

SOLUCIONES INNOVADORAS  
IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS PILOTO:

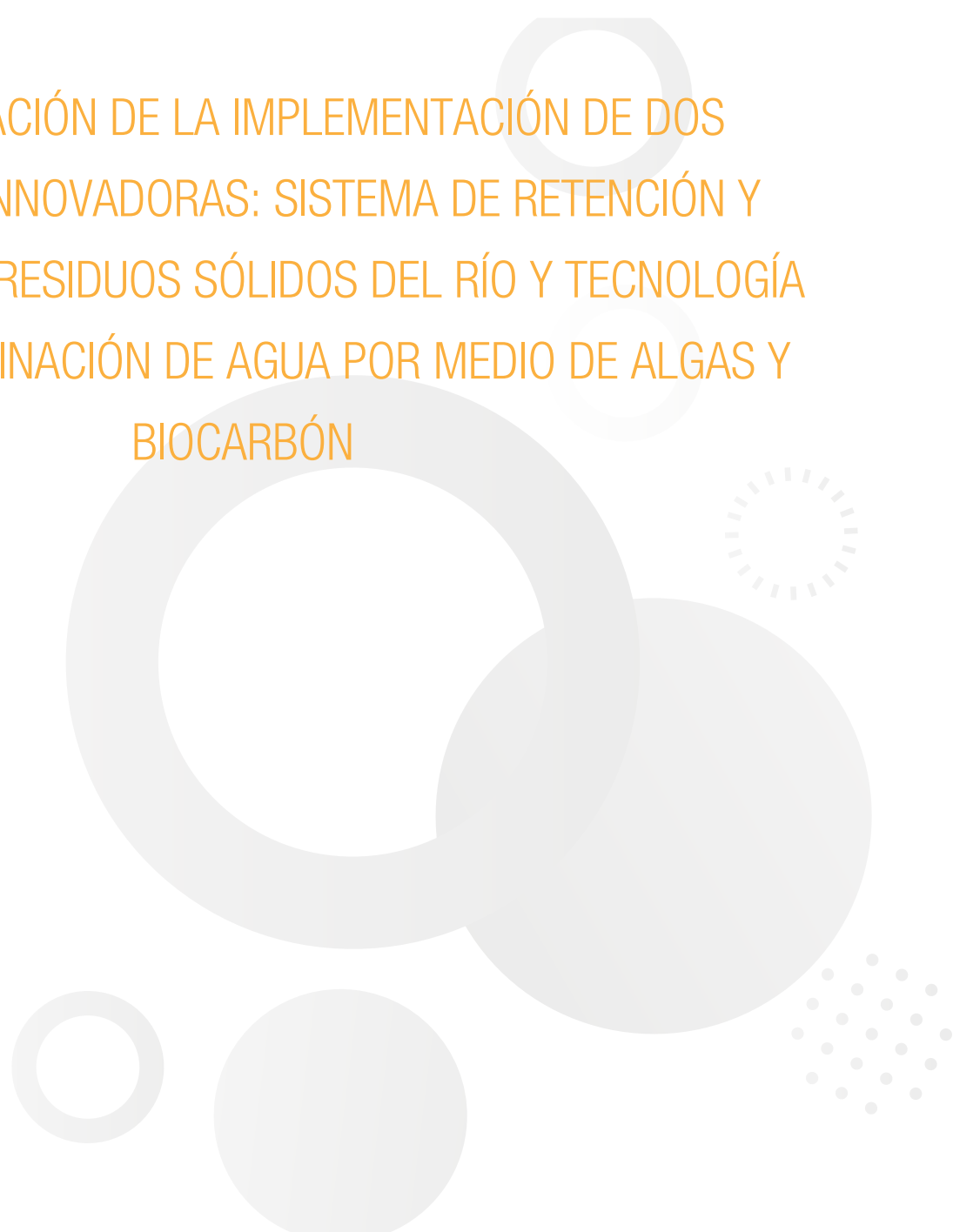
## SISTEMA DE RETENCIÓN Y EXTRACCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS



## TECNOLOGÍA DE DESCONTAMINACIÓN DEL AGUA POR MEDIO DE BIOCARBÓN



SISTEMATIZACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE DOS  
SOLUCIONES INNOVADORAS: SISTEMA DE RETENCIÓN Y  
EXTRACCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL RÍO Y TECNOLOGÍA  
DE DESCONTAMINACIÓN DE AGUA POR MEDIO DE ALGAS Y  
BIOCARBÓN



Los proyectos piloto: Sistema de retención y extracción de residuos sólidos del río y tecnología de descontaminación de agua por medio de algas y biocarbón han sido implementados en la gestión 2023 en el marco de los Proyectos:

- *“Diálogo científico-social: Ejerciendo el derecho al agua y el medio ambiente sano a través de la innovación tecnológica” del Proyecto Diálogo y Apoyo Colaborativo (DAC) de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia, implementado por Solidar Suiza*
- *“Gobernanza Ambiental y Derecho al Medio Ambiente Sano en la Cuenca Katari” financiado por The Catholic Agency for Overseas Development – CAFOD*
- *“Intervención Urbano – Rural en la Cuenca Katari. Espacio público ecológico cultural para la restauración del Lago Titicaca” del fondo Guardianes de la Tierra del Cultural Survival*

Coordinador del proyecto y Director Ejecutivo: Carlos J. Revilla Herrero

Gestión en comunicación: Katherine Illanes Mollinedo

Diseño de infografías y diagramación: Beimar Ballón

Fotografías: Equipo de IIADI

Instituto de Investigación y Acción para el Desarrollo Integral

La Paz – Bolivia

2023



[www.iiadi.bolivia.bo/iiadi/](http://www.iiadi.bolivia.bo/iiadi/)



@IIADIOficial



IIADI\_oficial



IIADIOficial



## Sistematización de la implementación de dos soluciones innovadoras:

### Sistema de retención y extracción de residuos sólidos del río y Tecnología de descontaminación de agua por medio de algas y biocarbón

#### COTENIDO

I. EL PROBLEMA .....	1
II. EL ENFOQUE DE LA INTERVENCIÓN: DIÁLOGO COLABORATIVO Y MULTIACTORAL .....	5
III. ACADEMIA Y COMUNIDAD EN UN ESFUERZO CONJUNTO: LOS PROYECTOS PILOTO .....	6
IV. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE ACUMULACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN EL RÍO PALLINA.....	8
V. CAPACITACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL MANEJO, USO Y CUIDADO DE LOS DISPOSITIVOS PILOTO .....	13
VI. PROCESO Y RESULTADOS .....	16
SOLUCIÓN INNOVADORA 1: Resultados del Sistema de Retención y Extracción de Residuos Sólidos del Río Pallina .....	16
SOLUCIÓN INNOVADORA 2: Resultados de la aplicación de una Tecnología de Descontaminación del Agua por medio de Biocarbón en la Comunidad de Machacamarca Baja.....	18
VII. APRENDIZAJES PARA SEGUIR AVANZANDO.....	20
ANEXO: SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA BIOBARDA .....	22





## I. EL PROBLEMA

---

La cuenca Katari, ubicada en el departamento de La Paz, Bolivia, es la región más habitada del país; en 2020 contaba con más de 1.130.000 habitantes en los 9 municipios que la forman –equivalente al 10% de la población boliviana– entre los que el municipio de El Alto es el más relevante porque concentra el 91% de esta población y porque ejerce la mayor presión medioambiental sobre este ecosistema.

