MANUAL DE MONITOREO HIDROLÓGICO

PROYECTO:
"LOS BOFEDALES COMO UN ALIADO EN LA RESILENCIA Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO - SAJAMA"

Viviana Casas Apaza
Vilma Alanoca Santala
AGUA SUSTENTABLE

Agua Sustentable

JUNIO 2014

MANUAL DE MONITOREO HIDROLÓGICO

1. Introducción

El monitoreo hidrológico es el seguimiento de la información hidrológica que se realiza periódicamente, mediante la medición y obtención de datos correspondientes a:

- ✓ Caudales instantáneos
- ✓ Niveles piezómetricos
- ✓ Datos de las estación meteorológicas instaladas
- ✓ Datos de sensores de presión manométrica
- ✓ Lisímetros y parcela de escorrentía.

La importancia del monitoreo radica en obtener régimen de caudales que es un dato básico, indispensable, en una serie de años tan larga, como sea posible, en el caso de estudio los caudales escurridos en puntos característicos del río principal Sajama y, de sus diversos afluentes. Según (Organización Internacional de Normalización 1979) la evaluación de la cantidad de agua disponible es un prerrequisito para el desarrollo y administración del recurso hídrico. Sin información sobre el estado del agua resulta imposible la planificación y gestión del recurso hídrico. De allí que es menester lograr datos de campo confiables y lo suficientemente precisos que permitan estudiar y proyectar manejos del agua con el menor grado de incertidumbre (Basan, 2008).

El estudio de las superficies piezométricas permite obtener información básica sobre el movimiento y comportamiento del agua subterránea, como es el caso de la dirección del flujo del agua subterránea, la ubicación de zonas de recarga y descarga del acuífero, la existencia de heterogeneidades hidráulicas tales como cambios de permeabilidad dentro de una misma formación litológica o cambios de acuífero (Manzano, 2008).

De las anteriores consideraciones conlleva a la formación de técnicos capacitados en medición de flujo de los puntos de aforo establecidos, que permitan obtener los datos básicos de cantidad de agua que fluye, complementando con datos de nivel de agua de los piezómetros instalados en los bofedales de Manasaya, Lagunas y Aychuta. Además de los datos meteorológicos, de presión manométrica, lisímetros y caja de escorrentía.

¿Qué materiales se necesitan para el monitoreo?

Para realizar el monitoreo necesariamente se requieren los siguientes materiales:

- Molinete (con un contador beep),
- Cronómetro,
- Cintas métricas o winchas (~ 30 m),

- Flexometro,
- Un lápiz y un cuaderno de notas,
- Regla portátil para leer el nivel del agua sobre la barra instalada que encuentran en el fondo del cauce,
- Equipo personal (botas, botas de pescador) y linterna,
- Una pala pequeña y una de tamaño normal,
- Una probeta de 100 ml,
- Un recipiente de 300-500 ml.

¿Qué es caudal y para que se mide?

El caudal es el volumen de agua que pasa por una sección transversal del cauce o canal en un tiempo dado, normalmente en la unidad de tiempo. Según UCHILE (2005), el aforo de caudales es importante, puesto que a través de él se cuantifica la oferta hídrica, se evalúa la disponibilidad del recurso hídrico y se planifica la respectiva gestión de la cuenca.

¿Qué es aforo?

Se refiere a la aplicación de un procedimiento simple que permite calcular el agua que conduce un cauce. El aumento en la demanda de agua, su disponibilidad varia anualmente y la necesidad de optimizar su uso.

