

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
Instituto de Ecología
Institut de Recherche pour Développement



GUÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO
DE LAS AGUAS EN RÍOS CIRCUNDANTES
AL LAGO TITICACA




**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


Institut de Recherche
pour le Développement
FRANCE

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES (UMSA)
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES (FCPN)
CARRERA DE BIOLOGIA - INSTITUTO DE ECOLOGIA UNIDAD DE
ECOSISTEMAS ACUATICOS

INSTITUT DE RECHERCHE POUR DÉVELOPPEMENT (IRD)

**“GUÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS AGUAS EN RÍOS
CIRCUNDANTES AL LAGO TITICACA”**

PROYECTO FLOW-ECOLOGY RELATIONSHIPS RESEARCH AND
INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS (FERRIA)
(2019-2023)



La Paz - Bolivia
2023

Título:

Guía de evaluación del estado de las aguas en ríos circundantes al lago Titicaca

Autores:

Angela Montecinos Aspiazu

Carlos Molina Arzabe

Emily Galarza

Lirio Calani

Carla Ibañez

Marc Pouilly

Agradecimientos:

Dario Achá

Daniel Espinoza

Diseño e impresión:

Derechos reservados UMSA 2023

Deposito legal:

Sugerencia de cita:

Montecinos A., Molina C.I., Galarza E., Calani L., Ibañez C. & Pouilly M. 2023. "Guía de evaluación del estado de las aguas en ríos circundantes al lago Titicaca". Unidad de ecosistemas acuáticos. Instituto de Ecología. UMSA. Proyecto Flow-ecology relationships research and interdisciplinary applications (2019-2023). Imp. ConcepTrazzos La Paz, Bolivia. 42 pag.

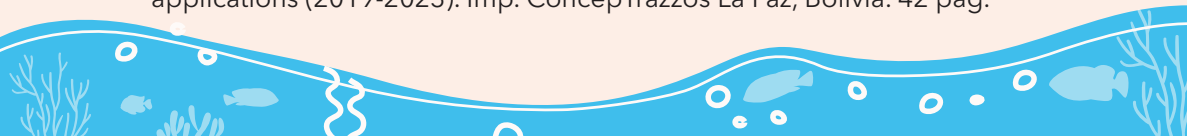


Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| Calidad del agua, su definición | 5 |
| Parámetros básicos de evaluación sobre la calidad del agua | 6 |
| Bioindicación..... | 10 |
| Macroinvertebrados | 10 |
| Monitoreo de agua..... | 11 |
| ¿Qué se requiere para realizar un monitoreo con Macroinvertebrados? | 12 |
| Índice de bioindicación BMWP Bolivia | 13 |
| ¿Cómo funciona el índice? | 13 |
| Monitoreo con macroinvertebrados pasos | 15 |
| Guía fotográfica de Macroinvertebrados bioindicadores de calidad las cuencas Achacachi, Sehuenca y Katari | 16 |
| Calidad de las aguas para la cuenca de Achacachi, Katari y Sehuenca | 39 |
| Glosario de términos..... | 40 |



Calidad del agua, su definición

De acuerdo a la Organización Mundial para la Salud (OMS), la calidad del agua se define como las características químicas, físicas y biológicas de un cuerpo de agua en su estado natural o después de pasar por algún tipo de alteración.

Su evaluación consiste en comparar las aguas en su estado natural y después de la intervención que normalmente es por acciones humanas.

Cuando se trabaja en la evaluación de la calidad de agua de un sistema acuático, se debe tomar en cuenta los 3 componentes mencionados (químico, físico y biológico), ya que los 3 demuestran la integridad del estado acuático; sin embargo la utilización de los componentes biológicos ayuda a dar una respuesta fiable y de fácil acceso al estado en el que se encuentra el cuerpo de agua, ya que los organismos vivos se adaptan a las condiciones específicas del medio.



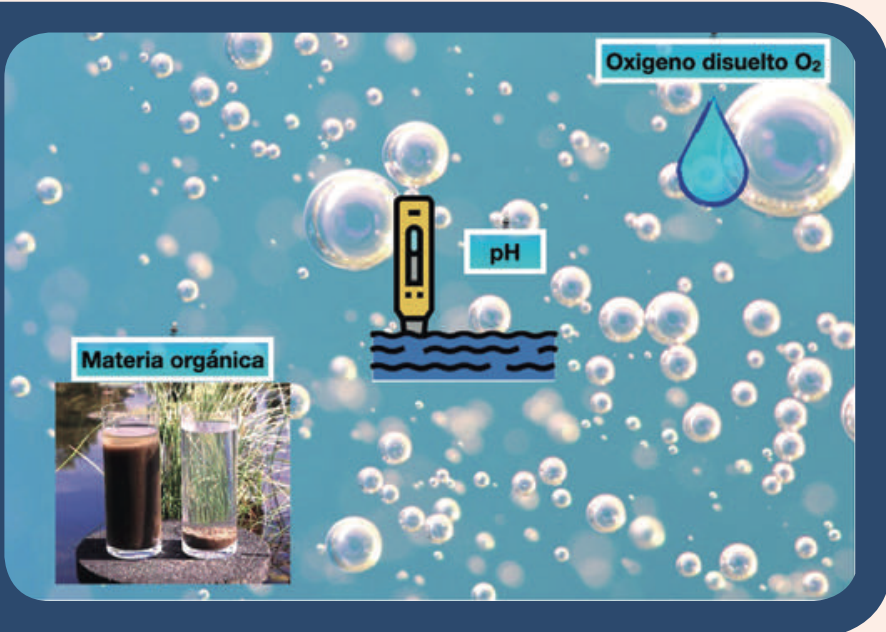
Parámetros básicos de evaluación sobre la calidad del agua

Cuando se trabaja en la evaluación de la calidad de agua de un sistema acuático, se debe tomar en cuenta los 3 componentes juntos: químico, físico y biológico, ya que demuestran la integridad del estado acuático.