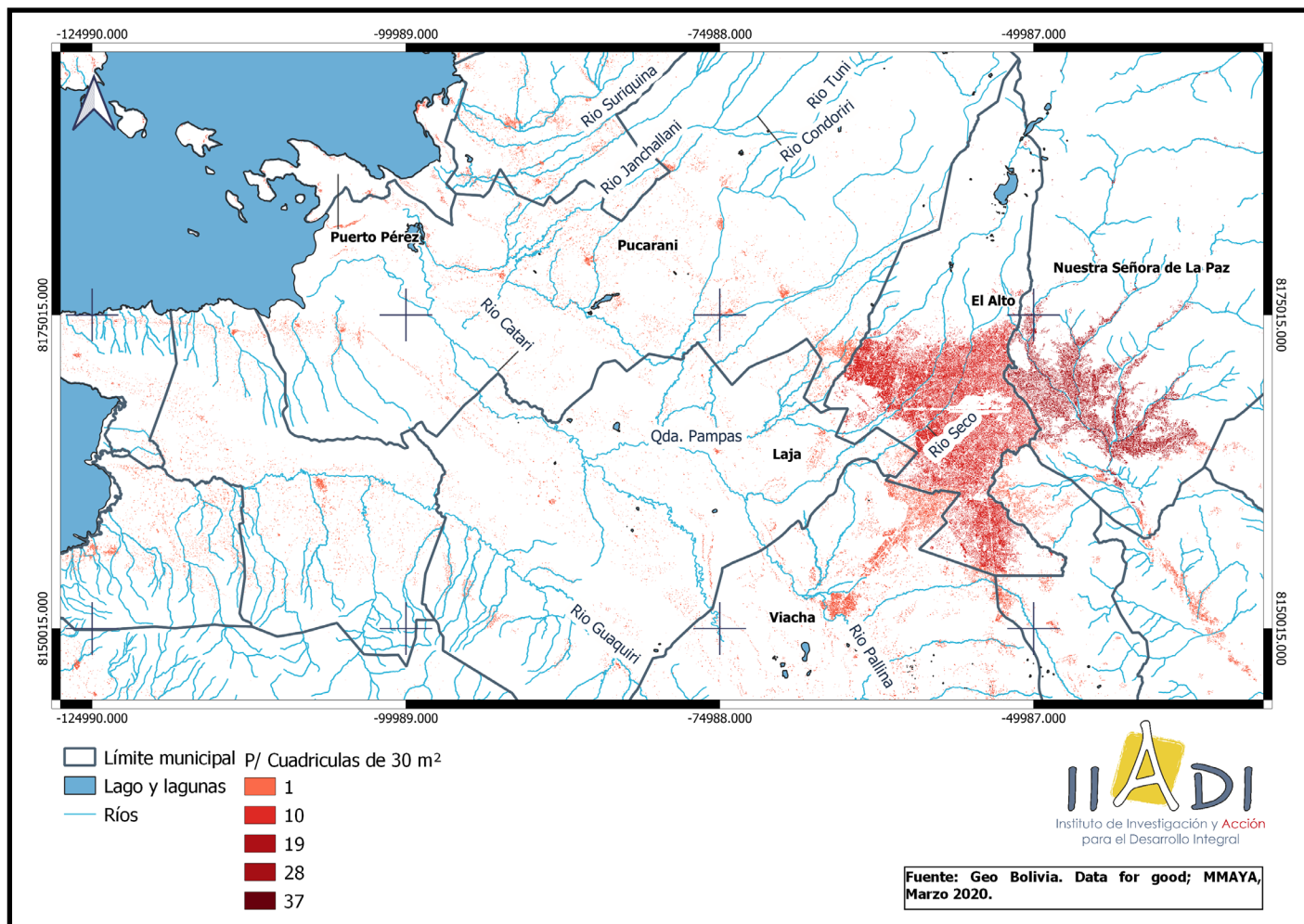
Es también la cuenca más emblemática de la región andina por su relación con el Lago Titicaca, referente cultural y de producción agrícola y pecuaria de gran importancia para

la seguridad alimentaria del área metropolitana que incluye a otro millón de habitantes del municipio de La Paz y otros alrededores.

De carácter endorreico, esta cuenca se extiende desde los nevados de la cordillera de los Andes a casi 4600 msnm, donde se encuentra el nevado Tuní Condoriri, principal zona de captación de aguas para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de El Alto, hasta la desembocadura del río Katari en el Lago Titicaca a 3800 msnm.

*DEMANDA HÍDRICA. De acuerdo al Plan Director de la Cuenca Katari, elaborado en 2010 por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, la mayor demanda hídrica es de la subcuenca de Pallina Alto (38 millones de metros cúbicos) que tiene la mayor superficie de producción agrícola (>7000 has) y la mayor cantidad de cabezas de ganado (71 mil); en segundo lugar la de la subcuenca Katari Alto (33 millones de metros cúbicos); luego la subcuenca Seque y Seco (29 millones de metros cúbicos). “En las primeras dos subcuencas la demanda es predominantemente para riego, mientras que en Seque y Seco donde está ubicada la ciudad de El Alto, domina la demanda para uso doméstico (2/3 del total)” (PDCK, 2010, p.9).*

## DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LA CUENCA KATARI Y CUENCA LA PAZ (Cantidad de personas en cuadrículas de 30 metros cuadrados)



Entre 1996 y -2001, El Alto tuvo un saldo migratorio positivo de 48.225 personas, mientras que en el período 2007-2012, éste fue de solollegó a sólo 4.872 habitantes.

De acuerdo con ONU – Hábitat, El Alto tienemuestra un patrón de crecimiento de baja densidad, de con menos de 85 habitantes por hectárea/hec.

La cuenca presenta un elevado deterioro de la calidad del agua y de los suelos debido a la contaminación provocada por la actividad urbana industrial, minera y pecuaria. Los niveles de contaminación de los ríos y del Lago Titicaca sobrepasan su capacidad de regeneración.

La calidad del medio ambiente para la población que vive en el área urbana está muy deteriorada, los ríos huelen mal, en algunas zonas los niños y niñas presentan enfermedades por el agua contaminada, el paisaje está

deteriorado y no puede ser disfrutado, los ríos son basureros a cielo abierto y se descompone la cultura ciudadana.

En el área rural, la contaminación del agua está deteriorando también la calidad de vida y la salud de la población, está también reduciendo la productividad del área rural y provocando mucho estrés a las y los productores y criadores de ganado por la falta de agua para los animales. Las comunidades a orillas del Lago se enfrentan a frecuentes inundaciones de agua contaminada sobre sus cultivos y áreas de pastoreo. Muchos están migrando de la pesca a la agricultura por causa de la contaminación y, más recientemente, a la ganadería por la misma razón, sin que esta sea una solución como medio de vida.

La contaminación está provocada por la descarga de residuos sólidos y líquidos en los ríos de la cuenca. Las aguas acarrean contaminantes químicos, biológicos y



patológicos, algunos de ellos capaces de causar daño a nivel genético. De acuerdo al estudio “¿Somos nosotros mismos? Desigualdades socioecológicas y urbanización en la cuenca Katari”, y según los datos del Censo 2012 respecto de las formas de eliminación de la basura que se produce en las viviendas en los 9 municipios de la cuenca:

El Alto, Viacha, Pucarani, Laja, Calamarca, Colquencha, Puerto Pérez, Comanche y Collana, cerca al 25% (36.180 toneladas/año) se disponía de manera inadecuada (108.629 toneladas se disponían adecuadamente), de este volumen mal gestionado, anualmente 6.828 toneladas se botaban directamente a los ríos (Revilla, 2021).