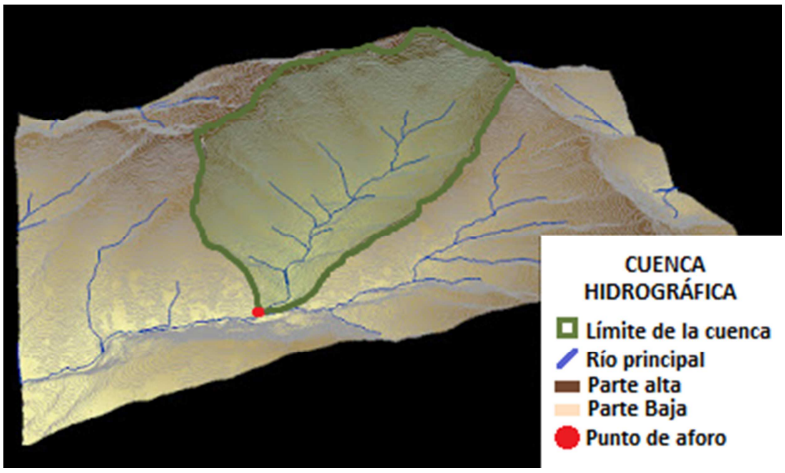
¿Dónde aforar?

Para ubicar los puntos de aforo primero tenemos tener bien en claro los objetivos por los cuales se requiere de los datos de caudal.

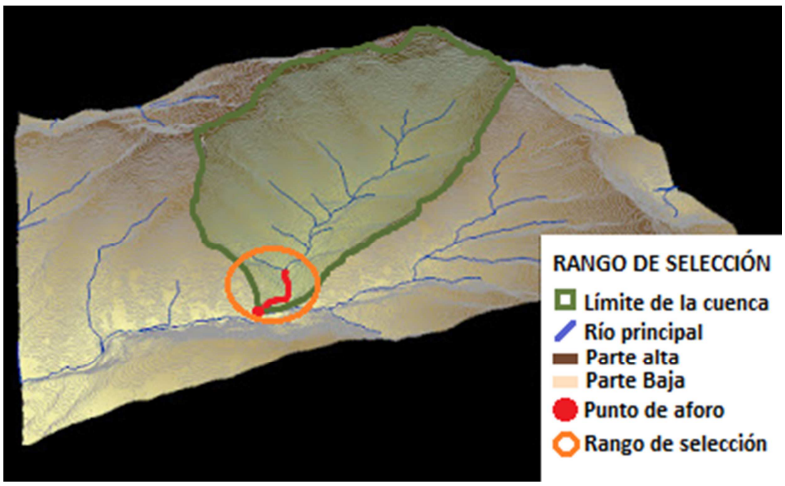
> “realizar el seguimiento hidrológico de las sub cuencas de la cuenca del rio Sajama”

Y para lo cual tenemos que tener conocimiento de que es una cuenca.

> **Cuenca hidrográfica:** Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural.

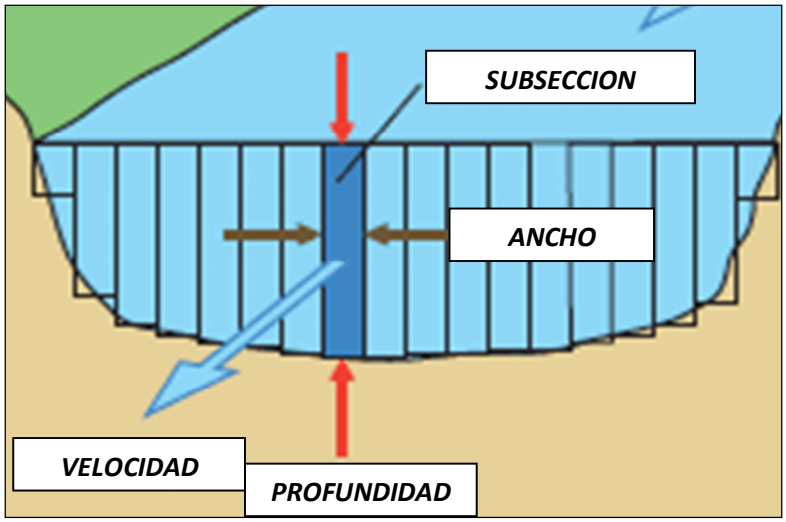


Por tanto el punto de aforo tiene que estar ubicado en el rio principal en la parte baja de la cuenca. El rango que se tiene que considerar es desde el último rio secundario que se une al rio principal (aguas abajo) hasta la parte baja de la cuenca cuando se une al rio o afluente perteneciente a otra cuenca como se muestra en la siguiente figura.



¿Cuál es el procedimiento para la medición de caudal?

