



Trabajo Fin de Máster



# Renaturalización del Río Choluteca a su paso por Tegucigalpa

Máster Ingeniería Ambiental



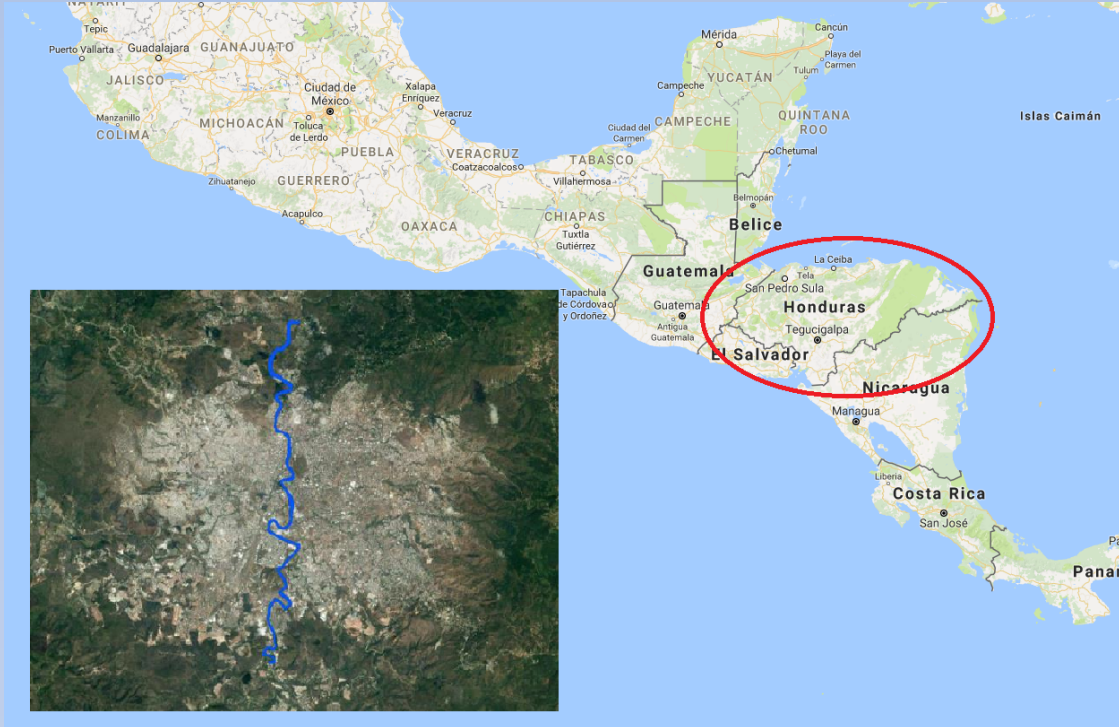
## Resumen

El río Choluteca a la altura de Tegucigalpa se encuentra en una situación de deterioro ambiental, con una ribera deforestada y una elevada contaminación de sus aguas.

En este proyecto, se presenta el diseño de una serie de actuaciones encaminadas a la recuperación ambiental de un tramo piloto del río. Para que posteriormente, puedan ser extensibles al resto del río para su restauración.

Esto se realizará mediante la renaturalización de su ribera y la mejora de la autodepuración del río. De modo, que se pueda mejorar la calidad del agua, y se recupere la ribera. Creando un entorno urbano de mayor valor ambiental y paisajístico

# Introducción



Elaboración Propia

250 km de extensión → Cuenca de 7580 Km<sup>2</sup>  
1,5 millones de habitantes → 20% población Honduras

Experiencias pasadas fallidas del  
BID, AMDC, Cooperación internacional...etc



“Plan Maestro del Casco Histórico de Tegucigalpa”