ESTIMACIÓN FORMAS DE ELIMINACIÓN DE BASURA VIVIENDAS POR TONELADAS / AÑO (2012)								
	Basurero público o contenedor	Carro basurero	Terreno baldío o ne la calle	La botan al río	La queman	La entierran	Otra forma	Total
<b>EL ALTO</b>	49.425	163.156	24.041	9.560	7.907	1.018	1.745	256.852
t/año	23.837	78.687	11.594	4.611	3.813	491	842	123.874
t/año %	19	64	9	4	3	0	1	100
<b>VIACHA</b>	5.548	10.657	1.557	1.646	5.329	1.223	288	26.248
t/año	1.996	3.834	560	592	1.917	440	104	9.443
t/año %	21	41	6	6	20	5	1	100
<b>PUCARANI</b>	183	49	350	1.127	7.684	1.040	128	10.561
t/año	58	15	110	355	2.423	328	40	3.331
t/año %	2	0	3	11	73	10	1	100
<b>LAJA</b>	149	240	455	815	4.960	959	183	7.761
t/año	55	89	168	301	1.831	354	68	2.864
t/año %	2	3	6	11	64	12	2	100
<b>CALAMARCA</b>	19	6	96	924	2.405	333	44	3.827
t/año	7	2	34	329	856	119	16	1.362
t/año %	0	0	3	24	63	9	1	100
<b>COLQUENCHA</b>	22	30	30	719	2.095	219	85	3.200
t/año	7	10	10	244	711	74	29	1.086
t/año %	1	1	1	22	65	7	3	100
<b>PUERTO PÉREZ</b>	14	2	141	188	2.309	200	54	2.908
t/año	4	1	43	58	710	62	17	895
t/año %	0	0	5	6	79	7	2	100
<b>COMANCHE</b>	20	3	33	317	682	221	35	1.311
t/año	6	1	10	97	209	68	11	402
t/año %	2	0	3	24	52	17	3	100
<b>COLLANA</b>	47	2	55	555	555	55	3	1.272
t/año	20	1	24	241	241	24	1	552
t/año %	4	0	4	44	44	4	0	100
<b>TOTAL VIVIENDAS</b>	<b>55.427</b>	<b>174.145</b>	<b>26.758</b>	<b>15.851</b>	<b>33.926</b>	<b>5.268</b>	<b>2.565</b>	<b>313.940</b>
Total t/año	25.990	82.639	12.555	6.828	12.712	1.959	1.126	143.808
Tota t/año %	18	57	9	5	9	1	1	100









7 kilómetros de botellas plásticas en el río Ajllita Jahuira, en el municipio de Pucarani, donde desembocan las aguas que llegan de los ríos Seque y Seco de El Alto y del río Pallina de Viacha (imagen tomada por dron).

## II. EL ENFOQUE DE LA INTERVENCIÓN: DIÁLOGO COLABORATIVO Y MULTIACTORAL

El Instituto de Investigación y Acción para el Desarrollo Integral (IIADI) trabaja desde la noción de urbanización extensiva (Brenner 2013, Brenner y Schmidt 2014), una perspectiva que comprende que los procesos de urbanización no solo ocurren delimitados a los espacios urbanos, sino que su impacto y distintas actividades, aplicaciones y formas trascienden los límites de las ciudades cuando actúan por ejemplo sobre los recursos hídricos y el espacio rural.

Desde este marco, se diseñó un proyecto piloto de intervención que representara una solución integral actuando sobre las causas urbanas y los efectos rurales de la contaminación. La propuesta nació de la necesidad y

demanda de las comunidades: descontaminar el agua de sus ríos para acceder a agua para la producción y la vida, y poner “trampas de basura” para atrapar las botellas plásticas y reciclarlas.

La acción de las comunidades fue el elemento principal de la construcción de las soluciones a la crisis del agua y a la contaminación del agua que las agobia. Las posibilidades que se identificaron y las alianzas institucionales que se construyeron durante el año 2022 entre organismos de cooperación, actores académicos, colectivos activistas y autoridades del territorio las materializaron.



En 2023, luego de un largo proceso de diálogo y con el apoyo de organismos de cooperación internacional como lo son El Proyecto Diálogo y Apoyo Colaborativo de Solidar Suiza, Catholic Agency for Oversea Development - CAFOD de Inglaterra y el Fondo Guardianes de la Tierra de Cultural Survival de Estados Unidos, se activó la implementación. Las acciones del proyecto buscaron en primer lugar contribuir al ejercicio inmediato de derechos fundamentales, como el

derecho a la vida, al agua, a la alimentación sana y a la salud de comunidades afectadas por la contaminación y desde una perspectiva más amplia, al derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado. En segundo lugar, mediante la propia acción, generar conciencia ambiental en las comunidades concernidas y mediante la incidencia de los resultados, en las comunidades de la cuenca en general.

### III. ACADEMIA Y COMUNIDAD EN UN ESFUERZO CONJUNTO: LOS PROYECTOS PILOTO

---

En respuesta a la situación de contaminación del agua en la cuenca Katari se llevó adelante una intervención piloto doble que consistió en un sistema de retención y extracción de residuos sólidos del río Pallina y la aplicación de una tecnología de descontaminación del agua por medio de biocarbón, dispositivos que se implementaron en la comunidad de Machacamarcas Baja.

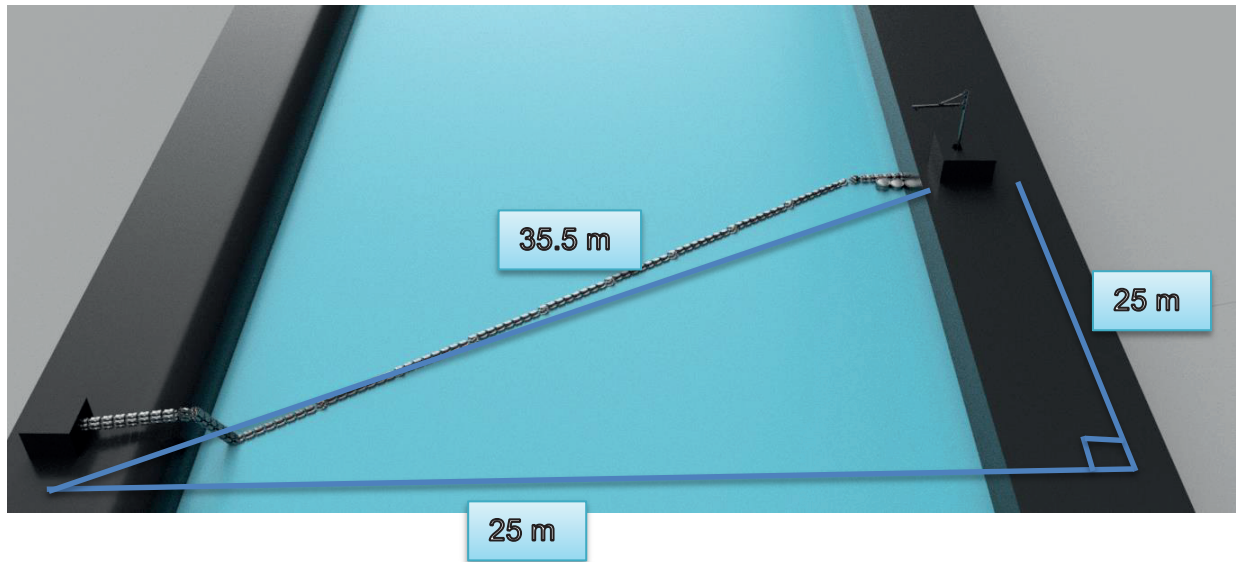
Dos sistemas de innovación apoyados por la academia (Universidad de Newcastle de Reino Unido y el Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la Universidad Mayor de San Andrés - UMSA) en respuesta a propuestas de solución surgidas de las necesidades de las comunidades.

Frente a la cantidad de residuos sólidos que las comunidades de la cuenca Katari ven pasar por los ríos, estancarse en sus recodos y que avanzan hasta verterse y contaminar el Lago Titicaca, los comunarios plantearon hacer una trampa de basura. Académicas y académicos del Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la Universidad Mayor de San Andrés (IIME-UMSA) lograron materializar esta propuesta de las comunidades en un dispositivo, en una biobarda de retención de 35 metros de longitud que por la dificultad de su transporte se diseñó en módulos de 2.2m que se unieron en la instalación, que tiene puntos de anclaje para evitar riesgos por la crecida del río y para garantizar que no sea jalada con el viento tiene una parte sumergida en el agua.



El IIME-UMSA es una institución dedicada a la investigación y desarrollo en el campo de la ingeniería mecánica y electromecánica, destacada por su enfoque en la innovación y la calidad en el ámbito de la tecnología aplicada. El año 2022 el Instituto de Investigación y Acción para el

Desarrollo Integral (IIADI) firmó un convenio de servicio con el IIME-UMSA para elaborar el diseño de un dispositivo de retención de residuos plásticos, es así que para el 2023 se logró la implementación de este dispositivo denominado “biobarda” en la comunidad de Machacamarca Baja.