El método más utilizado y recomendado para cuenca Sajama es método área-velocidad, la determinación más exacta de la velocidad del flujo se puede obtener utilizando un molinete. Frecuentemente el flujo es irregular (forma y ángulo de flujo, rocas sumergidas, rugosidad de los sedimentos, etc.). Bajo esas condiciones, es necesario medir la profundidad y la velocidad del agua en muchos puntos para lograr calcular el caudal de manera precisa. Esos puntos son en realidad secciones verticales o “paneles”. Entonces, la ecuación 1 se debe calcular para cada panel. La suma aritmética de los caudales parciales medidas en todos los paneles (Q_i) es igual al caudal total Q_T.

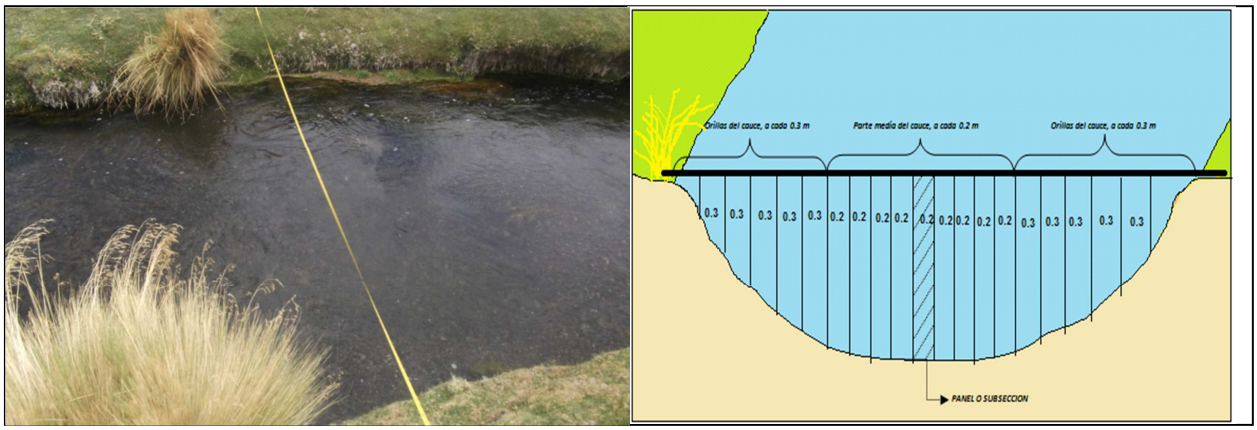


Lado izquerdo rio Pisirata y ubicación de aforo, Lado derecho detalle de la distancia para cada panel. Fuente Beaulieu y Soria, 2012.

Este método consiste básicamente en medir en un área transversal de la corriente, previamente determinada, las velocidades de flujo de cada panel con las cuales se puede obtener luego el caudal total. El número de paneles varía de acuerdo al ancho del curso de agua (Beaulieu y Soria, 2012).

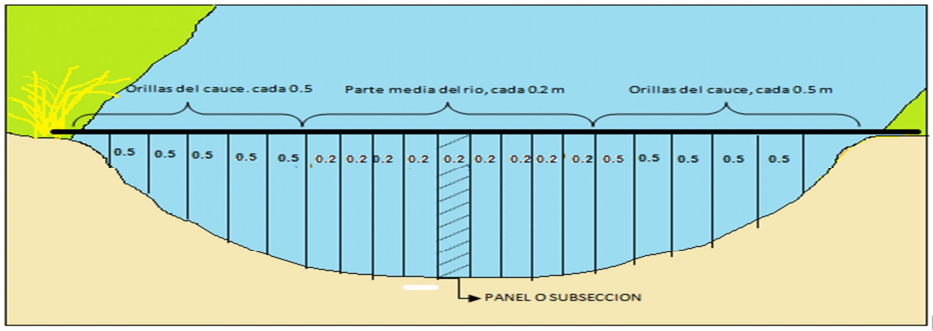
Si el cauce presenta forma de "U" los paneles en el medio del rio deben ser más angostos que en las orillas, considerando la velocidad del agua tal como se grafica en la siguiente imagen:

Por ejemplo: para el punto de aforo del rio Pisirata se realizó la medición de la velocidad del flujo (Rev. / 40 s), cada 30 cm en las orillas y a 20 cm en la parte media de la sección.