Parámetros químicos

Las parámetros que se miden tienen que estar sujetos a evaluaciones de las actividades circundantes, no obstante se consideran las 3 más importantes las siguientes, por su impacto en las comunidades biológicas que habitan en el agua, éstas son:

- Oxígeno disuelto
- pH
- Cantidad de materia orgánica



Condiciones físicas

Las personas podemos percibir algunas características físicas en el agua, que indican un posible problema; es decir, estas aguas estarían alteradas si por ejemplo presentan:

Mal sabor



Cuando las aguas presentan un sabor diferente a lo normal, por ejemplo:

- Sabor salado
- Sabor agrio
- Sabor rancio

Mal olor



Cuando las aguas presentan un olor desagradable, por ejemplo:

- Olor a podrido
- Olor a heces fecales
- Olor a huevo podrido

Color diferente a lo normal



Cuando las aguas presentan un color diferente al transparente, por ejemplo:

- Color verde
- Color negro
- O con presencia de burbujas y/o espuma

Son características indicativas de que esta agua presentan un problema de contaminación, ya sea orgánica o inorgánica (vea definición en el siguiente párrafo), por lo cual no deben ser utilizadas ni para beber por humanos ni animales, tampoco se recomienda utilizar para riego ya que puede poner en riesgo la salud

Contaminación inorgánica

Se refiere a la presencia de sustancias químicas en el agua, las cuales pueden llegar a ser peligrosas para el consumo humano o para animales, por ejemplo: Arsenico, Mercurio, Sodio, entre otros

Contaminación orgánica

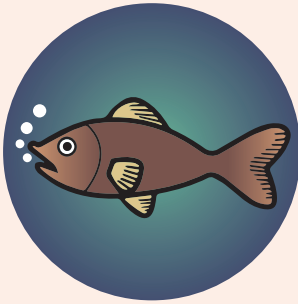
Se da cuando los compuestos orgánicos por ejemplo los derivados del petroleo, superan ciertos límites llegando a desequilibrar el medio y causando contaminación, por ejemplo demasiados coliformes fecales. También existe otro grupo de contaminantes orgánicos que causan mucho daño a las aguas, entre estos se encuentran los pesticidas, agroquímicos, DDT, entre otros.

Parámetros biológicos

Se evalúa a los organismos vivos que se encuentran en el medio acuático, a estos organismos se los denomina bioindicadores.

¿Quiénes pueden ser bioindicadores?

Todo organismo que vive en los cuerpos de agua puede ser bioindicador (Peces, macroinvertebrados, algas). Estos organismos responden a cambios en el medio acuático, si están adaptados a aguas limpias los grupos sensibles desaparecerán cuando las aguas se contaminen, y los organismos tolerantes aparecerán en mayor cantidad reemplazando a los sensibles.

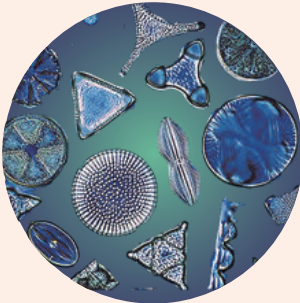


Peces

Macroinvertebrados



Algas



Bioindicación

Es el uso de organismos sensibles (que no pueden vivir en lugares alterados o contaminados) y tolerantes (que si pueden vivir en lugares alterados o contaminados) a determinados contaminantes y condiciones del agua; es decir que un organismo que vive en medio acuático nos da la referencia del tipo de calidad de las aguas, porque este organismo está adaptado a este ambiente y a las condiciones específicas del sitio, como por ejemplo: a la salinidad, a la temperatura, a la materia orgánica o a factores químicos entre los que pueden estar los contaminantes

El uso de organismos como los macroinvertebrados es muy común en la bioindicación, ya que su análisis no requiere demasiada inversión económica, ni equipos sofisticados y además refleja la condiciones del medio acuático.

Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos se consideran buenos indicadores de la calidad de las aguas por ser fáciles de observar y por su gran capacidad de respuesta al cambio en las condiciones del agua

Son organismos que viven o pasan una parte de su ciclo de vida dentro del agua, algunos de ellos cambian de forma para convertirse en voladores terrestres pero otros viven toda su vida sumergidos en las aguas.

Son de formas, tamaños y colores variados. Una de las características más importantes es que se los puede reconocer a simple vista.












Monitoreo de agua

El monitoreo en las aguas en cursos de ríos, lagos o cualquier fuente de agua natural, se realiza para saber la calidad o las condiciones en las que se encuentran sus aguas. El control nos indica si las aguas son aptas para poderlas utilizar en diferentes actividades cotidianas, o de forma contraria si presentan algún tipo de problema saber cómo dar la solución.

Para realizar el monitoreo se requiere evaluar los 3 tipos de parámetros (químicos, físicos y biológicos); sin embargo, la evaluación de los componentes biológicos ayuda a dar una respuesta rápida y de fácil acceso al estado en el que se encuentra el cuerpo de agua, ya que los organismos vivos se adaptan a las condiciones específicas del medio.

Qué se requiere para realizar un monitoreo con macroinvertebrados?

Las herramientas que se necesitan para realizar el monitoreo con macroinvertebrados, se las puede adaptar a materiales básicos, económicos y fáciles de conseguir

| Material | Para que se necesita | Fotografía |
|---|--|---|
| Cuaderno, lápiz, goma y tajador | Para llevar el registro de lo que observemos |  |
| Red colectora, puede ser una coladera domestica con doble red lo más tupida posible | Para sacar a los organismos del agua |  |
| Bañador o fuente blanca | Para depositar los organismos y poderlos observar |  |
| Pinza | Para manipular a los organismos |  |
| Lupa | Para observar los detalles de los organismos |  |
| Frasco de plástico o vidrio con tapa | Para guardar los organismos que encontramos |  |
| Alcohol al 70% | Para conservar los organismos y que no se desintegren |  |
| Etiqueta de papel cebolla | Para señalar el lugar de donde pertenecen los organismos |  |

Índice de bioindicación BMWP Bolivia

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA 2012), propuso el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) para analizar la calidad de las aguas con macroinvertebrados. Este índice fue adaptado al territorio boliviano tomando en cuenta el tipo de organismos que presentan nuestros ríos.

El monitoreo se debe aplicar como mínimo una vez cada temporada del año y se aconseja aplicarlo más veces en época seca, ya que cuando llueve, la fuerte corriente de los ríos puede arrastrar a varios organismos del sitio donde viven.

Cómo funciona el índice?