Diseño de la Biobarda propuesta por el Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la UMSA

Respecto de la descontaminación del agua, las ideas de utilizar soluciones basadas en la naturaleza se comenzaron a desarrollar en la visita a La Paz de la ingeniera química Dra. Sharon Velásquez, de la Universidad de Newcastle, en agosto de 2022, en el marco de la realización de una movilidad académica propiciada por el Proyecto Contested Territories (EU H2020 RISE Research and Innovation Initiative). En el “Diálogo multiactor sobre métodos y técnicas de monitoreo y control ambiental de la calidad del agua en las zonas urbanas de la cuenca Katari” organizado por el IIADI, la Dra. Velásquez expuso sobre el cultivo de microalgas como un sistema de monitoreo bioelectroquímico a través de bacterias, que no requiere materiales especiales, de bajo costo y donde la función la hace el microorganismo y que permite extraer elementos del agua residual para su reutilización: fósforos, proteínas, carbohidratos para transformar en otros productos.

Con el apoyo de CAFOD se sumó a la Dra. Anjali Jayakumar, otra académica de la Universidad de Newcastle, de su visita de campo surgió la idea de la producción de biocarbón (biochar) como mecanismo de descontaminación del agua contaminada. Con ambas investigadoras, se realizó una nueva visita a Bolivia en el mes de julio de 2023 a las

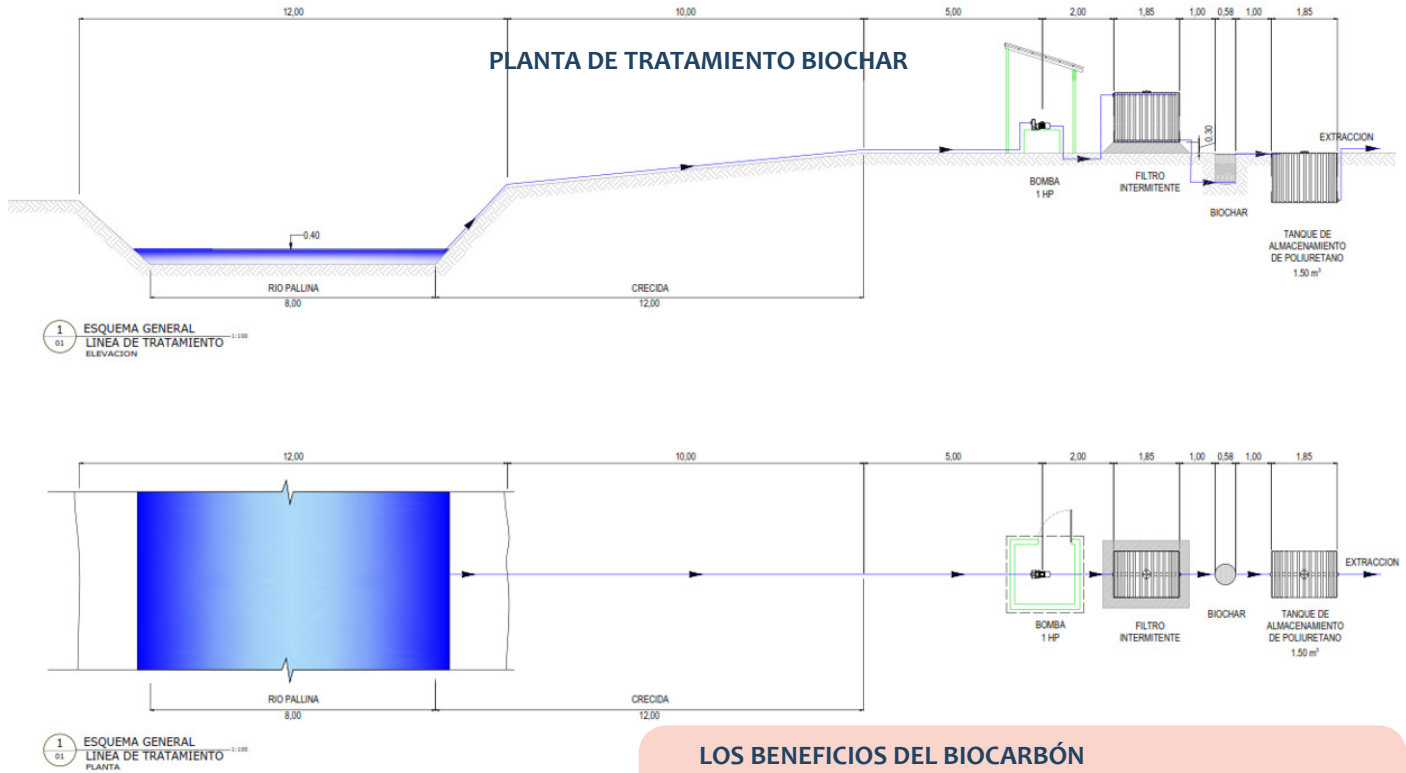
comunidades de Machacamarca en Laja y la comunidad de Tiquipa en Pucarani. Se recolectó muestras de agua del río Pallina los mismos que fueron llevados a su laboratorio en Inglaterra con el fin de analizar qué elementos contiene y cómo proceder para su proceso de descontaminación.

El sistema de descontaminación del agua en el río Pallina consiste en la implementación de una tecnología para la limpieza y purificación del agua por medio de biocarbón que captura los contaminantes orgánicos y metales pesados del agua y permite que esta agua tratada sea reutilizada en riego e inclusive para la ganadería. Estas tecnologías tienen como residuos un nuevo tipo de biomasa que es comerciable, es decir que puede significar ingresos a las comunidades que las aplican.

El biochar o biocarbón es un carbón activado llamado también carbón biológico. Es una forma de carbón que se produce calentando biomasa (obtenida de los residuos agrícolas: astillas de madera, residuos de cultivos) en un entorno de bajo contenido de oxígeno a través de un proceso llamado pirólisis. No se produce quemando la leña, porque cuando se quema la leña la biomasa desaparece, se hace cenizas, para obtener el biocarbón se necesita que

la leña quede con la estructura. La pirólisis es un proceso térmico que en ausencia de oxígeno –que es lo que quema la biomasa– lo que hace es transformar la biomasa en carbón, y no se transforma completamente a dióxido de carbono, no se oxida completamente sino se compacta y se obtiene una sustancia porosa. Así se produce el biocarbón.

El sistema instalado consta de dos tanques conectados por un turril donde se coloca el biocarbón, el primer tanque contiene grava y recibe el agua contaminada del río, éste se conecta a un turril que contiene fibra, grava, arena, biochar y otra porción de grava, que tienen la función de purificar el agua que pasa hacia el segundo tanque.



#### LOS BENEFICIOS DEL BIOCARBÓN

- Absorbe nutrientes orgánicos e inorgánicos, liberándolos lentamente
- Hace eficiente el consumo de fertilizantes evitando pérdidas por lixiviación
- Promueve el asentamiento de microorganismos benéficos en torno a la rizosfera
- Aumenta la capacidad del intercambio catiónico
- Posee una marcada tendencia a estabilizar el pH
- Mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención hídrica

Fuente IIADI: Diseño de la construcción del sistema de descontaminación de agua.

## IV. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE ACUMULACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN EL RÍO PALLINA

Comenzando en el Puente Pallina que se encuentra sobre la carretera La Paz-Laja hasta la comunidad Machacamarca Baja, donde se encuentra instalada la biobarda, en la primera semana de septiembre de 2023 se realizó un recorrido para identificar puntos críticos de acumulación de residuos plásticos sobre el río Pallina. Esta fue la actividad inicial para luego programar talleres de capacitación técnica sobre la implementación de los dispositivos piloto y concientización sobre su uso y mantenimiento con la comunidad en octubre de 2023.

La logística de esta actividad se coordinó entre la ingeniera Ingrid Gómez, responsable de Medio Ambiente del municipio de Laja, con Jhoseline Claire, coordinadora del grupo juvenil Fortaleza Bolivia y Carmen Herrera consultora de IIADI para esta actividad.