Lado izquerdo rio Pisirata y ubicación de aforo; Lado derecho detalle de la distancia para cada panel.

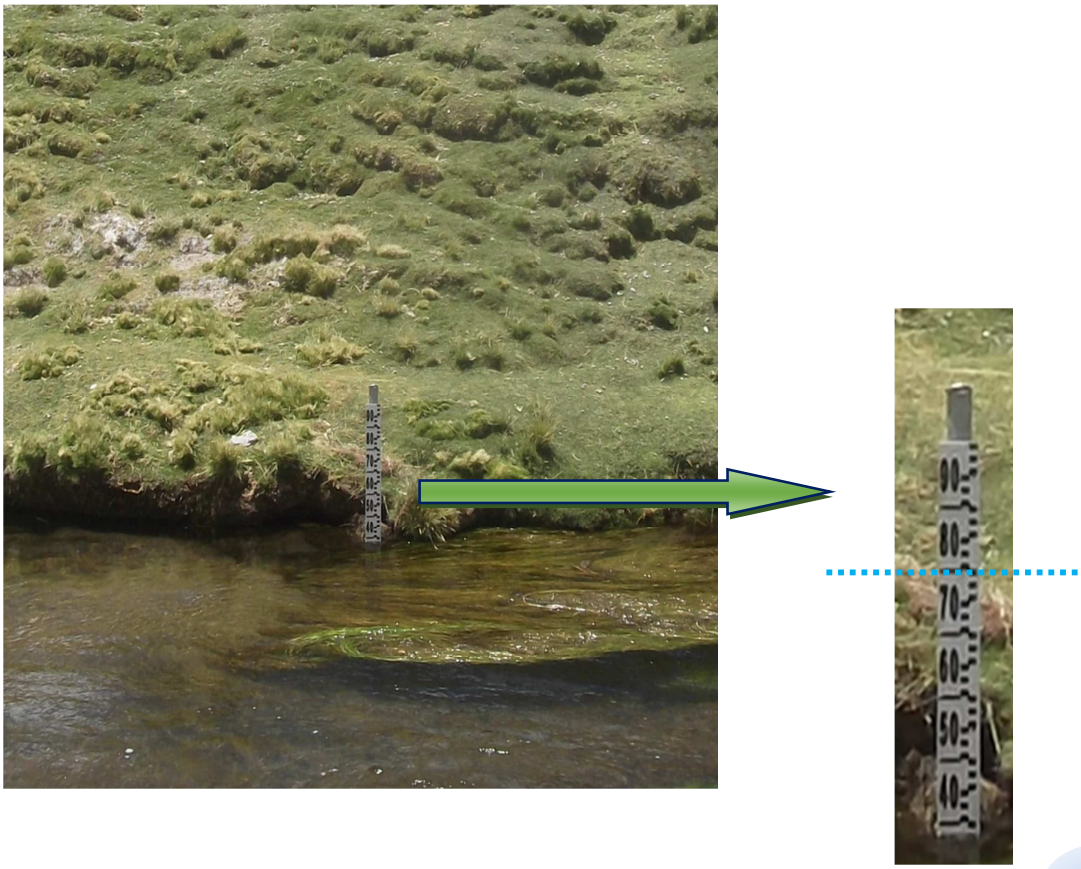
En cambio para ríos más anchos como es el caso del punto de aforo del rio Sajama la medición se realizó a cada 50 cm en las orillas y cada 20 cm en el medio de la sección.



distancia horizontal de cada panel.

Es importante tomar nota de la hora, fecha de aforo, como también registrar el nivel de agua que marque la regla instalada en cada punto de aforo de los ríos. El modelo de la planilla de registro de datos necesarios para el cálculo del caudal se muestra en el anexo 1, el mismo fue diseñado por Beaulieu y Soria (2012).

Medición del nivel de agua en el punto de aforo del rio Pisirata, en otros puntos de aforo, como por ejemplo, en el rio Sajama-Geiser se registra la altura de la regla instalada.