Diseño Actuaciones Piloto



Renaturalización del Río  
Choluteca a su paso por  
Tegucigalpa

Bajo impacto  
ambiental

Baja intensidad  
de carbono

Elevada eficiencia  
energética

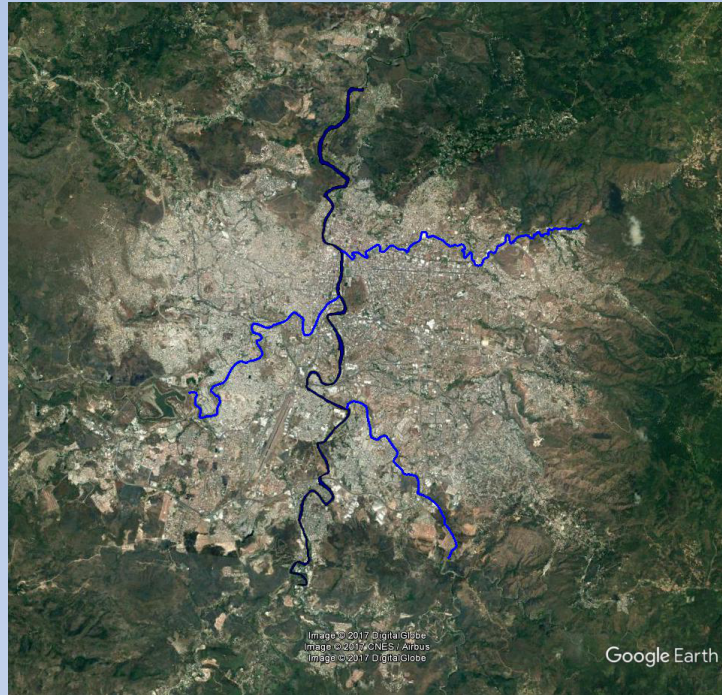
## Objetivos

- Mejorar autodepuración del río.
- Recuperar la fauna y flora de la ribera
- Reducir la erosión hídrica y disminuir la necesidad de dragados
- Reducir la magnitud de las crecidas e inundaciones
- Estabilización de las taludes
- Mejora del paisaje del río y propiciar la eliminación de malos olores
- Permitir la creación y el desarrollo de un tejido económico entorno al río Choluteca

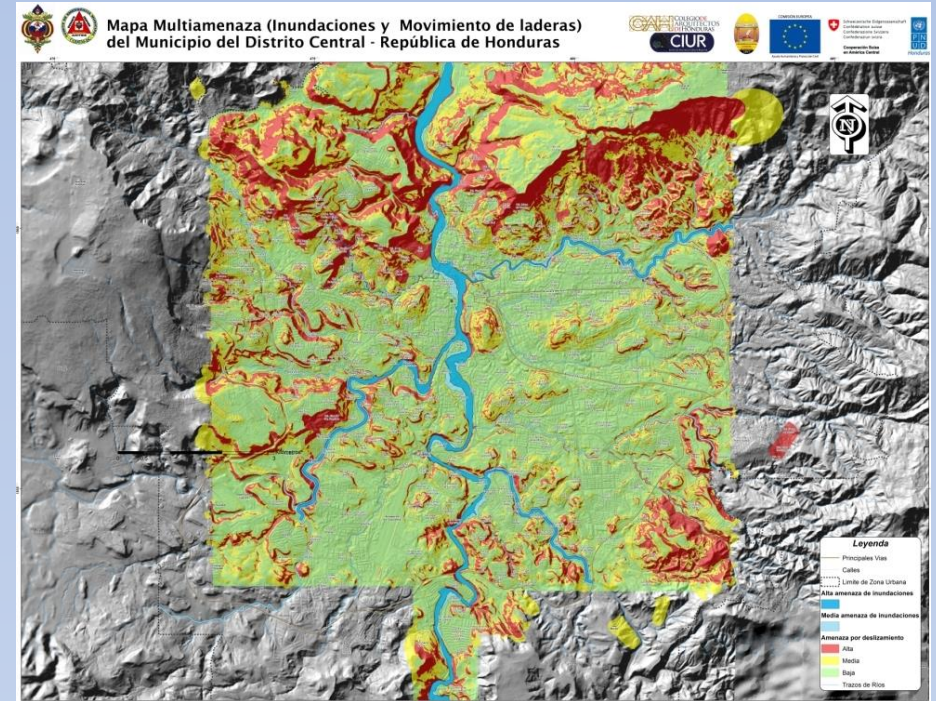


# Antecedentes

## Medio Abiótico



Elaboración Propia



AMDC

## Medio Biótico



Elaboración Propia

Ribera deforestada

Fauna visualmente  
inexistente



Elaboración Propia

## Medio Antrópico

- ❖ Elevado índice de pobreza
- ❖ Rápido Crecimiento demográfico: 300.000 Hab. (1974) a 1.200.000 Hab. (2016) → 400% en 40 años
- ❖ Graves desastres naturales (Mitch 1998)



Caristia y mala gestión de los servicios urbanos



Solo 17% de las ARUS son tratadas (SANAA)



# Diagnostico Ambiental del Río Choluteca

## Calidad del Agua



Fotografía: Antonio González

Estudio de prefactibilidad de saneamiento y drenaje de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras, 2016 (BID).

