

¿ **Cómo mejoramos la calidad de nuestras aguas ?**

¡Con la práctica de **BIORREMEDIACIÓN!**



## Guía de Biorremediación

¿Cómo mejoramos la calidad de  
nuestras aguas?

¡Con la práctica de  
**BIORREMEDIACIÓN!**

INSTITUTO DE MONTAÑA  
Psje. Ricardo Palma N° 100  
Pedregal Alto - Huaraz  
Telf. 043 423446  
southamerica@mountain.org  
www.mountain.pe

TEXTOS ORIGINALES  
Instituto de Montaña / Vidal Rondan Ramírez / Doris Chávez Osorio / Víctor Garro Padilla

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN  
Susana Ramírez Depaz

EDICIÓN Y REVISIÓN DE LA PUBLICACIÓN  
Vidal Rondan Ramírez / Doris Chávez Osorio / Víctor Garro Padilla

FACILITACIÓN DEL PROCESO DE VALIDACIÓN LOCAL  
Lic. Doris Chávez Osorio  
Bach. Víctor Garro Padilla

VALIDACIÓN DE CONTENIDOS  
Comité de Investigación Agropecuaria Local (CIAL) de la Comunidad Campesina Cordillera Blanca  
Instituto de Montaña

FOTOS  
Doris Chávez / Víctor Garro Padilla  
Instituto de Montaña

# Contenido

¿Cómo se inicia con la Biorremediación?	5
¿Qué es un sistema de Biorremediación ?	6
¿Qué debemos tener en cuenta para realizar la Biorremediación?	7
¿Qué es un sedimentador, como es su funcionamiento y mantenimiento?	10
¿Qué son las celdas de los humedales, como es su funcionamiento y mantenimiento?	11
<b>A tener en cuenta</b>	<b>14</b>
Glosario	15

# Presentación

La presente Guía de Biorremediación es una alternativa innovativa en respuesta a la preocupación de la población rural frente a la mineralización natural del agua proveniente de los Glaciares. El contenido de la Guía se basa en la experiencia desarrollada del Comité de Investigación Agropecuaria Local "Alli Pastu, Alli Yacu"(CIAL) de la Comunidad Campesina Cordillera Blanca con el apoyo técnico del Instituto de Montaña en la Sierra de Ancash, Perú.

Antes de la implementación de la Biorremediación se ha realizado una serie de pasos:

- 1) mapeo participativo de las fuentes de agua naturales.
- 2) análisis y medición del estado de calidad de agua.
- 3) monitoreo participativo de las fuentes de agua.
- 4) estudio de opciones de remediación de aguas mineralizadas.
- 5) diseño experimental del sistema de Biorremediación con enfoque de Investigación acción participativa.

Esta cartilla explica de cómo implementar el sistema de Biorremediación construido sobre un canal antiguo que abastece agua para riego de pastizales, agricultura, consumo animal y humano.

Este material forma parte de una colección de documentos hechos especialmente para nuestros socios de las comunidades campesinas como parte del Proyecto Punas agua, Implementado por el Instituto de Montaña y con el apoyo financiero de la Fundación Macknigth.

Agradecemos a todas las personas que han ayudado a hacer posible la experiencia y a hacer esta cartilla, en especial la colaboración de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), a través de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM).

*Vidal Rondán / Doris Chávez*  
**Instituto de Montaña**

# ¿Cómo se inicia con la Biorremediación?

**Investigando participativamente la calidad del agua:** En este proceso se realiza los siguientes pasos:

**1.- Mapeo Participativo:** Consiste en identificar todas las fuentes de agua principalmente las que aparentan estar contaminadas.

**2.- Determinar la calidad del agua:** Comprende evaluar y analizar física (color, sabor y olor) y Químicamente (pH, conductividad eléctrica oxígeno disuelto y metales) de las fuentes de agua.

**3.- Monitoreo participativo:** Es la evaluación periódica de las fuentes de agua identificadas para generar una base de datos para los potenciales usos de las fuentes de agua apta y de las otras ver un tipo de tratamiento.