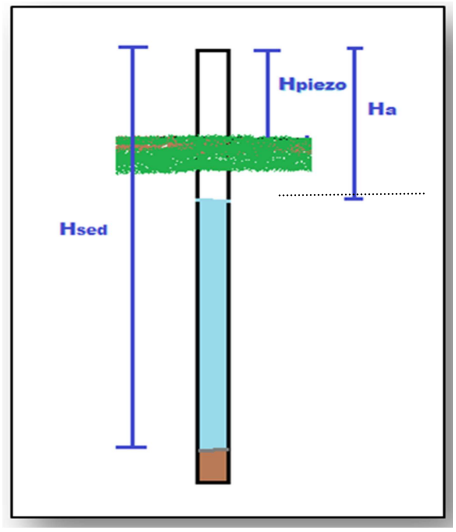
Es importante leer correctamente la regla, en la regla el número grande indica la altura en cm (cada 10 cm) y los espacios blancos y negros miden un centímetro cada uno, por ejemplo, suponiendo que el nivel de agua es la línea celeste, se encuentra en 50, entonces anotamos 5 y contando los espacios blancos y negros en este caso son 8, entonces la altura correcta 58.

¿Qué es un piezómetro y/o nivel piezómetro?

Un piezómetro es el dispositivo (tubo vertical) utilizado para medir la presión del líquido estático en un sistema mediante la medición de la altura a la que una columna del líquido se eleva contra la gravedad. Al perforar el suelo para instalación del tubo, el agua se descomprime y asciende por la entubación hasta alcanzar una posición situada por encima de la base del piezómetro. La altura que alcanza el agua se denomina nivel piezométrico (Manzano, 2008).

Piezómetro ubicado en el bofedal de Manasaya

La medición del nivel de agua consiste en medir desde espejo de agua hasta el borde la parte superior del piezómetro (Ha), luego se mide hasta el sedimento (Hsed) y por último se mide la altura del tubo desde el nivel del suelo (H piezo).



¿Qué es Lisímetro y parcela de escorrentía?

El lisímetro consiste en un recipiente de lámina galvanizada formado por un tanque cilíndrico, en el que se coloca el suelo y el cultivo en estudio. Cada mes se mide el volumen de agua infiltrada, que permitirá estimar la evapotranspiración.

Las parcelas de escorrentía son porciones de terreno de tamaño variable, limitadas por paredes que aíslan completamente el agua de escorrentía, evitando el paso de ésta tanto hacia afuera como hacia adentro de la parcela. El tamaño es variable pero en el monitoreo se dispone de una parcela de $1m^2$.

¿Cómo medir el agua infiltrada y escurrida?

El volumen agua infiltrada se obtiene midiendo la cantidad de agua acumulada durante un mes en la parte inferior del lisímetro, se mide con el uso de una probeta. Complementariamente se registra el % de verdor de la planta y la transparencia del agua infiltrada.

Los pasos para la medición se ilustran y describen a continuación: Primero se realiza la limpieza de escombros de suelo y/o piedras en la parte inferior del grifo, para facilitar la recolección de agua.