Punto vertido a considerar	Punto de monitoreo asociado	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	SS (mg/l)
Grande del sur	STIBYS	540	900	360
Guacerique	El Country y Juan Ramón Molina	480	800	320
Sapo	El Sapo	480	1000	360
Cerro grande	-	330	550	220
Chiquito	Chiquito/La Pagoda	360	600	240

### Hipótesis de partida

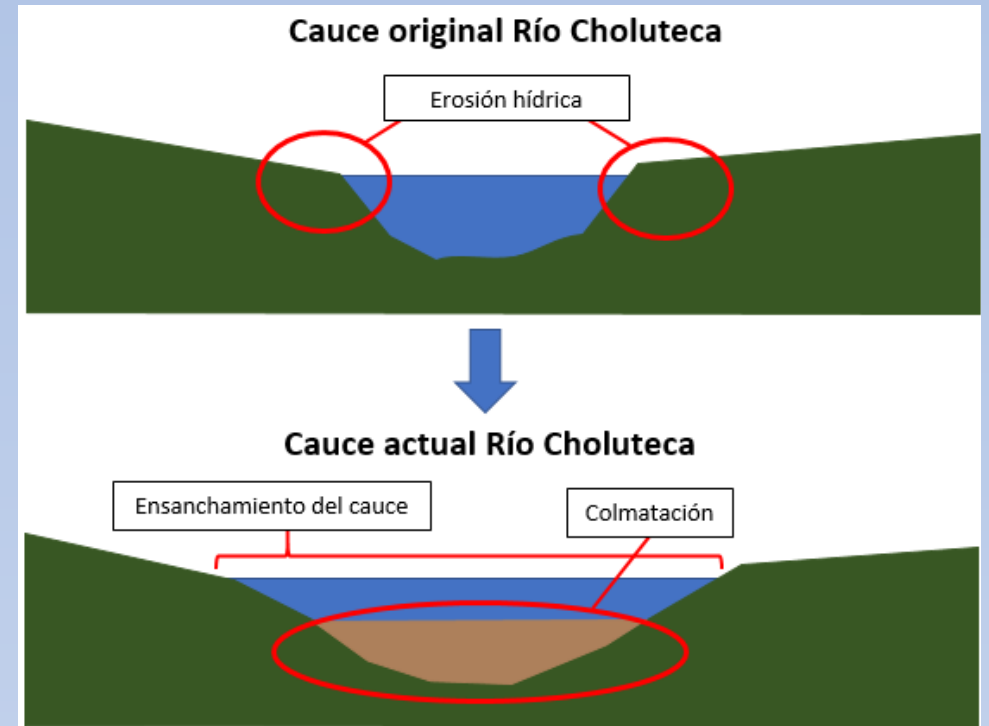
- Materia orgánica en suspensión
- Nutrientes: Nitrógeno y Fosforo
- Aceites y grasas
- Sólidos y residuos urbanos en suspensión
- Coliformes

## Ribera



Elaboración Propia

## Calidad hidromorfológica



Elaboración Propia



## Propuesta de Solución

Renaturalización del Río  
Choluteca a su paso por  
Tegucigalpa



Mejora y recuperación del río de su estado  
de degradación actual, a un estado más  
cercano al original



Restaurar el equilibrio roto por el ser  
humano y hacer el entorno compatible  
con el desarrollo urbano



Fotografía: Antonio González

Tramo piloto de 1 Km de extensión del río

- 1) actuaciones de mejora de la capacidad natural de autodepuración del río frente a los contaminantes
- 2) recuperación de la ribera mediante la revegetación de los márgenes del cauce y la restauración de sus ecosistemas
- 3) mejora de la morfología hídrica del río mediante la estabilización de taludes y dragado del río.



# Delimitación de la zona de actuación



Elaboración Propia



Elaboración Propia

## Mejora de la autodepuración

Capacidad natural de resiliencia de un curso de agua, frente a un proceso de contaminación

Δ Oxígeno disuelto  
Δ Turbulencia



Δ Degradación  
Δ Dilución  
Contaminantes

90% de la carga contaminantes es eliminada de forma natural por autodepuración en el río



Tegucigalpa  
Carga contaminante > Autodepuración



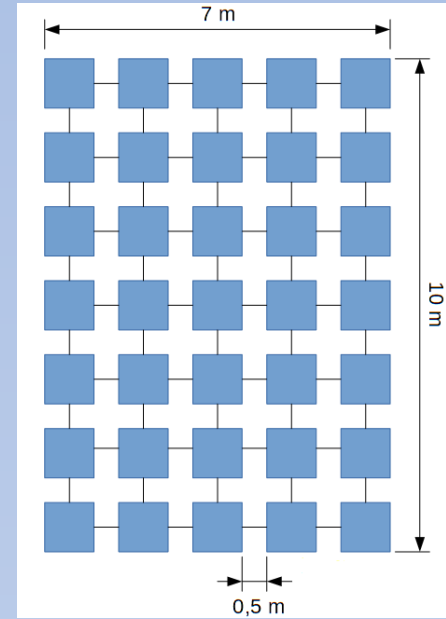
20 Km Río → Depuradora 71.566 H-e.