Los puntos más críticos de vertido de residuos plásticos identificados fueron:



A 520 m de distancia del punto de inicio del recorrido (Puente del río Pallina, camino a Laja)



<https://maps.google.com/maps?q=-16.538299,-68.474523>

Primer punto: ubicación de latitud: **-16.538299**, longitud: **-68.474523**





A 720 metros de distancia del punto de inicio del recorrido



<https://maps.google.com/maps?q=-16.540291,-68.474627>

Segundo punto: ubicación de latitud: **-16.540291**, longitud: **-68.474627**





Tercer punto de acumulación de residuos plásticos a 1 km de distancia del punto de inicio del recorrido



<https://maps.google.com/maps?q=-16.542111,-68.477567>

Tercer punto: ubicación de latitud: **-16.542111**, longitud: **-68.477567**





Cuarto punto de vertido de residuos plásticos, a 1,24 km aproximadamente del lugar de inicio del recorrido y donde se instaló la biobarda



<https://maps.google.com/maps?q=-16.541938,-68.478465>

Cuarto punto: ubicación de latitud: **-16.541938**, longitud: **-68.478465**





En este recorrido siguiendo el curso del río se observó muy pocas casas aledañas, lo que permite plantear que el problema de la contaminación del río se debe a los plásticos

que son arrastrados por el caudal o por el viento desde zonas mucho más urbanizadas y densas como la ciudad de El Alto.

## V. CAPACITACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL MANEJO, USO Y CUIDADO DE LOS DISPOSITIVOS PILOTO

Con el fin de informar y conocer las percepciones de la comunidad sobre la implementación de estos dispositivos, en la primera semana de octubre de 2023 se llevaron a cabo “talleres de capacitación y concientización sobre el manejo, uso y cuidado de los dispositivos piloto de retención de residuos sólidos y sistema de descontaminación del agua en el río Pallina” coordinados con las autoridades de la comunidad Machacamarca Baja y con la participación del grupo de jóvenes Fortaleza Bolivia, la responsable del área de medio ambiente del Gobierno Autónomo Municipal de Laja, el Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la Universidad Mayor de San Andrés (IIME-UMSA) y el Instituto de Investigación y Acción para el Desarrollo Integral (IIADI).

Estos talleres se desarrollaron en cinco módulos:

### **Módulo 1. Presentación de todos los y las participantes**

para crear un ambiente de reconocimiento mutuo y confianza.

### **Módulo 2. Diagnóstico de problemas, necesidades y aspectos positivos o fortalezas de la comunidad**

Los problemas que se identificaron:

- » Falta de agua limpia
- » Contaminación del río causa diarrea e incluso muerte de los animales
- » Contaminación del río provoca un olor desagradable y a veces insoportable, el olor se esparce a toda la comunidad cuando hace viento
- » Sembradíos de papa perdidos por la falta de agua, de la helada y el granizo
- » Escasez de agua, cuando se hace un pozo el agua sale salada y no sirve para tomar
- » presencia de perros salvajes que atacan al ganado



Las fortalezas de la comunidad identificadas fueron:

- » La cría de ganado vacuno y ovino, la producción de leche y queso, y la producción de forraje, alfalfa, avena y cebada

### **Módulo 3. Explicación del funcionamiento de la biobarda, sistema de retención de residuos sólidos, y recomendaciones para su mantenimiento**

La Ing. María Jesús Grajeda del instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la UMSA explicó el sistema de retención de residuos sólidos, que la biobarda instalada tiene el objetivo de reducir la acumulación de plástico en los ríos de la cuenca Baja del Katari y transformar el problema de la contaminación por botellas plásticas en una oportunidad económica de generación de ingresos por medio de su reciclaje.

El proyecto de la biobarda es un invento artesanal originado en Guatemala, elaborado con cuerda, malla y botellas de plástico. Se busca retener todos los desechos que se encuentran flotando en la superficie del agua, que son arrastrados por el río, y al recogerlos ayudar a disminuir la contaminación.

Luego de retenerlos, se los puede triturar para venderlos y obtener ingresos económicos para la comunidad, convertir el problema en un beneficio.

La biobarda está construida con botellas PET. Entonces se trata de una solución que utiliza el mismo material para mitigar el problema, evitando que lleguen más residuos sólidos a las otras comunidades incluso más afectadas por la contaminación. Las botellas PET tardan 500 años en biodegradarse.

Se explicó que teniendo en cuenta que la biobarda está construida con botellas plásticas los cuidados que deben tener son:

- » No se debe caminar en la biobarda. Si se compactan las botellas o se las pisa se pueden dañar y cuando dejan de tener agua, dejan de flotar y ya no cumplen su función de retener los residuos plásticos. Lo que sucedería es que rebalsaría la biobarda. Las botellas plásticas deben estar en buenas condiciones, tienen que estar llenas de aire para que puedan flotar.
- » No se puede hacer ninguna actividad que incluya fuego o cosas inflamantes cerca de la biobarda. El plástico se

puede llegar a fundir y las botellas igualmente dejarían de flotar. También la malla de pesca con la que está elaborada la biobarda y la cuerda de seguridad se pueden llegar a quemar.

- » No se debe sacar las botellas. Una parte de las botellas contiene agua y la otra parte de las botellas no. Las que tienen agua es para que no floten por completo, de manera que el viento no las puede arrastrar. Las botellas con aire es la que permite que flote la biobarda. Si se saca una botella la biobarda dejaría de flotar, dejando de cumplir la función que tiene.
- » Hay que mantener limpias de pasto de paja y de todo tipo de yerbas las áreas donde está la biobarda, porque la retiene y deja de moverse con el cauce del agua. La comunidad tendría que organizarse para realizar la limpieza correspondiente en ese sector.
- » La biobarda fue diseñada para funcionar tomando en cuenta la crecida del río en épocas de lluvia. Ya que es ligera el agua que llegue la hará flotar, si el río sube los bloques construidos en ambos extremos se van a sumergir hasta el límite del agua. Es decir que la crecida del río no puede arrancar ni llevarse la biobarda. La biobarda está construida para resistir 200 kilos; está diseñada para retener plástico que es ligero y también residuos pesados como animales muertos, llantas y otros.

La Biobarda se complementa con un sistema/ mecanismo para retirar las botellas del río y depositarlas en un lugar de acopio, un contenedor para luego seleccionarlas, lavarlas y venderlas a empresas privadas que realizan el reciclaje de botellas PET y así lograr un ingreso económico para la comunidad. El resto de los residuos sólidos inservibles los debe recoger la empresa de limpieza del municipio de Laja.

### **Módulo 4. Uso y reciclaje de residuos plásticos extraídos de la biobarda**

El grupo Fortaleza Bolivia explicó sobre el uso que se puede dar al material que retiene la biobarda, los residuos que se pueden reutilizar, como los plásticos, bolsas, llantas y otros. Que hay empresas en el municipio de La Paz que compran plásticos: EMPACAR S.A., Recicla La Paz, Reciplast, entre otras, (la empresa EMPACAR deja una cantidad de bolsas y luego las recoge). También existen otras empresas que compran plastoformo y llantas.



Los residuos orgánicos son los desechos que provienen de la naturaleza, como cáscaras, hojas de los árboles, cáscara de huevo y otros que si se los deja van a desaparecer. Incluso el papel y el cartón, porque vienen de los árboles.

Los residuos inorgánicos son los que no van a desaparecer con el tiempo, tardan muchos años en desintegrarse. Uno de esos materiales inorgánicos es el plástico, producto o material sintético hecho de elementos químicos. Una cuchara de plástico que botamos tarda 200 años en desintegrarse. El plástico es el material que se encuentra en todas partes y que va creciendo con el paso del tiempo porque no se lo recoge, y es un gran problema porque las empresas no van a dejar de fabricar estos plásticos, por eso es necesario ver cómo reducir y volver a utilizar el material inorgánico.

La idea es que todas las botellas acumuladas en la biobarda sean retiradas y sigan un proceso. Las botellas PET no pueden quedarse sucias aplastadas, para vender las botellas a las empresas recicladoras hay que lavarlas, quitar la etiqueta, quitarles las tapitas y clasificarlas. Hay otras empresas en la ciudad de La Paz que se encargan de reciclar

las etiquetas y otros plásticos y bolsas. Se puede coordinar con estas empresas para el recojo de los plásticos de la comunidad.