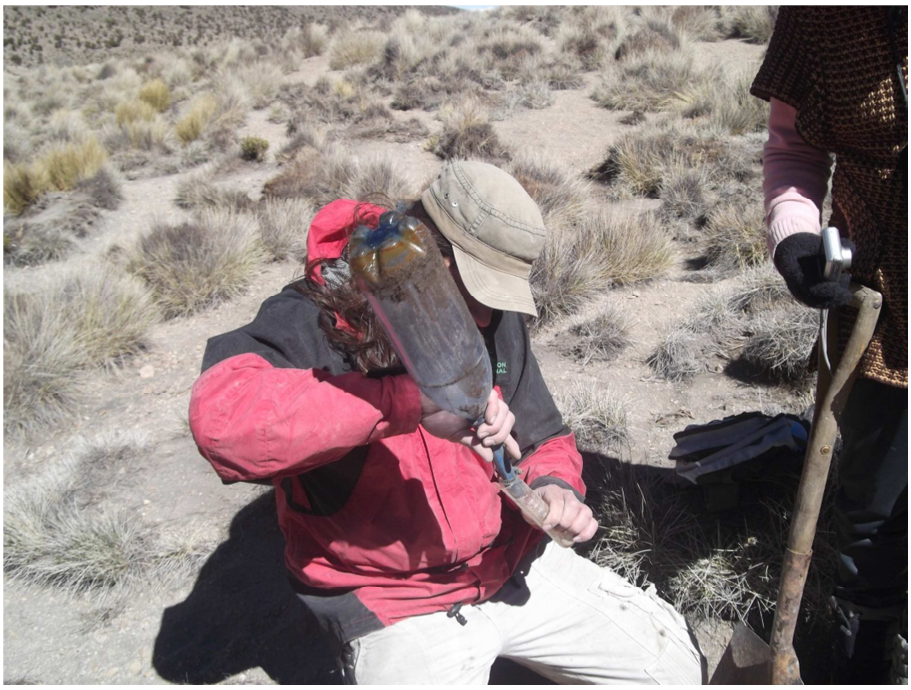
Una vez limpio el área se pone el recipiente de manera adecuada, de manera de no derramar agua, seguidamente se abre el grifo recolectando el agua en el recipiente. Y a su vez medir el volumen con ayuda de una probeta. Por último registrar los datos de volumen, % verdor y color de agua.

Por otro lado en la parcela de escorrentía, el agua que escurre es concentrada en un embudo colocado en la base, de donde por medio de un canal pasa a un recipiente donde se recolectan el agua que se mide cada mes. Los procedimientos a realizar se ilustran a continuación:

Primero cavar superficialmente en la parte donde se encuentra el recipiente que contiene el agua escurrida, luego destornillar la unión entre el embudo y el conducto. Luego medir la cantidad de agua acumulada en una probeta. Por último y muy importante registrar los datos de volumen de agua, % de verdor, color del agua.

Ubicación de la parcela de escorrentía

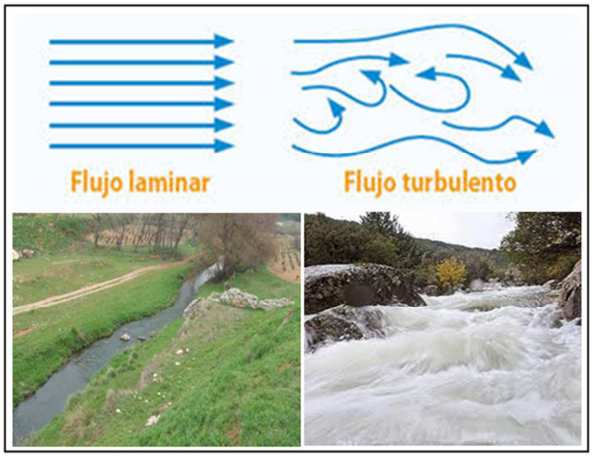
Destornillando para sacar el recipiente que se encuentra enterrado



Medición del agua acumulada en el recipiente de plástico con ayuda de la probeta

3. Recomendaciones

- No es recomendable aforar en secciones con flujo turbulento (con muchas ondas), irregulares (con muchas rocas, presencia de algas y flujo en ángulo) y con mucha energía cinética (velocidad del agua demasiado alta).



- En la medición del nivel de agua de piezómetros, la posición del flexómetro debe ser vertical evitando deformaciones para tener mediciones precisas.
- Tener horarios fijos (fecha y hora) de medición de caudales.
- La sección transversal debe estar bien definida y que en lo posible no se presente agradación o degradación del lecho.
- Debe estar en un sitio recto, para evitar las sobre elevaciones y cambios en la profundidad producidos por curvas.

¿Que son los datos meteorológicos y estaciones meteorológicas?

