

En una reunión convocada por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable (Mades), se informó que, de acuerdo al proyecto denominado "Estudio de recursos hídricos y vulnerabilidad climática del Acuífero Patiño", se identificaron por lo menos tres problemas que ponen en entredicho la provisión y calidad del agua de esa reserva, de la que dependen cerca de dos millones de personas de Asunción, áreas urbanas del departamento Central y zonas de Paraguari. La problemática en cuestión se relaciona con la contaminación de esa reserva por nitratos (sales), como así también con la sobreexplotación y la salinización. Lo que está ocurriendo con este acuífero debe ser motivo de preocupación para la ciudadanía y para las autoridades. Si sus condiciones de contaminación persisten, se estará poniendo en entredicho la sostenibilidad futura de provisión de agua potable para Asunción y sus alrededores. Por todo ello, es urgente definir políticas sensatas tendientes a proteger los recursos naturales vitales, como el que nos ocupa. Los ciudadanos y las ciudadanas deben reclamar acciones enérgicas en tal sentido, porque, en última instancia, ¿qué nos espera sin agua potable?

22 DE ABRIL DE 2019 - 22:37

En una reciente reunión convocada por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable (Mades) se informó que, de acuerdo al proyecto denominado "Estudio de recursos hídricos y vulnerabilidad climática del Acuífero Patiño", se identificaron por lo menos tres problemas que ponen en entredicho la provisión y calidad del agua de esa reserva, de la que dependen cerca de dos millones de personas de Asunción, áreas urbanas del departamento Central y zonas de Paraguari. La problemática en cuestión se relaciona con la contaminación de esa reserva por nitratos (sales), como así también con la sobreexplotación y la salinización.



**TETÁ REKUÁI**  
**GOBIERNO NACIONAL**

Paraguay  
de la gente

# Cuidemos El acuífero PATIÑO

El acuífero Patiño  
tiene una extensión de  
**1.176 km<sup>2</sup>**

EL ACUÍFERO PATIÑO ES UNA DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE AGUA DEL PARAGUAY



Gracias a él, se abastecen más de 1 millón de personas distribuidas entre los Departamentos Central, Asunción y Paraguari.

Se extrae anualmente cerca de 1 km<sup>3</sup> de agua mediante la explotación de más de 2000 pozos distribuidos en toda su superficie.

Está conectado con los cursos de agua superficiales como es el caso del río Yubety, que a la poste desemboca en el lago Ypacarai.

Para muchos municipios es la única fuente de agua potable.



Existe una extracción de agua muy intensa concentrada en los municipios de Lambaré, Fernando de la Mora y Nemby.

Los vertidos de agua incontrolados, la falta de redes de saneamiento y el poco control de los residuos sólidos urbanos está contaminando el agua, provocando un aumento de la concentración de Nitratos y Patógenos, que pueden ser nocivos para la salud.

Se aprecia un aumento de la concentración de nitratos en el agua en las zonas agrícolas y ganaderas, provocando la degradación del agua en estos entornos.