El índice BMWP-Bolivia califica a cada organismo macroinvertebrado, de acuerdo a su sensibilidad con un máximo de 10 puntos, y de forma contraria los que son tolerantes tienen una puntuación baja con un mínimo de 1 punto

| Tolerantes | | | | | Sensibles | | | | |
|------------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Escala de puntuación por colores, que se asigna a cada organismo macroinvertebrado

| Grupo | Orden | Familia | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 |
|-------------|--------------------|-----------------|---------|---------|---------|
| No Insecta | Acari | Limnesidae | | | |
| | Bivalvia | Sphaeriidae | | 4 | |
| | Collembola | Isotomidae | | | |
| | | Sminthuridae | | | |
| | Crustacea | Hyalellidae | | | |
| | Glossiphoniiformes | Glossiphoniidae | 3 | | |
| | Gordioidea | Gordiidae | | | |
| | Hydroida | Hydriidae | | | 10 |
| | Nematoda | Dorylaimidae | 4 | | |
| | | Mononchidae | | 4 | |
| Oligochaeta | Naididae | 1 | 1 | | |
| Tricladida | Planariidae | 4 | | 4 | |
| Insecta | Coleoptera | Dytiscidae | | | |
| | | Elmidae | | | |
| | | Hydrophilidae | | 5 | |
| | | Staphylinidae | | | |
| | Diptera | Ceratopogonidae | | 4 | |
| | | Chironominae | | | 2 |
| | | Dolichopodidae | 4 | | |
| | | Ephydriidae | | | |
| | | Limoniidae | | | |
| | | Muscidae | | | |
| | | Orthocladiinae | | 2 | |
| | | Podonominae | 2 | | |
| | | Simuliidae | | | 8 |
| | | Stratiomyidae | | | |
| | | Tanypodinae | | | |
| | Ephemeroptera | Baetidae | | | 5 |
| | Gastropoda | Hydrobiidae | | | |
| | | Planorbidae | | 4 | 4 |
| | Hemiptera | Corixidae | 6 | | |
| | | Notonectidae | | | 6 |
| | Odonata | Aeshnidae | | | 6 |
| | | Coenagrionidae | | 6 | |
| | Ostracoda | Cypridae | 4 | | |
| Plecoptera | Gripopterygidae | | 10 | 10 | |
| Trichoptera | Hydroptilidae | | | 7 | |
| SUMATORIA | | | 28 | 40 | 62 |

| Clase | Calidad | BMWP/Bol | Significado | Color |
|-------|-------------|-----------------|--|----------|
| I | Buena | >120 101-120 | Aguas muy limpias. No contaminadas | AZUL |
| II | Aceptable | 61-100 | Se evidencia algún efecto de contaminación | VERDE |
| III | Dudosa | 36-60 | Aguas contaminadas | AMARILLO |
| IV | Critica | 16-35 | Aguas muy contaminadas | NARANJA |
| V | Muy Critica | < 15 | Aguas fuertemente contaminadas | ROJO |

Monitoreo con macroinvertebrados pasos

Resumen de los pasos que se deben seguir

El índice se aplica siguiendo los siguientes pasos:

1

Colectar a los macroinvertebrados

2

Identificar dando nombres a los macroinvertebrados

3


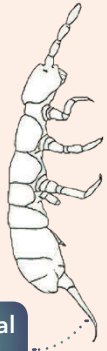
Asignar la puntuación a cada macroinvertebrado

4


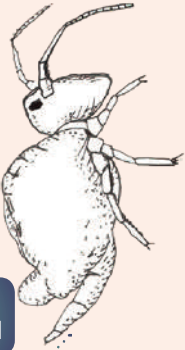
Realizar un informe con los resultados totales

1. Se debe colectar a los macroinvertebrados en diferentes puntos del sector del río que se desea analizar. Esto se realiza con ayuda de la coladera. El sitio que se elija debe ser representativo del río, es decir que contenga varios tipos de sedimento y sustrato que están presentes a lo largo del sitio.
2. Se deposita los macroinvertebrados en una bandeja blanca para proceder a su identificación, este proceso consta de darles su nombre a cada uno de ellos con ayuda de la guía fotográfica adjunta
3. Se debe anotar todos los nombres de los organismos encontrados e identificador
4. El siguiente paso es asignar el puntaje correspondiente a cada uno
5. Finalmente se debe sumar los puntajes de todos los macroinvertebrados encontrados en cada punto, como se muestra en la siguiente tabla. El total corresponde a la calidad de agua que tiene el sitio y nos mostrara si las aguas están limpias o presentan algún grado de contaminación

Guía fotográfica de macroinvertebrados bioindicadores de calidad de aguas de las cuencas Achacachi, Sehuenca y Katari


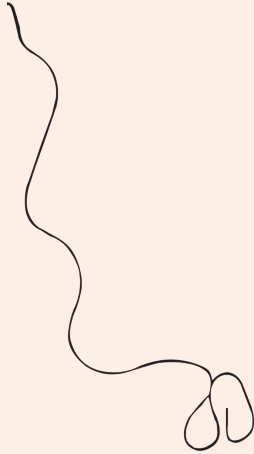
| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Collembola Familia: Isotomidae | | Nombre Común: Jach'a Wich'inka | Puntaje: 0 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado • Segmentos abdominales con tres pares de patas • Antenas largas • Espina anal larga <p>Alimentación: comen algas y plancton unicelular</p> <p>Hábitat: viven en aguas con presencia hojarasca o en pantanos</p> | |
|  |  | | |


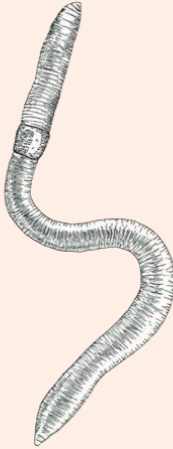
Espina anal larga



| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Collembola Familia: Sminthuridae | | Nombre Común: | Puntaje: 0 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo globoso • Tres pares de patas • Antenas largas • Espina anal corta • Color café claro a amarillo <p>Alimentación: comen algas y plancton unicelular</p> <p>Hábitat: viven en la superficie del agua dulce en acequias, pantanos y estanques</p> | |
|  |  | | |