# Plantas acuáticas de ribera y Humedales flotantes

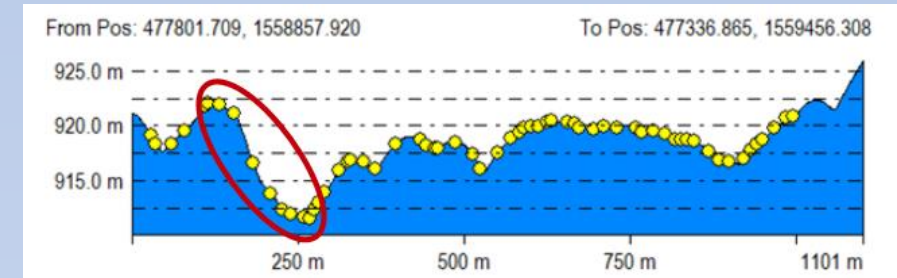


Emisión O<sub>2</sub> Disuelto → DBO↓  
Absorción de nutrientes (N y P)

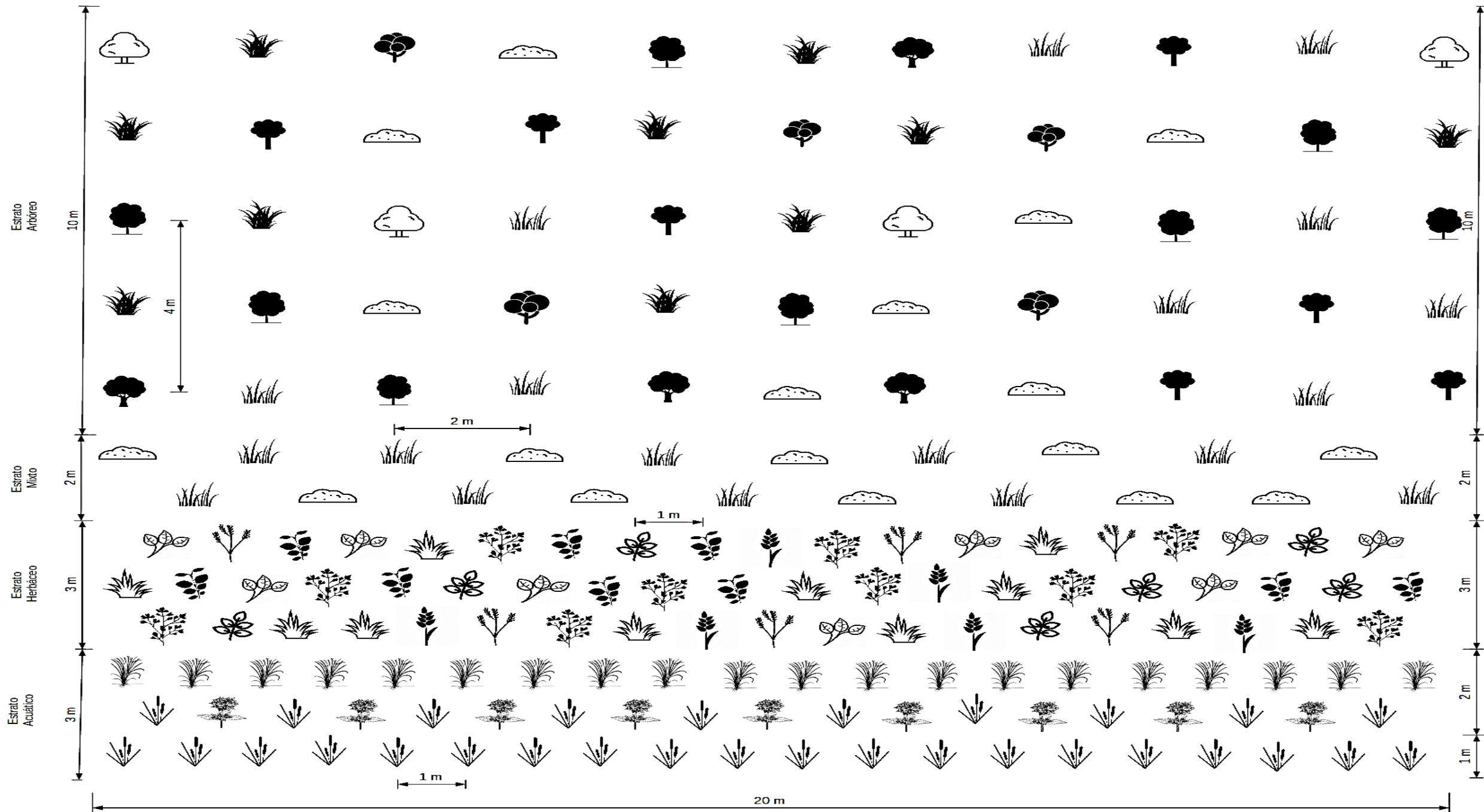


Tramo 240 m  
280  
Humedales  
Flotantes

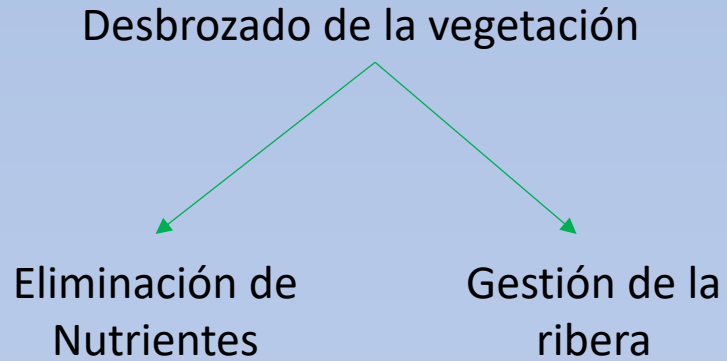
## Rápidos Artificiales



2666 m<sup>2</sup> → 1752 m<sup>2</sup>



### 3) Mantenimiento de la ribera

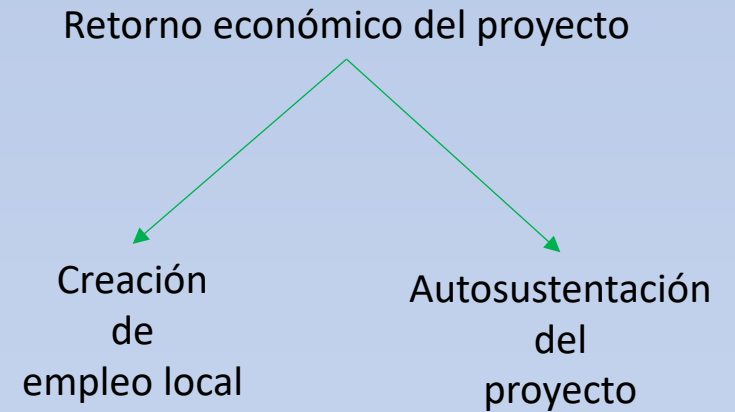


Fotografía: Antonio González

Tasa de reposición de ejemplares

### Usos de la ribera

- Uso maderero
- Uso textil
- Uso alimentario