El plástico de la biobarda será retirado mediante una red que será instalada por el Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la UMSA para que luego la comunidad se organice para lavarlas y clasificarlas. En una primera fase el lavado y venta de las botellas será realizado conjuntamente con el equipo de IIADI y el grupo de jóvenes voluntarios de diferentes organizaciones juveniles para acompañar a la comunidad y a sus autoridades. En un futuro, si la biobarda llega a funcionar la comunidad puede vender las botellas a estas empresas directamente y generar ingresos económicos de beneficio a la comunidad de esta manera.

Con relación a la máquina trituradora la Ing. María Jesús Grajeda del instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la UMSA explicó que el plástico se saca de los derivados del petróleo, que se utiliza alrededor de 5 a 10 litros de agua para generar una botella, que algunas botellas son hechas exactamente de estas botellas que se



reciclan, lo que hacen es triturarlas, lavarlas y procesarlas. Una vez que están trituradas las vuelven a fundir y hacer botellas; en Perú las compran a un precio bastante bueno. El plastoformo lo mezclan con gasolina para convertirlo en un muy buen impermeabilizante en la industria, pero también se lo puede utilizar en otras actividades. Las botellas atrapadas, entonces son una materia prima y no importa que estén en buenas o malas condiciones para que sean útiles para generar ingresos a la comunidad.

### **Módulo 5. Sistema de descontaminación del agua en el río Pallina mediante el biochar o biocarbón**

Se explicó que el proyecto implementado en la comunidad Machacamarcas Baja es una prueba piloto para descontaminar el agua del río Pallina mediante el biocarbón que se lo utiliza para captar los elementos que contaminan el agua, es la naturaleza fibrosa del biocarbón la que los absorbe.

Esta tecnología está diseñada para producciones muy pequeñas, una persona puede hacer esto en su casa, por ejemplo, porque la quema de mucho biocarbón puede generar mucho dióxido de carbono. El biocarbón que se busca es un material poroso, aireoso que pueda absorber los elementos contaminantes y no un material para generación de energía.

Ubicados en el sitio donde está ubicado el sistema, se explicó que éste consta de dos tanques conectados a un turril donde está colocado el biocarbón producido. El primer tanque contiene grava a la que llega el agua del río que está contaminada. Este primer tanque está conectado a un turril que contiene fibra, grava, arena, biochar y nuevamente grava. Toda esta disposición de materiales se encarga de purificar el agua y sacarla al siguiente tanque donde llega el agua filtrada. Estas aguas, deben ser analizadas para comprobar su calidad para ser destinadas al consumo animal y riego.

## **VI. PROCESO Y RESULTADOS**

### **SOLUCIÓN INNOVADORA 1: Resultados del Sistema de Retención y Extracción de Residuos Sólidos del Río Pallina**

La propuesta de implementar una biobarda para atrapar y extraer los residuos livianos de los ríos surgió desde las comunidades de Pucarani (Central Agraria Chiripujo) que son las más afectadas por los residuos, botellas y basura que llegan desde las ciudades de El Alto, Viacha y Laja, que contaminan sus aguas y áreas de siembra, al punto de volverlas inservibles. Pedían que se pongan trampas en diferentes puntos de los ríos Seque, Seco y Pallina para retener esta basura y que los diferentes Gobierno Autónomos municipales la recojan.

En la gestión 2022 se llevó adelante la identificación de los puntos donde se puedan instalar las trampas y contó con la participación de autoridades de las comunidades, El Ministerio de Medio Ambiente y Agua, y Autoridades y técnicos de los Municipios de El Alto y Pucarani.

Este proyecto de la instalación de trampas de residuos fue presentado el proyecto Guardianes de la Tierra de Cultural Survival: “Intervención Urbano – Rural en la Cuenca Katari. Espacio público ecológico cultural para la restauración

del Lago Titicaca”. Este proyecto fue planteado como una intervención con enfoque urbano-rural, explicitando la importancia del vínculo entre ciudad y campo. El proyecto fue aprobado para iniciarse en julio de 2022.

La primera propuesta fue colocar la biobarda en el río Seque en la ciudad de El Alto donde se proyectan otras intervenciones de IIADI como el corredor verde, “Espacio público, ecológico y cultural en el río Sek'e, de la ciudad de El Alto”, pero el criterio técnico del Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas (IIME-UMSA) fue que no era conveniente debido al bajo caudal del río. En febrero de 2022 junto con las coordinadoras del proyecto Guardianes de la Tierra de Cultural Survival y el IIME, se realizó la vista al Puente Pallina del Municipio de Laja con la participación de la alcaldesa de Laja, las autoridades de las comunidades de Laja y Pucarani. Este punto sería la propuesta del IIME para instalar la biobarda debido a su mayor caudal y contó con la aprobación y consentimiento de los actores presentes y se procedió a realizar las mediciones correspondientes para la construcción de la biobarda.

En mayo de 2023, en un evento de socialización del proyecto con la comunidad de Sullkataca Baja, donde se encuentra el puente Pallina, se obtuvo el consentimiento y





la aprobación de la mayoría de la comunidad incluyendo la Unidad educativa de esta área, sin embargo, se encontró la oposición de un comunario que tenía ubicado su terreno y vivienda en las proximidades del puente Pallina ya que consideró que no se sentía con la garantía del recojo de los residuos acumulados, que no sean botellas, por parte del Municipio y la situación podía ser perjudicial.

En junio de 2022, a petición de la dirigencia de la comunidad Machamarca Baja de Laja, se exploró la posibilidad de llevar el proyecto piloto a este sector. IIADI, en los meses previos realizó acciones para mitigar la escasez de agua, otorgando una bomba de agua sumergible y la extensión de la red de agua potable a las familias que se encuentran más próximas al río. Es así que la instalación de este proyecto piloto fue bien recibido.

El dirigente de ese entonces aceptó instalar la biobarda en su terreno. La implementación de la biobarda implicaba la construcción de un pilar en cada extremo del río, lo que implicaba el consentimiento del propietario del otro extremo que correspondía a otra comunidad. Tras conversaciones y socialización del proyecto con al menos dos propietarios finalmente se logró la aprobación.

Se trata de una primera experiencia de implementación de este dispositivo en Bolivia. Experiencias anteriores como en el municipio de Viacha se utilizaron rejillas que lo que hicieron fue represar el agua por la acumulación de residuos, colapsando la misma.

El monitoreo del funcionamiento de la biobarda instalada, luego de un mes de su implementación, indica que el dispositivo fue eficiente, cumplió el objetivo, se logró retener residuos livianos como las botellas PET. Sin embargo, en el mes de octubre hubo dos eventos de precipitación fuerte, una granizada en Viacha y una lluvia en El Alto que en 24 horas saturaron la biobarda.

Aunque la biobarda se diseñó para resistir dos toneladas de material, en estos días el volumen llegó a 38 metros cúbicos, no solo botellas plásticas, también plastoformo, madera, zapatos, animales muertos y todo tipo de residuos flotantes que generaron no solo una barrera sino también una alfombra de 25 cm de espesor.

En el tiempo de monitoreo del funcionamiento de la biobarda, se optó por la utilización de dos dispositivos manuales de recojo de botellas, que consiste en unas palas



con red de alta resistencia. Ante la cantidad de residuos retenidos por la biobarda, estos fueron insuficientes.

Con el apoyo de comisiones de jóvenes voluntarios voluntarios y la utilización de maquinaria pesada prestada por el Municipio de Laja se logró recoger en un día solo la tercera parte del volumen acumulado. Los residuos recolectados y embolsados (plásticos y botellas) fueron retirados con el apoyo del Gobierno Municipal de El Alto.

Por otra parte, las botellas rescatadas no pudieron reciclarse porque estaban cubiertas con lodo, se encontraban ajadas y necesitaban utilizar demasiada cantidad de la escasa agua para ser habilitadas.