Espina anal corta


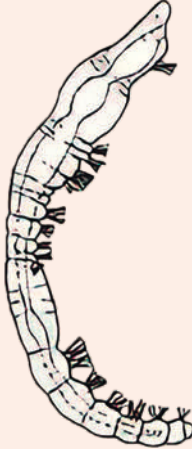




| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Nematomorpha | | Nombre Común: Ilu Laq'u | Puntaje: 0 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado • Puede enredarse como una carreta de hilo • Color: Blanco y amarillo pálido <p>Alimentación: son filtradores de detritos</p> <p>Hábitat: viven en aguas rápidas y cristalinas, también pueden estar debajo de las piedras de arroyos o ríos</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|--|--|--|----------------------|
| Orden: Oligochaeta | | Nombre Común: Suga Laq'u | Puntaje: 0 |
| Familia: Lumbriculidae | | | |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo robusto • Presenta segmentos diferenciados • Color: Blanco con jaspes rojos <p>Alimentación: son filtradores de detritos</p> <p>Hábitat: viven en aguas lentas estancadas, donde hay sedimentos finos</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Acari Familia: Oribatidae | | Nombre Común: Kusi Kusi Uma | Puntaje: 0 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo globoso • Presenta 4 pares de patas • Color: Café <p>Alimentación:</p> <p>Hábitat: viven en aguas con sedimentos</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Acari Familia: Oxidae | | Nombre Común: Laq'u Uma | Puntaje: 0 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo globoso • Cuerpo dirigido lateralmente • Color: Amarillo claro <p>Alimentación:</p> <p>Hábitat: viven en aguas con sedimentos</p> | |
|  |  | | |


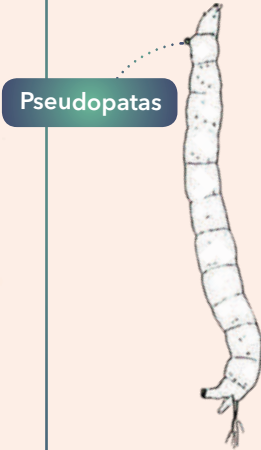
| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Oligochaeta Familia: Naididae | | Nombre Común: Jach'a P'iqi Laq'u Uma | Puntaje: 1 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma alargada • Totalidad del cuerpo segmentado • Setas variables en forma y tamaño • Color: café a rojos <p>Alimentación: algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales</p> <p>Hábitat: ríos de aguas lentas, viven sobre el fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus</p> | |
|  |  | | |



| | | | |
|--|--|---|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Chironomidae Chironominae | | Nombre Común: Chhichhillankha | Puntaje: 2 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma alargada y cilíndrica • Pseudopatas en el primer segmento corporal • Setas anales • Color: Rojo a café <p>Alimentación: herbívoros y carnívoros</p> <p>Hábitat: en ríos con aguas corrientes y lentas, viven en fango arena y con abundante materia orgánica en descomposición</p> | |
|  |  | | |



| | | | |
|---|----------------|---|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Chironomidae Orthoclaadiinae | | Nombre Común: Chhichillankha | Puntaje: 2 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Su cuerpo es alargado • Cabeza corta, con dos ocelos distribuidos en un plano horizontal • Debajo la cabeza tiene dos pseudopatas • Color: Café y amarillo <p>Alimentación: herbívoros</p> <p>Hábitat: vive prácticamente en cualquier ambiente húmedo</p> | |


| | | | |
|-------------------|----------------|---|--|
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Corynoneura es un género fácilmente reconocible • Posee antenas largas • Cuerpo pequeño • Color: Café y amarillo <p>Alimentación: herbívoros</p> <p>Hábitat: Vive prácticamente en cualquier ambiente húmedo</p> | |
|-------------------|----------------|---|--|





| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Chironomidae Podonominae | | Nombre Común: Chhichhillankha | Puntaje: 2 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado • Cabeza pequeña y muy oscura • Pseudopatas debajo de la cabeza • Cuerpo con vellosidades pequeñas • Color: café <p>Alimentación: herbívoros</p> <p>Hábitat: aguas frías</p> | |
|  |  | | |


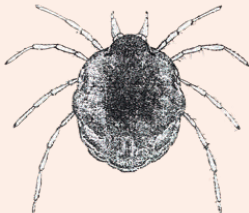
| | | | |
|---|--|--|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Chironomidae Tanypodinae | | Nombre Común: Chhichhillankha | Puntaje: 2 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado • Cabeza alargada de color café claro • Pseudopatas debajo de la cabeza • Color: rojizo hasta verde amarillento <p>Alimentación: carnívoros</p> <p>Hábitat: aguas cálidas y prefieren las aguas lentas, aunque también pueden estar en ríos y arroyos</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|--|---|---|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Ephydriidae | | Nombre Común: Kimsaqallqu Cayunaka | Puntaje: 2 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía  | Esquema  | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado • Con pseudopatas en todos los segmentos abdominales con varias uñas en ellos • Último segmento con dos tubos respiratorios • Color: café claro <p>Alimentación: herbívoros o carnívoros</p> <p>Hábitat: viven en aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas</p> | |

| | | | |
|---|--|---|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Muscidae | | Nombre Común: Laq'usurtija | Puntaje: 3 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía  | Esquema  | <ul style="list-style-type: none"> • Forma del cuerpo subcilíndrico • Parte anterior de la cabeza punteaguda • Octavo segmento con un par de propatas • Color: blanco amarillento <p>Alimentación: la mayoría son saprófagos y parásitos</p> <p>Hábitat: viven en lugares donde exista materia orgánica en descomposición</p> | |


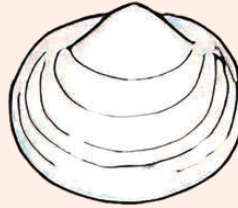




| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Glossiphoniiformes Familia: Glossiphoniidae | | Nombre Común: Ch'amsurlaq'u | Puntaje: 3 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma redondeada, aplanada • Concha dura, conformada por un par que encierra el cuerpo • Color: blanco a café <p>Alimentación: algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales</p> <p>Hábitat: viven sobre el fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus</p> | |
|  |  | | |