- Uso farmacéutico
- Uso educativo





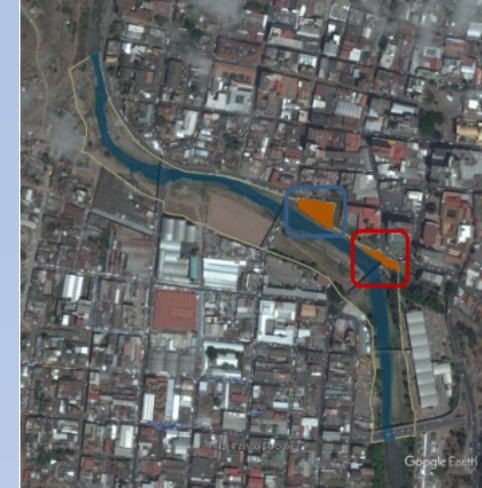
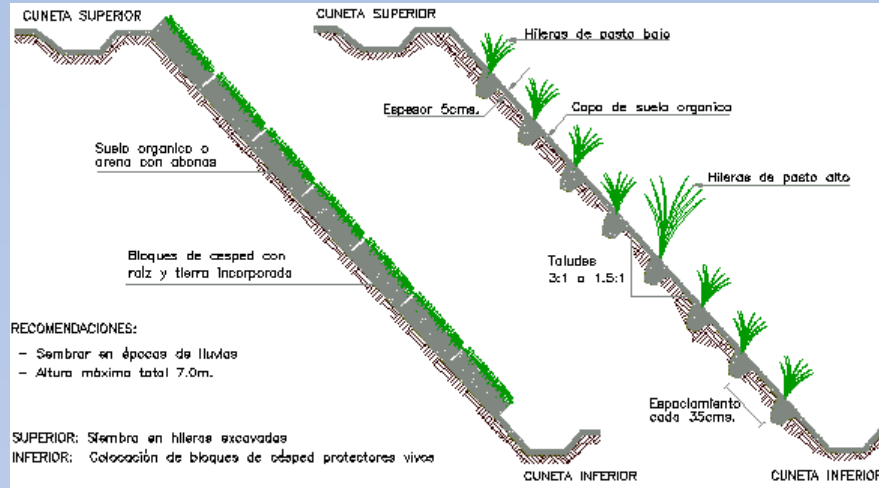
# Mejora de la Morfología hídrica

## Estabilización de taludes

Estabilización Pasiva y Activa



Control de la erosión y deslizamientos



## Dragados



[www.elheraldo.hn](http://www.elheraldo.hn)

Crecidas encauzadas por la vegetación de ribera



Arrastre de sedimentos no consolidados








Dragado natural



# Plano Situación



- Leyenda**
-  Cauce río Choluteca
  -  Humedales Flotantes
  -  Rápidos
  -  Refuerzo Taludes
  -  Revegetación riberas