La biobarda tuvo que ser abierta, mientras concluya el proceso de evaluación de su mes de funcionamiento y se realicen los ajustes y medidas correspondientes. Esta información permitió concluir la construcción de un mecanismo con malla de pesca, cables de acero y una grúa tipo bandera con sistema mecánico, con una capacidad de recojo de 200 kilos.

## **SOLUCIÓN INNOVADORA 2: Resultados de la aplicación de una Tecnología de Descontaminación del Agua por medio de Biocarbón en la Comunidad de Machacamarca Baja**

Originalmente el proceso de descontaminación del agua debía probarse mediante dos procedimientos: utilizando bioalgas y biocarbón. El sistema de microalgas

no fue implementado porque se requiere hacer estudios más profundos que toman un tiempo mayor previo a su aplicación.

La implementación del sistema de descontaminación del agua se hizo en la comunidad de Machacamarca Baja por su crítica situación de falta de agua (laguna secada, agua contaminada del río) y no fue una negociación difícil porque también con el apoyo de CAFOD, en la reposición de su bomba de agua y la instalación de 2.700 metros de politubos para garantizarles acceso al agua a las familias que se encuentran próximas al río, de modo que había disponibilidad para continuar un trabajo colaborativo.

El primer desafío fue bombear el agua del río, había mucha dificultad porque se contaba con una bomba eléctrica y el río tenía muy bajo caudal y mucho sedimento (residuo de tierra y arena). Hubo que optar por una bomba de gasolina y el sistema entró en funcionamiento.

El segundo desafío fue el filtro invertido, el agua entraba por arriba en lugar de entrar por abajo. Se tuvo que hacer ajustes y se logró el funcionamiento correcto.

Para evaluar la calidad del agua obtenida mediante el proceso de biocarbón, se recogieron muestras que se llevaron al laboratorio de Newcastle, donde se analizará la presencia de metales. No se puede analizar las bacterias porque no se pudo garantizar la cadena de frío para el transporte de las muestras al Reino Unido. Este análisis se coordinará con la Facultad de Bioquímica de la UMSA.



Otras Las muestras tomadas en el mes de julio ya han sido ya fueron analizadas. Se hizo llevó a cabo un análisis de secuenciación de DNA, de carácter genético mediante un equipo de laboratorio que desfragmenta, que rompe las células. Este análisis identifica Se busca determinar en qué el conjunto de micro organismos que se encuentran en el “ ecosistemas de la muestra” viven los microorganismos y y a partir de ellos se puede para determinar cuáles tienen propiedades útiles y cuáles tienen posibles riesgos, bacterias, hongos, etc para la salud. Se identificaron 24-25 micro organismos, de ellos los que son positivos para una bio remediación y los que son peligrosos. En base a esos elementos se analizarán las siguientes tecnologías de implementación, incluyendo las microalgas.

El agua que está está filtrando el sistema ya es útil, se puede utilizar para dar de beber al ganado vacuno. El dispositivo puede filtrar 2.000 litros diarios que alcanzan para hidratar 36 vacas por día. Esto indica que la comunidad podría abastecer sus necesidades de agua para el ganado construyendo 4 filtros de biocarbón.

Al pasar por los filtros (grava en el primer tanque y el sistema de biochart) el agua cambia su composición, teniendo como un resultado, a simple vista, de una importante disminución de la turbidez y del olor fétido del agua. Esta es una de las propiedades del biocarbón.

Finalmente, se han realizado ajustes para la construcción de un bebedero para facilitar el acceso del ganado a estas aguas filtradas.

Sin embargo, para tener 100% de certeza y alcanzar la categoría que exige la norma boliviana sobre la calidad el agua se necesitan hacer además otras todas las pruebas. Se quiere además, determinar cantidades y volúmenes exactos, temperatura y, posibilidades de aprovechamiento de la biomasa que se utiliza (el khento). Para ello, la Universidad de Newcastle , se trata de utilizará un termo-analizador gravitacional que permite analizar a qué velocidad y en qué tiempo cierto material pierde volumen y masa en función del calor al que se lo somete. Estos resultados están siendo evaluados en la Universidad de Newcastle y serán presentados a las autoridades municipales, departamentales y nacionales porque, como se previó inicialmente, contienen insumos factibles de réplica y escalamiento en diferentes puntos de la cuenca Katari e incluso en otras cuencas y territorios del país.





## VII. APRENDIZAJES PARA SEGUIR AVANZANDO



Algunas reflexiones sobre la implementación y sobre lo que podría hacerse para mejorar una futura implementación de estos proyectos:

- » Las intervenciones piloto sirvieron para mostrar de manera efectiva los dispositivos a la comunidad, pasar de una explicación abstracta a un artefacto en funcionamiento, emplazado, ver cómo funciona, ver los resultados, las adaptaciones que hay que hacer, sus dificultades reales y hacer el ejercicio de análisis y resolución de problemas.
- » [Se puede insertar las fotos que se tiene, apoyando algunas afirmaciones]
- » La biobarda fue instalada en 2 de septiembre de 2023 y monitoreada durante un mes, lapso de tiempo que permitió determinar que cumplió con las expectativas porque demostró su eficiencia para retener residuos flotantes.
- » Después de dos eventos extraordinarios, una fuerte lluvia caída en la ciudad de El Alto y una fuerte granizada sucedida en el municipio de Viacha, este dispositivo acumuló cerca de 38 metros cúbicos de residuos en un lapso de 24 horas.
- » Esto obligó a tomar medidas urgentes de recolección de estos residuos del río con los medios que se pudo conseguir. Para el recojo de estos residuos se construyó temporalmente dos brazos de mallas de 3mts de longitud. Pese a los esfuerzos no se pudo lograr un vaciado completo y se decidió el desmontaje de uno de los puntos de la biobarda para evitar mayor acumulación.
- » Esto Se demostró que se requiere de un sistema que sea capaz de extraer de la biobarda los residuos acumulados de la biobarda de manera ágil ya que tanto en época seca , que lo que acumula son botellas pet y residuos plásticos pequeños, y como en época de lluvias, cuando retiene todo tipo de residuos flotantes (maderas, plastoformas, zapatos, ramas, animales muertos, bolsas y todo tipo de botellas).
- » Una sola biobarda en un punto estratégico es insuficiente. Deben instalarse en diferentes puntos accesibles para el recojo de lo extraído, realizar su segregación y contar con contenedores para el depósito de los mismos. Los municipios deberían encargarse Siendo dresponsabilidad de los municipios el recojo de



residuos que no sean botellas pet aptas para el reciclaje.

- » Efectivamente la comunidad puede beneficiarse con ingresos por la venta de las botellas pet.
- » Es importante conocer en más detaller Quéías cantidades de botellas y con qué fla frecuencia con la que se puede recoger los residuos. es una información importante para tener anticipadamente.
- » La implementación de estos dispositivos requiere el compromiso tanto de los gobiernos municipales como de la comunidad.
- » El municipio de Laja no cuenta con un relleno sanitario; puede ayudar a recoger los residuos acumulados por la biobarda pero no cuenta con las condiciones para su depósito disposición final. Las comunidades en este municipio optan en su mayoría por quemar su basura al no tener un sistema de recojo de residuos.
- » Una comunidad organizada, con reuniones/asambleas frecuentes, con compromisos asumidos desde las bases, más allá del cambio de autoridades, que es anual, es fundamental para dar continuidad a este tipo de proyectos y tener resultados sostenibles en el tiempo.
- » Paralelamente, es preciso trabajar en la concientización con los municipios de El Alto, Laja y Viacha en la concientización sobre sobre los problemas estructurales relacionados con la cantidad de basura y escombros que se depositan en los ríos. Se deben establecer condiciones alternativas para el depósito de residuos de construcción alternativos. GarantizarPor otro lado las condiciones para que la población cuente con contenedores de basura, y un sistema eficiente diario de recojo diario de los residuos sólidos de los mismos y contenedores para el reciclaje de botellas.
- » Durante los talleres, la comunidad expresó su disponibilidad para la cosecha de agua, ya tiene consensuado el lugar donde se la pueda realizar, se trata de un pozo comunal. Solicitaron capacitación, indicaciones para comenzar con la cosecha de agua, aprovechando la temporada de lluvias.