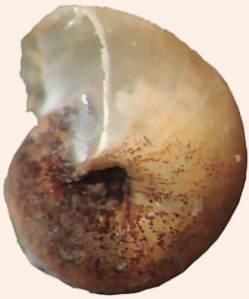
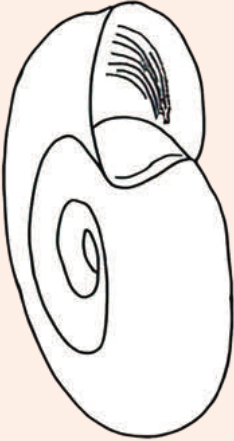
| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Acari (Hydracarina) Familia: Limnesiidae | | Nombre Común: K'usiuma | Puntaje: 4 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma circular a ovoide • Cuatro pares de patas • Color: amarillo, rojo, verde, azul y café • Presentan el cefalotórax y el abdomen fusionados <p>Alimentación: carnívoros, saprofitos y parásitos</p> <p>Hábitat: se encuentran en arroyos, lagos, pantanos y zonas de salpique de cascadas</p> | |
| <p>Cefalotórax y abdomen juntos</p>  |  | | |


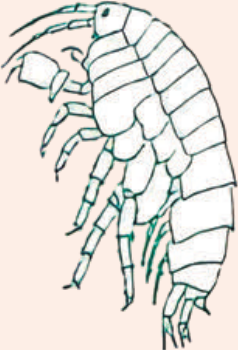
| | | | |
|--|----------------|---|----------------------|
| Orden: Nematoda Familia: Dorylaimidae | | Nombre Común: Umasilq'u | Puntaje: 2 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma alargada de gusano • Sin patas • Color: café y blancos • Tamaño muy pequeños casi microscópicos <p>Alimentación: detritívoros y parásitos</p> <p>Hábitat: viven en fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición</p> | |


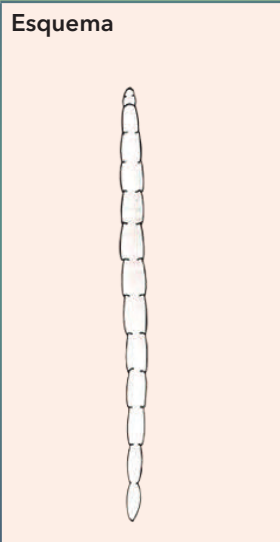
| | | | |
|---|----------------|--|----------------------|
| Orden: Ostracoda Familia: Cyprididae | | Nombre Común: Umamaymuru | Puntaje: 4 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma globulada • Concha delgada, conformada por un par que encierra el cuerpo • Color: café a blanco <p>Alimentación: algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales.</p> <p>Hábitat: viven sobre el fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus y en aguas lentas</p> | |


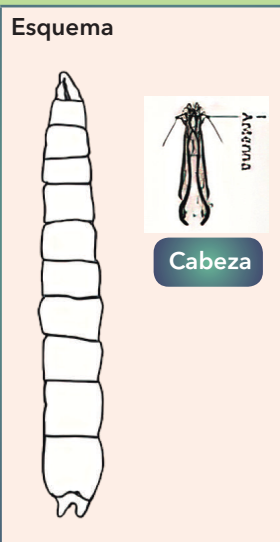
| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Bivalvia Familia: Sphaeridae | | Nombre Común: Umasirk'i | Puntaje: 4 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma redondeada, aplanada • Concha dura, conformada por un par que encierra el cuerpo • Color: blanco a crema <p>Alimentación: algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales</p> <p>Hábitat: viven sobre el fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Gastropoda Familia: Physidae | | Nombre Común: Q'illu Caracola Uma | Puntaje: 4 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma redondeada en espiral • Concha dura, conformada por una sola que gira • Color: blanco amarillento <p>Alimentación: algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales</p> <p>Hábitat: viven sobre el fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Gastropoda Familia: Planorbidae | | Nombre Común: Tuba Laq'ú Uma | Puntaje: 4 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma redondeada plana en espiral • Concha dura, conformada por una sola que gira • Color: Amarillo, café <p>Alimentación: algas filamentosas, diatomeas</p> <p>Hábitat: viven sobre el fondo fangoso y con abundante cantidad de macrófitas</p> | |
|  |  | | |


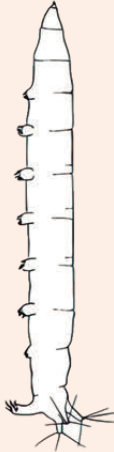
| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Crustacea Familia: Hyalellidae | | Nombre Común: Khari Khari | Puntaje: 4 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma alargada • Siete pares de pereiópodos, los dos primeros quelados (gnatópodos) • Machos el segundo gnatópodo bien desarrollado • Color: anaranjado y blanco <p>Alimentación: detritívoros</p> <p>Hábitat: se encuentran en estanques, lagos y pantanos</p> | |
|  |  | | |



| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Ceratopogonidae | | Nombre Común: Umayawriyawri | Puntaje: 4 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma del cuerpo delgado y largo • Cabeza tan ancha como larga • Setas anales muy cortas aparentemente ausentes. • Color: amarillo pardo a blanquecino <p>Alimentación: herbívoros y otros carnívoros</p> <p>Hábitat: ríos de aguas lentas con material orgánico en descomposición</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|--|--|--|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Dolichopodidae | | Nombre Común: Agoja Piq'í | Puntaje: 4 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado • Vestigios de cabeza dentro del cuerpo • Un par de propatas abdominales • Cuatro lóbulos terminales • Color: café <p>Alimentación: predadores</p> <p>Hábitat: aguas frías, cercanas a la arena y madera</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|---|----------------|--|----------------------|
| Orden: Coleoptera Familia: Hydrophilidae | | Nombre Común: Lliphir qala Laqhu | Puntaje: 4 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado • Tres pares de patas no tan largas • Último segmento abdominal con una cámara respiratoria circular <p>Alimentación: herbívoros</p> <p>Hábitat: viven entre la vegetación de aguas tranquilas o estancadas</p> | |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Antenas en forma de mazo en la punta • Cuerpo liso y brillante • Tres pares de patas • Color: verdusco a café oscuro <p>Alimentación: materia vegetal o materia orgánica en descomposición</p> <p>Hábitat: se encuentran en estanques, lagos y pantanos</p> | |