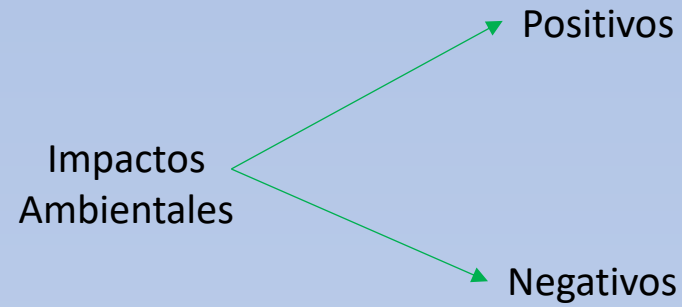
500 m

Google Earth

Image © 2017 DigitalGlobe



# Impacto Ambiental y Programa de Seguimiento y Control Ambiental



Programa de Seguimiento  
y  
Control Ambiental

Control de la calidad de las aguas



Control de las especies vegetales

Evitar la propagación  
descontrolada

## Mediciones y Presupuesto (€)

<b>Capítulo 1. Humedales Flotantes</b>				
Componente		Mediciones	Coste Unitario (€)	Total (€)
Soporte Humedal	Estructura Flotante PVC	280	8	2.240,00
	Flotador PVC	1120	1	1.120,00
Malla PVC (m <sup>2</sup> )		280	2	560,00
Sustrato Turba (m <sup>3</sup> )		140	60	8.400,00
Cuerda fijación humedales(m)		232	2	464,00
Cuerda fijación lecho (m)		384	3,6	1.382,40
Plantas	Typha latifolia	560	0,25	140,00
	Mentha aquatica	560	0,15	84,00
Coste laboral	Horas trabajo	320	9,5	3.040,00
Subtotal				17.430,40

<b>Capítulo 2. Rápidos</b>				
Componente		Mediciones	Coste Unitario (€)	Total (€)
Rocas		175	200	35.000
Maquinaria	Retroexcavadora Liebherr 912 (h)	35	54	1.890
Coste laboral	Horas trabajo (h)	35	11,5	402,5
Subtotal				35.000,00

<b>Capítulo 3. Enmiendas Orgánicas</b>				
Componente		Mediciones	Coste Unitario (€)	Total (€)
Preparación suelo	Compost depuradora (Tn)	9,87	34	335,58
	Hojarasca (Tn)	299,23	0	0
Dosificación anual (5 años)	Compost depuradora (Tn)	16,45	34	559,30
	Hojarasca (Tn)	733,08	0	0
Subtotal				894,88

<b>Capítulo 4. Estabilización taludes</b>				
Componente		Mediciones	Coste Unitario (€)	Total (€)
Geomalla polietileno(m <sup>2</sup> )		2928	6	17.568
Cobertura vegetal ( <i>Conyza confusa</i> )		11712	0,25	2.928
Hojarasca (Tn)		7,32	0	0
Coste laboral	Horas trabajo	16	9,5	152
Subtotal				20.496

<b>Capítulo 5. Control y seguimiento ambiental</b>				
Componente		Mediciones	Coste Unitario (€)	Total (€)
Análisis calidad de las aguas		3	1.000	3.000
Subtotal				3.000

<b>Capítulo 6. Revegetación</b>				
<b>Componente</b>		<b>Mediciones</b>	<b>Coste Unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Estrato Acuático	<i>Cymbopogon citratus</i>	1632	0,3	489,60
	<i>Mentha aquatica</i>	768	0,15	115,20
	<i>Typha latifolia</i>	2401	0,25	600,25
Estrato Herbáceo	<i>Aristida tenipes</i>	470	0,5	235,00
	<i>Borreria densiflora</i>	470	0,4	188,00
	<i>Commelina diffusa</i>	470	0,6	282,00
	<i>Digitaria setigera</i>	470	0,45	211,50
	<i>Euphorbia graminea</i>	470	0,4	188,00
	<i>Florestina latifoliam</i>	470	0,35	164,50
	<i>Melanthera aspera</i>	470	0,65	305,50
	<i>Mitracarpus hirtus</i>	470	0,5	235,00
	<i>Paspalum corcovadensis</i>	470	0,7	329,00
	<i>Setaria Longipila</i>	470	0,35	164,50
Estrato Arbustivo	<i>Ayenia micrantha</i>	91	1,75	159,25
	<i>Dorstenia drakena</i>	302	0,55	166,10
	<i>Lasiacis ruscifolia</i>	302	0,65	196,30
	<i>Mimosa albida</i>	182	2,25	409,50
	<i>Senna fruticosa</i>	182	2,75	499,60
	<i>Solanum nudum</i>	272	2,8	762,68
	<i>Urochloa fasciculata</i>	302	0,3	90,60
Estrato Arbóreo	<i>Ardisia revoluta Kunth</i>	732	4	2.928,00
	<i>Rondeletia hondurensis</i>	709	4,35	3.084,15
	<i>Acacia pennatula</i>	1464	4	5.856,00
	<i>Astronium graveolens Jacq.</i>	1464	5,75	8.418,00
	<i>Bursera simaruba</i>	3660	8	29.280,00
	<i>Calliandra calothyrsus</i>	3317	4,75	15.755,75
	<i>Pinus oocarpa</i>	709	3,5	2.481,50
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	1464	7,5	10.980,00
	<i>Lasiacis ruscifolia</i>	3946	0,65	2.564,90
	<i>Mitracarpus hirtus</i>	3946	0,5	1.973,00
<i>Simarouba glauca</i>	1464	6,5	9.516,00	
Herramientas	Azada	20	13	260,00
	Rastrillo	20	12	240,00
<b>Subtotal</b>				<b>99.129,37</b>