Por otra parte:

- » Es muy relevante la continuidad de procesos y proyectos en un mismo territorio: crea confianza y verdaderas posibilidades de trabajo colaborativo, posibilidades para llevar a cabo un trabajo integral.
- » Se reafirma la idoneidad del modelo de intervención que

busca una respuesta integral.

- » La implementación requiere múltiples negociaciones con actores del territorio, lo que toma mucho tiempo y debe ser incorporado en la planificación.
- » Toda institución local, como IIADI, tiene un importante capital social que está constituido por sus redes institucionales y de apoyo. Esta es una dimensión que debe ser mantenida, recreada, fortalecida y también visibilizada. Toda intervención requiere de todo el esfuerzo y los recursos.
- » La libertad para operar cambios, la flexibilidad y capacidad de adaptación son recursos muy importantes para una intervención pertinente.

Algunas preguntas para continuar el análisis:

- » La biobarda demostró ser muy efectiva pero también su límite frente a lo intempestivo, ¿cuál es la lección en el contexto de un proyecto piloto?
- » ¿Qué hacer en condiciones complejas?: la comunidad no es muy activa, no es muy organizada, muchas personas mayores y no pueden involucrarse en todas las actividades, no colaboran, no es fácil reunirse con frecuencia y, las autoridades cambian... luego de un año, lo cual es un obstáculoinsuficiente para un trabajo sostenido.
- » ¿Cómo reacciona la comunidad frente a tecnologías que se instalan por primera vez? ¿Hay algún aprendizaje al respecto?
- » ¿Es necesario incidir más con la comunidad respecto de qué es un proyecto piloto, su alcance, su potencial?
- » Importancia y alcance de una experiencia piloto. ¿Qué nos enseña?, la pequeña escala es manejable y controlable. Hay mucho aprendizaje en función de volúmenes, de elementos intempestivos, de posibles complicaciones, la sostenibilidad a pesar de que los materiales son del lugar, de la capacitación o sensibilización que se hace....

## ANEXO: SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA BIOBARDA

Para complementar el sistema de extracción de plástico el IIME-UMSA propuso cuatro alternativas de solución:

### **Opción A: Planta de tratamiento móvil con cinta transportadora**

La cinta transportadora móvil permite recoger el plástico de la biobarda de manera eficiente y transportarlo al interior de la planta de tratamiento para su procesamiento posterior (separación, triturado, lavado, secado y peletización). Es ideal cuando se necesita una solución temporal o cuando se requiere una gran movilidad para abordar diferentes áreas o situaciones. El costo aproximado de una planta móvil funcional oscila los 50 mil dólares, variable de acuerdo al caudal másico que se quiere procesar (este costo tentativo se calculó con un flujo de residuos de 4.66 toneladas/día de lluvia, que fue el pico de volumen entre plásticos y orgánicos retenidos por la biobarda).

### **Opción B: Grúa de columna tipo bandera con malla**

La grúa de columna con una malla retráctil en el extremo es una opción eficaz para extraer plástico de la biobarda en áreas específicas y de difícil acceso. Con 2 metros de altura su articulación le permitirá moverse en diferentes direcciones para llegar a zonas de la biobarda que pueden estar más alejadas de la orilla, garantizando así la seguridad del operario. El costo aproximado de una grúa tipo bandera es de alrededor de 13 mil bolivianos, variable de acuerdo a la carga máxima (este costo tentativo se calculó con una

carga máxima de 200 kg por operación). Esta solución solo retira los sólidos del río, no los separa, limpia ni trata. Este sistema requiere un punto de vaciado, un vehículo para transportar los residuos o un punto de tratamiento de los residuos, caso contrario se producirá un foco de microorganismos que podrían generar complicaciones para la salud de los pobladores de la comunidad. La grúa de columna debe ser manipulada por dos operadores, de lo contrario se requiere instalar un sistema de poleas adicional cuyo costo no está estimado.

### **Opción C: Cinta transportadora fija con generador a diesel o gasolina**

La cinta transportadora fija puede estar diseñada para adaptarse a las dimensiones específicas de la biobarda, lo que facilita el proceso de recojo del plástico de manera

continua desde un punto fijo. Lleva los residuos hasta un contenedor que debe ser limpiado y vaciado constantemente, dado que por el volumen de residuos recolectados por la biobarda, no es conveniente fabricar un depósito de 38 metros cúbicos solo para acumular la basura. La alimentación externa, sea a través de un grupo electrógeno o de la corriente del camión de tratamiento, garantiza un suministro constante de energía para el

funcionamiento de la cinta transportadora. El costo aproximado de la cinta fija es de alrededor de 20 mil bolivianos, variable de acuerdo a la potencia máxima (este costo tentativo se calculó con una potencia máxima de 2hp). Esta solución solo retira los sólidos del río, no los separa, limpia ni trata.

### **Opción D: Uso de maquinaria pesada**

Otra opción es el uso de maquinaria pesada, en particular de una retroexcavadora capaz de manejar cuatro toneladas de plástico en una hora. Esta opción es muy eficiente porque tiene la capacidad de alcanzar altos volúmenes de extracción en poco tiempo. Puede ser la opción más costosa debido a los gastos asociados a la adquisición o flete, mantenimiento y combustible que requiere. Esta solución solo retira los sólidos del río, no los separa, limpia ni trata.



En síntesis, si se elige un artefacto pequeño o limitado en capacidad, es probable que la eficiencia sea baja debido a la gran cantidad de desechos acumulados; esto puede llevar a un colapso o sobrepasar rápidamente la capacidad de limpieza, lo que dificulta aún más el proceso. Si se opta por una solución de mayor tamaño y capacidad, se facilitará la limpieza de la biobarda; una maquinaria o planta de tratamiento más grande permitirá manejar grandes volúmenes de plástico de manera más eficiente y rápida, sin embargo, una solución más grande también requiere una mayor inversión financiera, tanto en la adquisición de equipos como en los costos operativos asociados, también requiere más tiempo para su fabricación.

Es muy importante evaluar cuidadosamente la cantidad de la biobardas instaladas para disminuir la centralización y la cantidad de plástico acumulado antes de seleccionar el método de extracción. Es fundamental contar con una solución que sea capaz de manejar la cantidad de basura presente y de adaptarse a posibles incrementos del volumen en el futuro.





## Los proyectos pilotos se llevaron a cabo a través del TRABAJO COLABORATIVO ENTRE DIVERSOS ACTORES:

### » Equipo de IIADI:

Carlos Revilla – Director ejecutivo

Katherine Illanes – Responsable de comunicación

Carmen Herrera - Asistente de proyectos, encargada de talleres de concientización con las comunidades

### » Sistema de retención y extracción de residuos sólidos del río:

Ing. Jaime Eduardo Sánchez Guzmán - Director del Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas de la Universidad Mayor de San Andrés (IIME-UMSA)

María Jesús Grajeda – Ingeniera del IIME, responsable de la construcción de la biobarda y de su instalación

### » Tecnología de descontaminación de agua por medio de algas y biocarbón:

Sharon Velásquez y Anjali Jayakumar - Ingenieras químicas de la Universidad de Newcastle, Reino Unido

William Conde Bautista – Técnico especialista en construcción de sistemas de agua

### » Aliados y colectivos juveniles

Fundación COMPA

Red Binacional de Jóvenes por el Lago Titicaca

Colectivo de jóvenes Fortaleza

### » Comunidades del municipio de Laja y Pucarani

Comunidad Sulkataca Baja

Comunidad Machacamarca Baja

Central Agraria Chiripujo

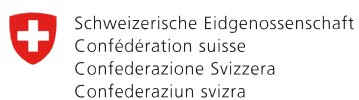
### » Gobierno Municipales

Gobierno Autónomo Municipal de El Alto

Gobierno Autónomo Municipal de Laja



Con el apoyo de:



Embajada de Suiza

Cooperación Suiza en Bolivia