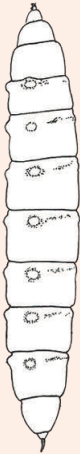
| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Empididae | | Nombre Común: Ñik'uta Wich'inka Laqhu | Puntaje: 4 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado • Vestigios de cabeza dentro del cuerpo • Ocho pares de propatas abdominales • Lóbulos terminales con setas • Color: café <p>Alimentación: predadores</p> <p>Hábitat: aguas frías, donde hay presencia de hojas o madera en descomposición</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|--|---|---|----------------------|
| Orden: Tricladida Familia: Planariidae | | Nombre Común: T'alphalaq'u | Puntaje: 4 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma alargada muy plana • Cuerpo con solo una abertura que es la boca y el ano • Color: grises, pardos, amarillentos, blancos o negros, con manchas de variados colores <p>Alimentación: carnívoros</p> <p>Hábitat: viven en aguas poco profundas y bien oxigenadas, viven debajo de piedras, troncos, ramas, hojas y substratos similares</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|---|----------------|--|----------------------|
| Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae | | Nombre Común: Kimsa Wich'inka- naka Laqhu | Puntaje: 5 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Agallas en los segmentos abdominales del 1 al 7 • Tres cercos caudales • Antenas cortas • Color: amarillo pardusco hasta café oscuro o negro <p>Alimentación: ninfas herbívoras, se alimentan de algas y tejidos de plantas acuáticas</p> <p>Hábitat: ríos de aguas rápidas, viven debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida</p> | |




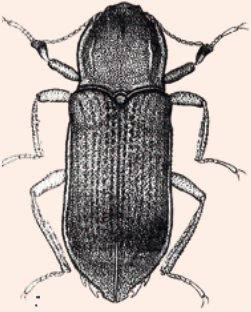
| | | | |
|---|----------------|---|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Limoniidae | | Nombre Común: Laq'usurtija | Puntaje: 5 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Segmentos torácicos y abdominales cortos con manchas dorsales. • Color: amarillo pardusco, café claro <p>Alimentación: herbívoros y otros carnívoros</p> <p>Hábitat: ríos de aguas lentas, semi-acuáticos viven en algas que crecen sobre piedras emergentes</p> | |


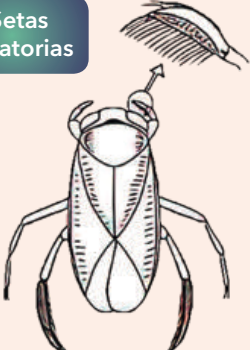




| | | | |
|--|---|---|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Tabanidae | | Nombre Común: Patar sirk'ininaka Laqhu | Puntaje: 5 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía  | Esquema  | <ul style="list-style-type: none"> • Segmentos torácicos y abdominales con ganchos • Color: amarillo pardusco <p>Alimentación: son Predadores de otros invertebrados</p> <p>Hábitat: presentes en aguas corrientes con sedimentos gruesos</p> | |



| | | | |
|--|----------------|--|----------------------|
| Orden: Coleoptera Familia: Dytiscidae | | Nombre Común: Umakatari | Puntaje: 5 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma alargada y aplanada • Tórax con tres pares de patas • Último segmento abdominal con dos procercos caudales • Color: café <p>Alimentación: presas, son carnívoros</p> <p>Hábitat: aguas lentas, lagunas, charcas, ríos y arroyos</p> | |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma globosa, aplanada • Cabeza dirigida hacia adelante • Tórax con tres pares de patas • Las últimas patas aplanadas para nadar • Dorso del abdomen cubierto por dos élitros • Color: café muy oscuro a verde oscuro <p>Alimentación: presas, son carnívoros</p> <p>Hábitat: aguas lentas, lagunas, charcas, ríos y arroyos</p> | |


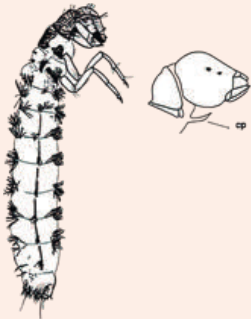




| | | | |
|--|--|---|----------------------|
| Orden: Coleoptera Familia: Elmidae | | Nombre Común: Umakuyt'ukuyt'u | Puntaje: 5 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma alargada y cilíndrico • Tórax con tres pares de patas • Último segmento abdominal con • setas respiratorias • Color: café oscuro a negro <p>Alimentación: son colectores herbívoros y detritívoros</p> <p>Hábitat: ríos de aguas corrientes bien oxigenadas</p> | |
|  |  | | |
| Setas respiratorias | | | |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cabeza dirigida hacia adelante • Tórax con tres pares de patas • Dorso del abdomen cubierto por • dos élitros • Color: café muy oscuro a negro <p>Alimentación: son colectores herbívoros y detritívoros</p> <p>Hábitat: ríos de aguas corrientes bien oxigenadas</p> | |
|  |  | | |
| Uñas tarsales | | | |


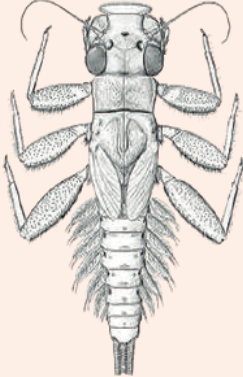
| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Hemiptera Familia: Corixidae | | Nombre Común: Thuqta Thuqta | Puntaje: 6 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma alargada • Tres pares de patas • Setas natatorias en el tercer par de patas • Color: café con ojos guindos a rojos <p>Alimentación: herbívoros y carnívoros</p> <p>Hábitat: En ríos con aguas corrientes y lentas, viven en fango arena y con abundante materia orgánica en descomposición</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Basommatophora Familia: Ancylidae | | Nombre Común: Janq'u q'illu jaqhu | Puntaje: 6 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma aplanada • Concha delgada • Presenta una punta inclinada hacia el lado izquierdo <p>Alimentación: raspadores de perifiton</p> <p>Hábitat: en ríos con aguas poco corrientes, viven sobre troncos u hojas</p> | |
|  |  | | |



| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Orden: Trichoptera Familia: Hydroptilidae | | Nombre Común: Jan'qu Ch'umpi Laqhu | Puntaje: 7 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo sin agallas al final del abdomen • Casas hechas con material vegetal y con filamentos en sus extremos para fijarse al substrato • Color: café blanquecino <p>Alimentación: larvas depredadoras o herbívoras</p> <p>Hábitat: ríos de aguas corrientes frías bien oxigenadas</p> | |
|  |  | | |



| | | | |
|--|---|--|----------------------|
| Orden: Trichoptera Familia: Limnephilidae | | Nombre Común: Waxra Kunk Laqhu | Puntaje: 7 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuello con un cuerno • Casas hechas con material arenoso, comúnmente de arena gruesa • Color: blanquecino <p>Alimentación: larvas colectoras de material orgánico</p> <p>Hábitat: ríos de aguas corrientes frías bien oxigenadas</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Diptera Familia: Simuliidae | | Nombre Común: Jac'ha Kunka | Puntaje: 8 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cabeza esclerotizada con manchas dorsales oscuras • Propata torácica con pequeños dientes. • Color: amarillo pardo a café oscuro <p>Alimentación: herbívoros y otros son carnívoros</p> <p>Hábitat: ríos con aguas muy oxigenadas, viven debajo de rocas y troncos</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|--|---|--|----------------------|
| Orden: Trichoptera Familia: Leptophlebiidae | | Nombre Común: Pusi K'uchu P'iqi | Puntaje: 9 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cabeza de forma cuadrada • Abdomen con branquias en forma de plumas • Ultimo segmento abdominal con tres procesos caudales • Presentan un color café jaspeado <p>Alimentación: son herbívoros</p> <p>Hábitat: las ninfas se encuentran en arroyos muy fríos, de corriente rápida, entre rocas y piedras</p> | |
|  |  | | |



| | | | |
|---|---|--|----------------------|
| Orden: Trichoptera Familia: Hydrobiosidae | | Nombre Común: Jac'ha Laka | Puntaje: 9 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado y robusto • En el último segmento abdominal presenta uñas • No construyen casas • Presentan un color amarillo verdoso <p>Alimentación: son predadores</p> <p>Hábitat: las larvas se encuentran en arroyos muy fríos, de corriente rápida, entre rocas y piedras</p> | |
|  |  | | |

| | | | |
|--|--|---|----------------------|
| Orden: Trichoptera Familia: Leptoceridae | | Nombre Común: Jac'ha Chara | Puntaje: 9 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado y delgado • El tercer par de patas es muy largo • Construyen casas de seda o con arena fina • Sus casas son de colores oscuros <p>Alimentación: son predadores</p> <p>Hábitat: las larvas se encuentran en arroyos muy fríos, de corriente rápida, entre rocas y piedras</p> | |
|  |  | | |

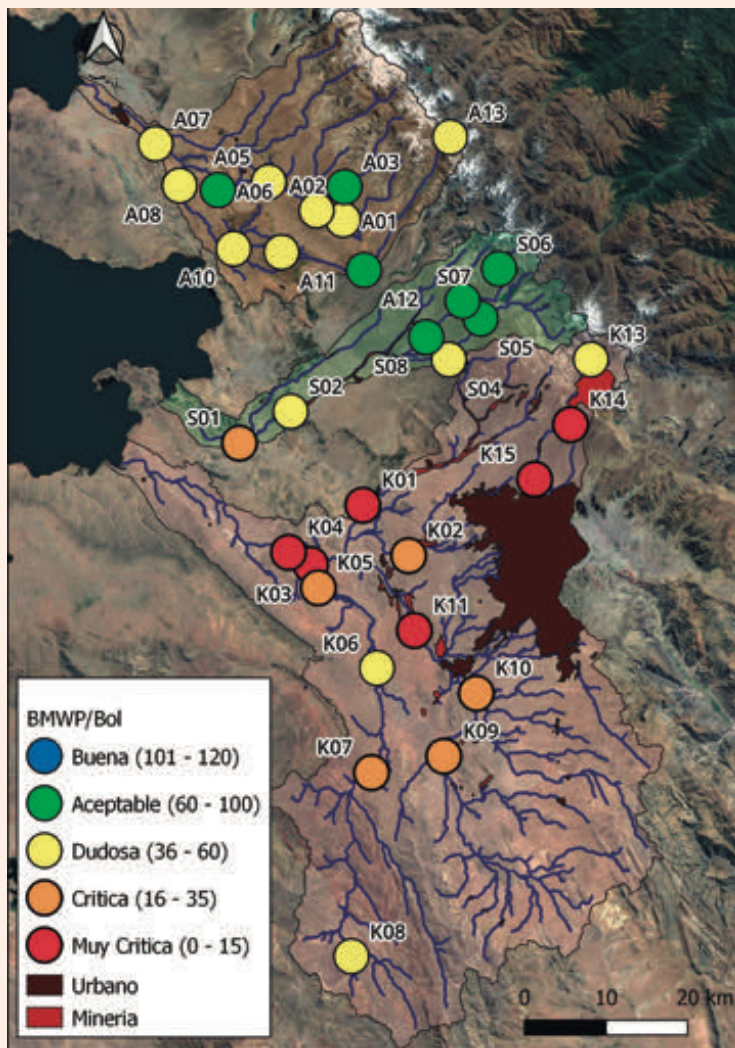
| | | | |
|---|----------------|--|-----------------------|
| Orden: Plecoptera Familia: Gripopterygidae | | Nombre Común: Suxta Chara | Puntaje: 10 |
| Estadio: Inmaduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo alargado que termina en dos ceros caudales • Tres pares de patas terminadas en dos uñas • Último segmento abdominal con varios filamentos respiratorios <p>Alimentación: son prácticamente omnívoros</p> <p>Hábitat: Las ninfas se encuentran en arroyos muy fríos, de corriente rápida y entre rocas sin acumulación de sedimentos</p> | |

| | | | |
|--|----------------|--|-----------------------|
| Orden: Hydroida Familia: Hydridae | | Nombre Común: Umapanq'ara | Puntaje: 10 |
| Estadio: Maduro | | Características | |
| Fotografía | Esquema | <ul style="list-style-type: none"> • Forma globulada • Cuerpo con tentáculos • Color: grises, pardos y blancos <p>Alimentación: carnívoros</p> <p>Hábitat: viven en aguas bien oxigenadas</p> | |