<b>Presupuesto</b>	
Capítulo 1: Humedales Flotantes	17.430,4
Capítulo 2. Rapados	35.000
Capítulo 3. Enmiendas Orgánicas	894,88
Capítulo 4. Estabilización Taludes	20.496
Capítulo 5. Control y Seguimiento ambiental	3.000
Capítulo 6. Revegetación	99.129
<b>Total** (€)</b>	<b>175.950,65</b>

\*La hojarasca utilizada será cedida por el AMDC.

Por lo que, el coste considerado será de 0€. La mano de obra utilizada en la preparación del suelo y la revegetación provendrá de voluntarios de ONGs locales y de centros educativos, considerándose la mano de obra a coste 0.

\*\*Presupuesto base calculado de acuerdo a precios españoles.

Sobre el presupuesto final, hay que añadir un beneficio industrial del 23% y el coste correspondiente del visado del proyecto en la republica de Honduras



## Conclusiones

Las actuaciones propuestas suponen un método recuperación ambiental integral de un tramo de un río urbano con un elevado nivel de degradación

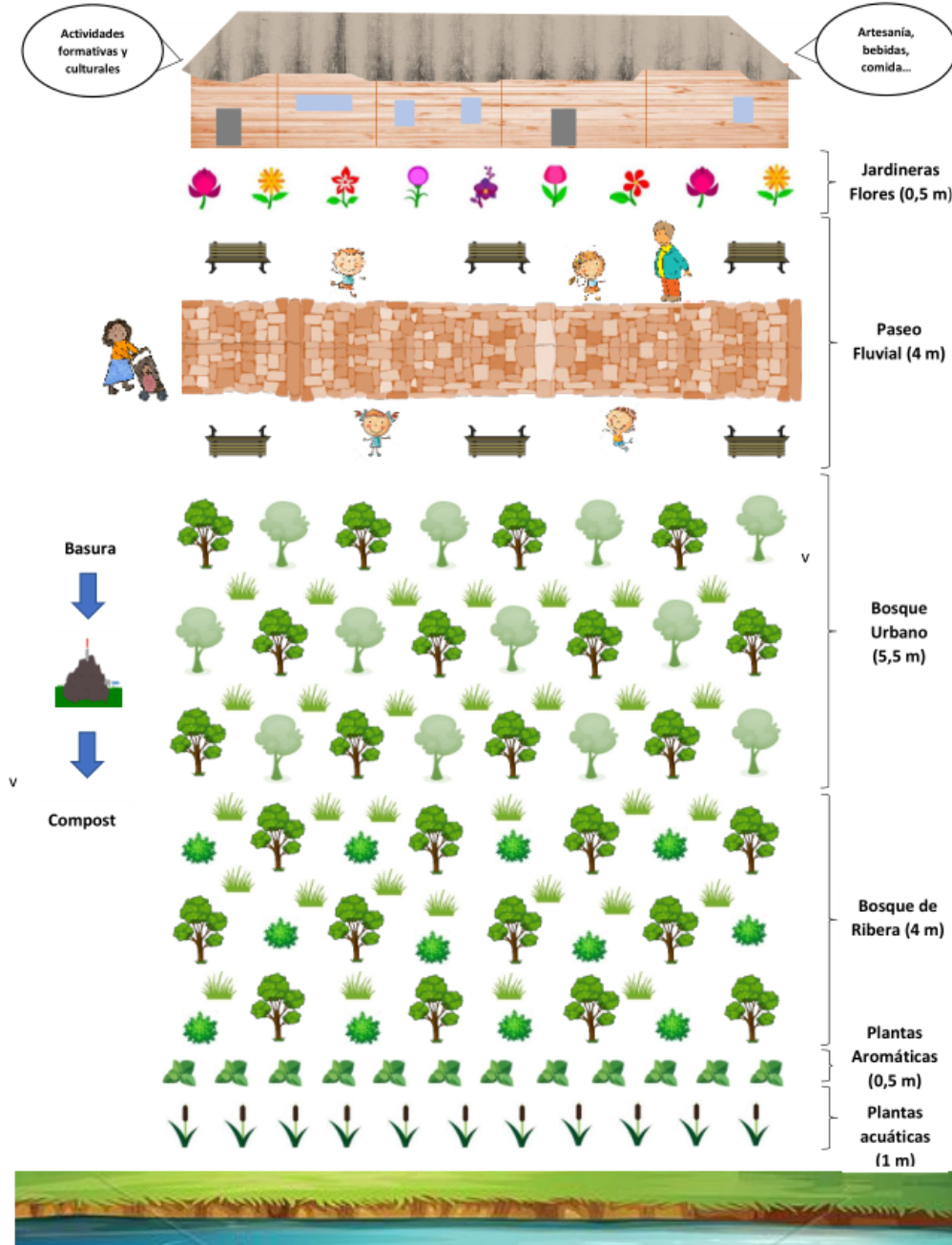


Mejora de las condiciones ambientales del río:

- Mejora de los parámetros de la calidad de agua del río
- Estabilizándose las taludes del río por las coberturas vegetales
- Reducir el riesgo de inundación del río en la ciudad
- ... etc

Fase de pilotaje → Fase de demostración → Extensión al resto del río

Ayudando a la restauración ambiental de la ciudad, mientras se desarrollan los sistemas saneamiento y drenaje de la ciudad, que permitan una depuración más exhaustiva de las aguas residuales



Comienzo de la experiencias piloto en noviembre del 2017 en Tegucigalpa en el marco del “Plan Maestro del Casco Histórico de Tegucigalpa”



Restauración de un tramo piloto en los mercados de Comayagüela



Con apoyo de:  
Ayuntamiento Tegucigalpa, AECID (cooperación española), ONG y Grupos locales



Parque Urbano Fluvial del Río Choluteca en Tegucigalpa

## Referencias

- 1 Aguilera, E. G.; 2009. Contaminación del río Choluteca, Honduras. En Línea: <https://es.scribd.com/doc/30474951/Contaminacion-Del-Rio-Choluteca>
- 2 AMDC; Portal de Mapas del AMDC. En Línea: <https://amdc.giscloud.com/>