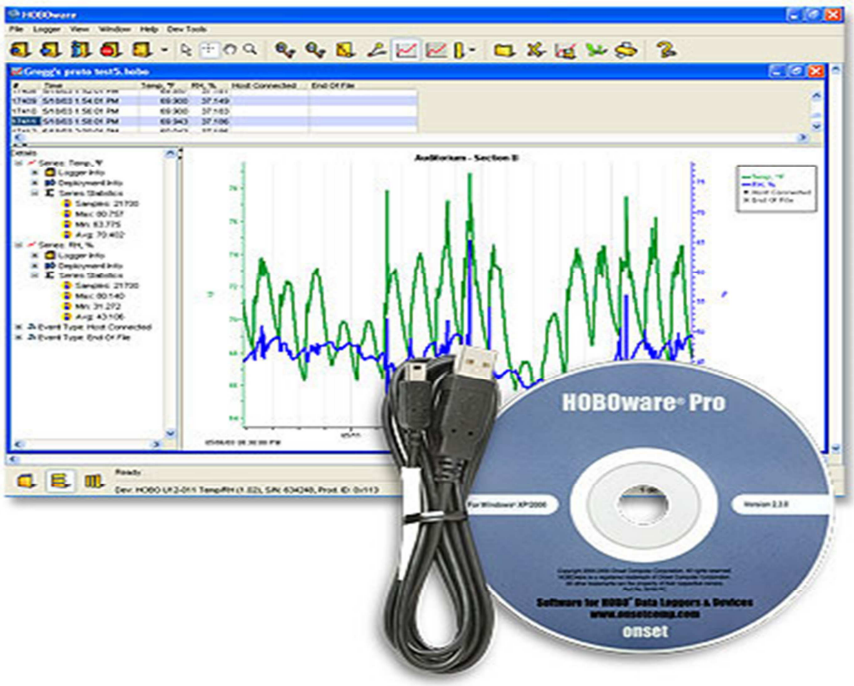
Estaciones meteorológicas: En el Parque Nacional Sajama se tiene dos estaciones meteorológicas que brindan datos de clima como ser: temperatura ambiente, radiación solar, precipitación, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. Una de las estaciones meteorológicas se encuentra cerca del pueblo y la otra estación en la cuenca del rio Sururía a los pies del nevado Sajama.

¿Qué importancia tiene los datos meteorológicos?

Los datos meteorológicos son importantes ya que se puede conocer cualquier factor climático respecto a la región donde se encuentra la estación meteorológica y su impacto sobre un ecosistema de la región.

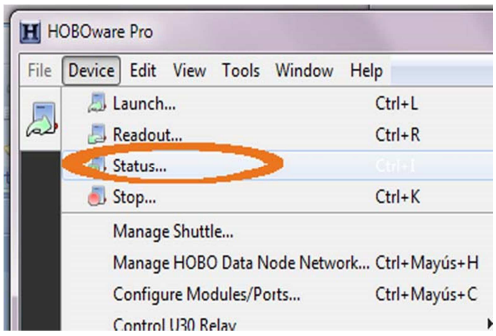
Para la descarga de datos meteorológicos se tienen que seguir los siguientes pasos:

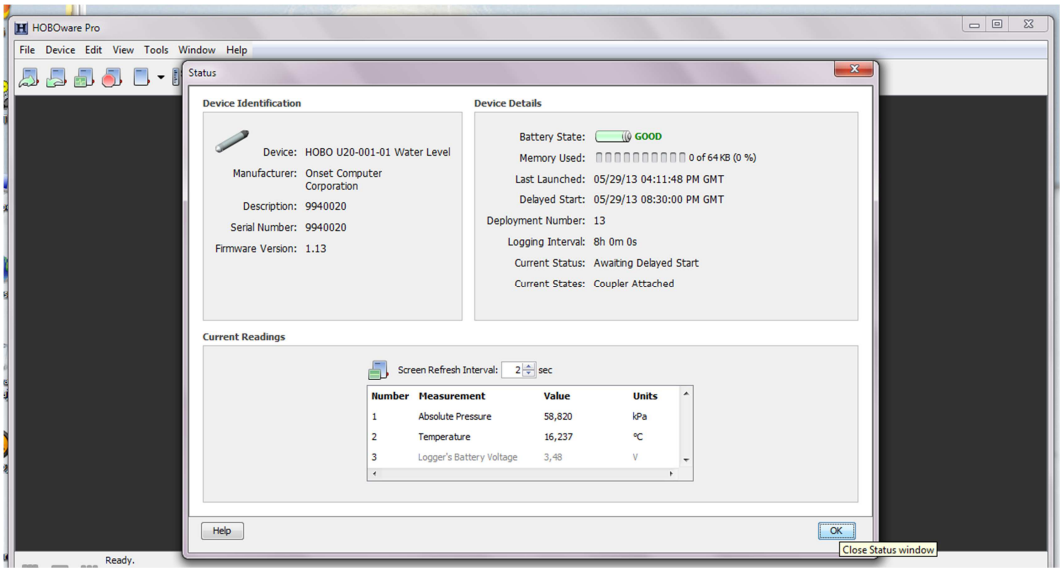
a) Se tiene que instalar el software del equipo “HOBO”