**4.- Estudio de alternativas de remediación:** Se realiza un análisis conjunto de su factibilidad económica y social.

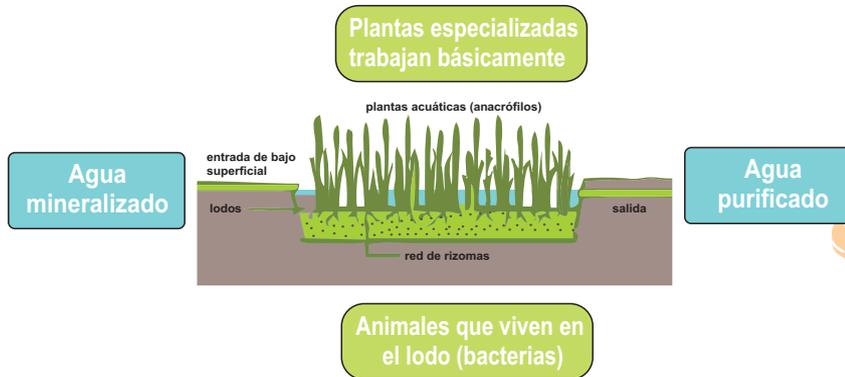
**5.- Ejecución de la Alternativa seleccionada:** En este paso se planifica las acciones para la implementación de la alternativa seleccionada (Biorremediación).



# ¿Qué es un sistema de Biorremediación?

Es un conjunto de componentes bióticos (plantas, bacterias, etc.) y abióticos (infraestructuras, accesorios, etc. ) que trabajan de manera conjunta e interrelacionada para mejorar la calidad del agua.

**La Biorremediación:** Es un proceso que consiste en emplear plantas fitorremediadoras (*totorillas, juncos, etc.*) y microorganismos (bacterias y hongos), los cuales mediante sus actividades metabólicas (proceso alimenticio) ayudan a limpiar el agua contaminada o mineralizada.



# ¿Qué debemos tener en cuenta para realizar la Biorremediación ?

Para realizar la Bioremediación debemos tener en cuenta lo siguiente:

## 1) Identificar la posible fuente contaminada:



Captación del canal Chonta

## 2) Conocer las características del agua:

Analizar la calidad del agua en un Laboratorio certificado: para determinar qué parámetros sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) así mismo priorizar los que puedan ser tratados de manera eficiente con el sistema de Bioremediación elegido.

Por ejemplo el agua del canal "CHONTA" que es captado del río Negro y presenta contaminación natural, fue analizado por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM y el laboratorio de Servicios Analíticos Generales, los resultados fueron: pH 3.2 y además contiene metales pesados, entre ellos tenemos arsénico, cadmio, cromo y plomo, que sobrepasan los ECAs.

## 3) Conocer el caudal del agua a tratar:

Se realiza de la siguiente manera:

- 3.1 **Correntómetro:** Es un instrumento que ayuda a medir los caudales grandes como los ríos, lagos y mares.



Correntómetro

❗ **3.2: Área transversal:** para caudales no muy grandes, se ubica una sección uniforme(recta) del canal, Se determina una distancia conocida entre 8 a 15 m aproximadamente, se elige un objeto que flote a medias, se suelta el objeto aguas arriba del tramo elegido y se controla el tiempo que toma en llegar al final del tramo, se debe realizar cinco veces como mínimo y sacar el promedio. Esto se realiza para medir la velocidad del cauce, se determina el área transversal en una parte rectangular con una Wicha o regla, midiendo el ancho del canal y la altura desde la base hasta el nivel del agua. El caudal se determina multiplicando la velocidad por el área.

❗ **3.3 Aforo Manual:** se realiza con un recipiente de volumen conocido, en el cual se recepta todo el caudal que fluye por el cauce y se registra el tiempo que toma para llenar el recipiente. El cálculo de caudal se realiza dividiendo el volumen del recipiente por el tiempo que tardó en llenarse. Se debe realizar por lo menos cinco lecturas para luego obtener un valor promedio. Se registra este valor, la fecha y hora de la medición. Esta metodología se aplica para caudales pequeños.



Como por ejemplo para determinar el caudal del CANAL CHONTA se determino con el área transversal resultando  $0.12 \text{ m}^3/\text{s} = 120\text{L/s}$  Este dato es muy importante para calcular las dimensiones tanto de los sedimentadores como de las celdas del humedal.

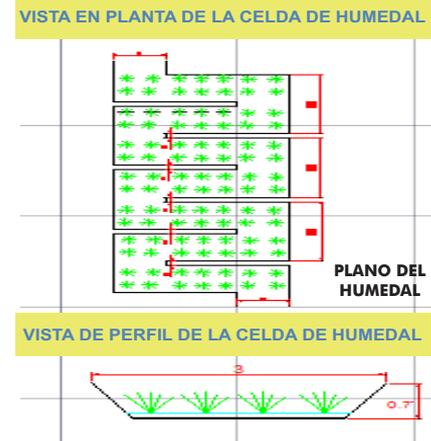
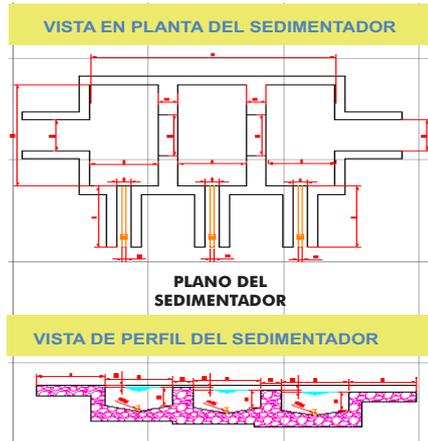
## Realizar un estudio de suelo