- 3 BID; 2016. Diagnóstico contrastado del Plan Urbano Ambiental del Río Choluteca, Banco Interamericano de Desarrollo.
- 4 BID; NDF, 2014. Tegucigalpa y Comayagüela "Capital sostenible, segura y abierta al público", Banco Interamericano de Desarrollo.
- 5 Bloomberg, Bloomberg "Islas Flotantes". En Línea: <http://blumberg-engineers.com/es/74/-islas-flotantes>
- 6 Brea, J. D. & Balocchi, F., 2010. Procesos de erosión - sedimentación en cauces y cuencas. UNESCO.
- 7 Camprodom, J., Ferreira, M. T. & Ordeix, M., 2012. Restauración y Gestión Ecológica Fluvial. RICOVER.
- 8 Gutierrez J. F., L. G. M., 2002. Composición florística de la vegetación riparia de "Quebrada Grande". Moracelí, El Paraiso, Honduras, C.A..
- 9 IDOM, IH Cantabria., 2016. Estudio de Prefactibilidad de Saneamiento y Drenaje de la Ciudad de Tegucigalpa, Honduras, Banco Interamericano de Desarrollo.
- 10 Lesko, C., 2005. Composición Florística Estructural del Bosque de Galería de la Quebrada Grande, Moracelí, El Paraiso, Honduras, C.A.
- 11 Martin, M., La Complejidad Urbana y Ambiental de la Ciudad de Tegucigalpa, Comité de desarrollo sostenible de la Capital-CCIT.
- 12 Meli, P.; Carrasco-Carballido, V., 2011. Restauración ecológica de riberas: Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- 13 Menéndez, R. N.; Melara, N. W., 2002. Composición Florística del Bosque de Galería de la Quebrada Güisisire, Moraceli, El Paraiso, Honduras. C.A..
- 14 Ortiz, P. E., Plantas depuradoras para el saneamiento del río Choluteca y su sostenibilidad
- 15 Padilla, G., 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Honduras. FAO.
- 16 Ponce de Montoya, B., 2008. Análisis de la contaminación del río Choluteca y sus efectos sobre la población a su paso por Tegucigalpa. Revista Ciencia y Tecnología, nº 2
- 17 Sutherland, N., 2004. Vegetación en el Ámbito Urbano de Tegucigalpa. Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
- 18 Wießner, A., Kuschik, P. & Stottmeister, U., 2002. Oxygen Release by Roots of *Typha latifolia* and *Juncus effusus* in Laboratory Hydroponic Systems. Acta Biotechnol, nº 22.

**Muchas Gracias  
Por Su  
Atención**