Calidad de las aguas para la cuenca de Achacachi, Katari y Sehuenca

Caso de estudio para 3 cuencas del altiplano boliviano, evaluación de la calidad de las aguas en diferentes puntos de cada cuenca entre los años 2020 y 2023. Se aprecia la calidad de aguas desde Aceptable (en color verde), hasta calidad muy crítica (en color rojo) de acuerdo al índice BMWP-Bolivia



Glosario de términos

- **Agallas o branquias:** Son estructuras en forma de plumas u hojas que tienen algunos macroinvertebrados en la región abdominal o en el último segmento, que les sirven para respirar, en forma de hojas, tubos, globo.
- **Algas:** vegetales principalmente acuáticos fotosintetizadores. Los hay unicelulares (microscópicos) que forman parte del fitoplancton y del bentos, y pluricelulares, visibles a simple vista como densas cabelleras verdes que ondulan en la corriente, adheridas a diversos objetos del fondo.
- **Antenas:** Cada uno de los filamentos que tienen en la cabeza muchos animales. Ejemplo: la cucaracha tiene antenas largas que le sirven para buscar alimento.
- **Arena:** Término geológico aplicado a las piedrecitas pequeñas redondeadas.
- **Cabeza esclerotizada:** Cabeza endurecida por quitina
- **Carnívoros:** Organismo que se alimenta de carne (presas animales), estos son los animales consumidores netos de segundo orden.
- **Cercos caudales:** Prolongaciones del último segmento abdominal.
- **Ciclo de vida o biológico:** Distintas fases o estadios por las que pasa un ser vivo a lo largo de su vida. Tradicionalmente se ha dicho que los seres vivos nacen, crecen, se reproducen y mueren.
- **Contaminación:** Alteración, daño de la pureza de una sustancia o el estado de alguna cosa. Ejemplo: cuando se derrama petróleo se está contaminando la pureza del agua o del suelo.
- **Depredadores:** Organismos heterótrofos de alta eficiencia que ocupa los niveles más altos de la pirámide ecológica, que se come al predador.
- **Detritívoros:** Organismo que come detritus y se nutre de residuos orgánicos.
- **Detritus:** Restos que quedan de la desintegración y deterioro de vegetales y animales. Residuos de descomposición de un cuerpo. Término dado para un fragmento de material orgánico generalmente proveniente de la descomposición animal o vegetal.
- **Élitros:** Son las alas anteriores, modificadas por endurecimiento (esclerotización), de ciertos órdenes de insectos como los coleópteros y

los heterópteros. Se denominan hemiólitros cuando el endurecimiento no es total sino parcial.

- **Esclerito cuadrado:** En los artrópodos, un esclerito es una placa endurecida de cutícula (esclerotizada, formada por quitina y proteínas) que forma parte de su exoesqueleto y se encuentra delimitada por suturas, surcos o articulaciones.
- **Eutróficos:** Aguas con mucha cantidad de nutrientes, esto da lugar a una alta producción biológica.
- **Globular:** Que tiene forma de globo redondeado.
- **Habitáculos o refugios:** Estructuras construidas por los organismos para protegerse de sus predadores.
- **Herbívoros:** Se aplica al animal que se alimenta solamente de vegetales.
- **Identificación taxonómica:** herramientas para reconocer a qué taxón del sistema de clasificación pertenece un espécimen encontrado, por ejemplo provee claves de identificación y descripciones de todas las especies de una región dada.
- **Larvas:** Animal en estado de desarrollo que ya ha abandonado su cubierta de huevo y es capaz de nutrirse por sí mismo, pero aún no ha adquirido la forma y organización propia de los adultos de su especie.
- **Lóbulo, lobulada:** Forma de alguna parte del cuerpo de los organismos que tiene una forma redondeada globosa, que sobresale de la línea recta del cuerpo.
- **Mandíbulas:** estructuras duras que sirven para arrancar el alimento.
- **Mesonoto:** Es el esclerito dorsal del segmento torácico.
- **Ninfas:** Estado inmaduro en insectos hemimetábolos, en la fase juvenil se parece al adulto en algunos insectos.
- **Ocelos u ojos simples:** Son estructuras que se encuentran en la cabeza y son fotorreceptores
- **Ovoide:** Cuerpo en forma redondeada pero alargada
- **Placa esclerotizada:** En los artrópodos, un esclerito es una placa endurecida de cutícula (esclerotizada, formada por quitina y proteínas).
- **Placas dorsales:** Placas situadas en la región dorsal del tórax.
- **Pronoto:** Parte anterior superior del tórax la parte dorsal del segmento torácico anterior.
- **Pseudópodo:** Son pequeñas formaciones en forma de dedo que presentan algunos organismos



- **Resistentes:** Capacidad que tienen los organismos de soportar el impacto de agentes externos sin cambiar la estructura o el funcionamiento del sistema.
- **Roca:** Asociación de minerales, cuya composición y estructura viene determinada por el proceso bajo el cual se ha formado.
- **Segmentos:** Porción o parte cortada de una cosa. Cada una de las partes que forma el cuerpo de insectos y lombrices de tierra. Ejemplo: las lombrices de tierra tienen en su cuerpo varios segmentos que parecen anillos.
- **Sensibles:** Capacidad de algunos organismos de captar la presencia de agentes extraños al medio donde viven.
- **Seta:** son finas prolongaciones de la pared corporal en forma de pelo
- **Taxa:** Es el plural latino de taxón (más habitualmente escrito taxón en español), el término usado en la terminología de la clasificación biológica para referirse a un grupo de organismos de cualquier rango. Taxa es la forma natural en inglés; pero en castellano, donde los neologismos son castellanizados, el plural apropiado de taxón es taxones.
- **Tolerantes:** Capacidad de un organismo de soportar determinados daños hasta un límite de tolerancia.
- **Uña tarsal:** uña situado en el tarso de la pata.
- **Uña anal:** Uña situado en el último segmento abdominal.



La Paz – Bolivia 2023



INRAE

ihh
INSTITUTO DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA

**instituto de
ecología**



Universidad Mayor de San Andrés

BORÉA
Biologie des organismes et écosystèmes aquatiques