- 4.1) **Un reconocimiento del área:** Consiste en conocer el lugar donde se instalarán los sedimentadores, los humedales y el canal para proceder a realizar un muestreo de suelo.
- 4.2) **Análisis de laboratorio:** Se determina las características físicas (textura, estructura, humedad, etc.) y químicas (materia orgánica nitrógeno total, fósforo asimilable, etc.). Por ejemplo para el caso del Canal Chonta se obtuvo los siguientes resultados.

<b>PROFUNDIDAD DE MUESTRA</b>	30 cm
pH	59
TEXTURA	FRANCO
MAETRIA ORGÁNICA	1.2%
NITRÓGENO TOTAL	0.060%
FOSFOSO ASIMILABLE	25 Kg /Ha
POTASIO	100 Kg / Ha
HUMEDAD	50%
<b>PROFUNDIDAD DE MUESTRA</b>	30 cm
pH	54
TEXTURA	LIMOSO
MAETRIA ORGÁNICA	2.2%
NITRÓGENO TOTAL	0.110%
FOSFOSO ASIMILABLE	45 Kg /Ha
POTASIO	200 Kg / Ha
HUMEDAD	70%

- 4.3) **Análisis de Mecánica de suelos:** Este estudio se realiza para la construcción de estructuras (sedimentadores).
- 5.- **Diseñar el sistema de Biorremediación:** Es importante diseñar un plano de todo el sistema de biorremediación y para ello se debe hacer:
  - 1) **Levantamiento topográfico:** Es conocer la ubicación la altitud la diferencia de niveles y georeferenciarlos.
  - 2) **Dimensionamiento:** De sedimentadores y humedales.

## Realizar un plano e implementación



# ¿Cómo implementar el sistema de Biorremediación?

Para implementar el sistema de bioremediación se realiza lo siguiente:

- 1) *Refaccionar o rehabilitar el canal existente*
- 2) *Elaborar el sedimentador*
- 3) *Elaborar humedales*

# ¿Cómo se elaboran los sedimentadores?



## Los Sedimentadores o desarenadores:

Son unas estructuras que consiste en elaborar tres pozas de 5 x 10 x 1.6 está hecho con piedra y cemento, haciendo una mampostería simple impermeabilizar los sedimentadores debido al tipo de terreno, el cual es gravoso y el agua se pierde.



## Válvula de Purga

Estos accesorios, al estar ubicados a 20 cm. encima de la base de los sedimentadores, una vez abiertos, permitirán drenar sólo el agua de las estructuras hacia el Río Negro, de manera que no se seguirá contaminando el mencionado río, ya que los sedimentos quedarán retenidos para su posterior extracción manual.



## ¿Cómo funciona el **sedimentador**?

Funciona acumulando las partículas más pequeñas en el fondo de los estanques, que entran con el agua de la captación directa del río, para que luego de salir de los mismos contengan menos sedimentos y nuestras celdas no se llenen tan rápido y duren más.

## ¿Cómo hacemos el mantenimiento del **sedimentador**?

- a** Primero se debe cerrar la entrada de agua en la captación del río.
- b** Ahora se deben abrir las llaves de paso de los sedimentadores y la llave de paso de purga, la cual drena el agua al río y esperar que baje el nivel del agua hasta la altura de las llaves.
- c** Seguido se procede a remover los sedimento acumulados en las bases de los sedimentadores, esto de manera manual, y disponerlo en lugar adecuado.
- d** Realizar este procedimiento cada dos años de preferencia.

# ¿Cómo se elaboran las celdas del humedal?

- ✓ Son unas estructuras que tiene una forma de culebra del intestino (como se muestra en la foto) tiene un ancho de canal de 3 m. una profundidad de 0.7 m. El área total que ocupa cada celda es de 10 m. de ancho por 30 m. de largo.

1



2



- ✓ Cuando la celda está excavada se nivela la base, luego se agrega guano de oveja que alcance un espesor de 2 cm (entre 20 a 26 sacos de guano por celda), el cual servirá de nutrientes para la totorilla y crezcan más rápido.



- ✓ En seguida se agrega el lodo de pozos sépticos (por las bacterias que se encuentran en el lodo), en caso que no hubiera el lodo, se puede solicitar a un laboratorio que cultiven estas bacterias denominadas "sulfato-reductoras" y esparcirlas sobre el guano.

3





A continuación se seleccionan los esquejes de totorilla (*Juncus articus*) y se trasplantan en las celdas con un distanciamiento de esqueje a esqueje de 50 cm. utilizando el sistema de plantación de tres bolillos (intercalado).

4



5



Finalmente realizar el aseguramiento de las celdas con un cercado, para que los animales, no pisen los esquejes y se adapten más rápido, también para evitar que los animales consuman las totorillas que contienen altas concentraciones de metales.

# ¿Cómo funcionan las celdas del humedal?



## La totorilla



Limpia el agua por un proceso denominado *fitoextracción* o *fitoacumulación*, en el cual el contaminante (arsénico, cadmio, cromo, hierro) pasa a la planta a través de la raíz y se acumula en las hojas modificadas (el tubito de la totorilla), de esta manera disminuye la concentración de metales en el agua.

En este caso las bacterias realizan una actividad alimenticia (*metabólica*) y son capaces de usar los contaminantes como fuente de alimento y energía o producen compuestos (complejos) para atrapar metales y de esta manera elevar el pH haciendo menos ácida el agua.



## Las Bacterias



# ¿Cómo es el mantenimiento de las celdas del humedal?

- a** Se procede a remover las totorillas de cada una de las celdas, la remoción debe ser desde la raíz, cambiar completamente las totorillas y remover también los lodos acumulados en las celdas, y llevarlos a un lugar adecuado.
- b** Una vez limpias las celdas, se incorpora nuevamente el abono (guano de ovino), las bacterias sulfato-reductoras, las cuales se encuentran en el lodo de agua residual, y se trasplanta nuevamente las totorillas por esquejes.
- c** De preferencia realizar este procedimiento entre 4 a 5 años, o cuando se observe que las celdas se llenaron con los sedimentos (*lamas*).

## Recomendación



1

Antes que entre en funcionamiento el sistema de Biorremediación y después de cada mantenimiento, se debe limpiar el canal Chonta, ya que también aquí se acumulan los sedimentos, y siguen contaminando el agua.

2

Realizar el plantado de especies identificadas por los comuneros y comuneras, que consideran por su experiencia, son buenas para mejorar la calidad del agua, como: cortadera, chinchango, cuncush, y otros.



## A tener en cuenta



Al implementar un sistema de Biorremediación nos aseguraremos de tener todos los materiales a la mano. Así nos facilitará el trabajo y garantizará el buen funcionamiento del sistema de Biorremediación.

Además se debe hacer el mantenimiento de los sedimentadores y las celdas de humedales para su mejor funcionamiento.

## GLOSARIO:

Pondremos el ejemplo del cuerpo humano, el cual está formado por órganos, los cuales realizan funciones específicas como por ejemplo: el corazón bombea sangre, el pulmón sirve para respirar, etc. Pero todos ellos trabajan en conjunto y de manera muy estrecha y relacionada, ya que son interdependientes, esto más el consumo de alimentos y eliminación de desechos aseguran que la persona esté bien de salud, entonces podemos decir que nuestro cuerpo es un sistema, ya que está formado por diferentes órganos o componentes que están interrelacionados, hay ingreso y salida de materia y energía, y cumplen una función.

### ● **Sistema:**

### ● **Bacteria:**

Son microorganismos poco desarrollados que no se ven a simple vista, hay de diversos tipos y formas, que se reproducen solos y realizan diversas funciones como, descomponer alimentos, descontaminar el agua, etc.

### ● **Humedal:**

Es un área saturada permanentemente de agua que contiene plantas acuáticas, puede ser natural o artificial.



### **Parámetro:**

Algo susceptible de ser medido.



### **Área Transversal:**

Es el área perpendicular de un canal o cauce.



### **Monitoreo:**

Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.



El Proyecto Punas y Agua es implementado por el Instituto de Montaña en cooperación con el Comité de Investigación Agropecuaria Local (CIAL) de la Comunidad Campesina Cordillera Blanca y con el apoyo financiero de la Fundación McKnight. Para esta investigación en Bioremediación y la eficiencia de los humedales se contó con la colaboración de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM).



THE MCKNIGHT FOUNDATION