b) Una vez que se tenga el software instalado en una computadora portátil (laptop)se tiene que conectar al equipo HOBO mediante un cable USB.

c) Se tiene que revisar el estado del equipo HOBO, para ello se tiene que ir a la interfaz de programa HOBO, y en la barra de herramientas ir a **DEVICE >Status**

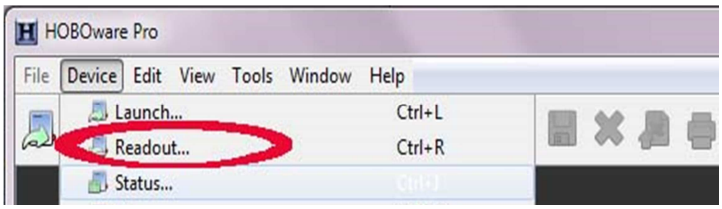


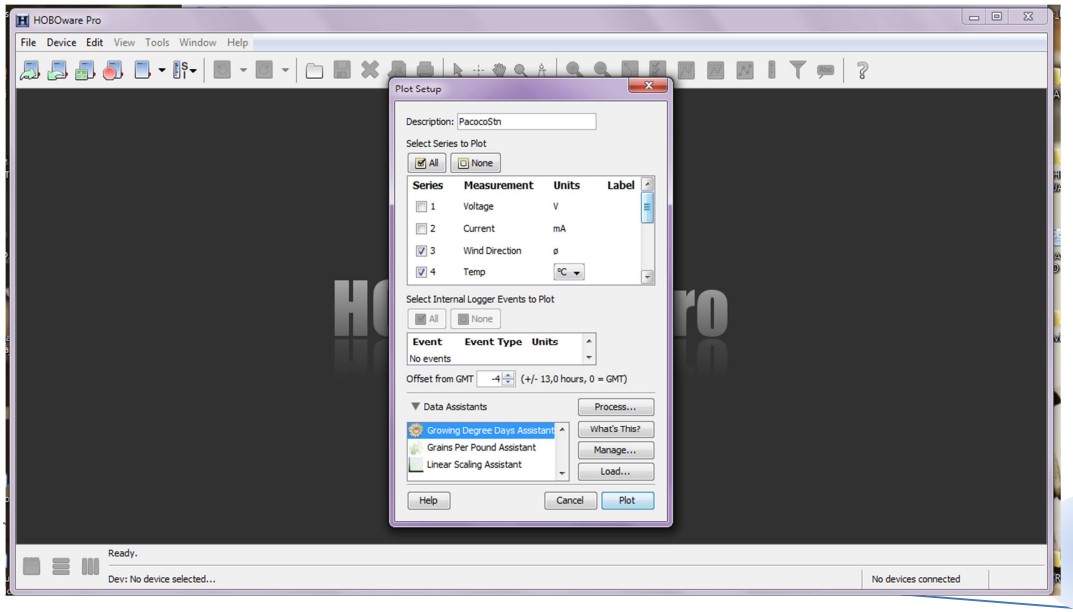


Es importante revisar si la batería "*battery state"* está llena (good) o muestre él % en el que se encuentre, si esta bacía tenemos que cambiar la batería de lo contrario el equipo dejara de captar datos. También verificar si la memoria *"Memory Used"* esta con espacio suficiente.

En "*current readings"* tenemos que verificar que el equipo este leyendo todos los datos meteorológicos.

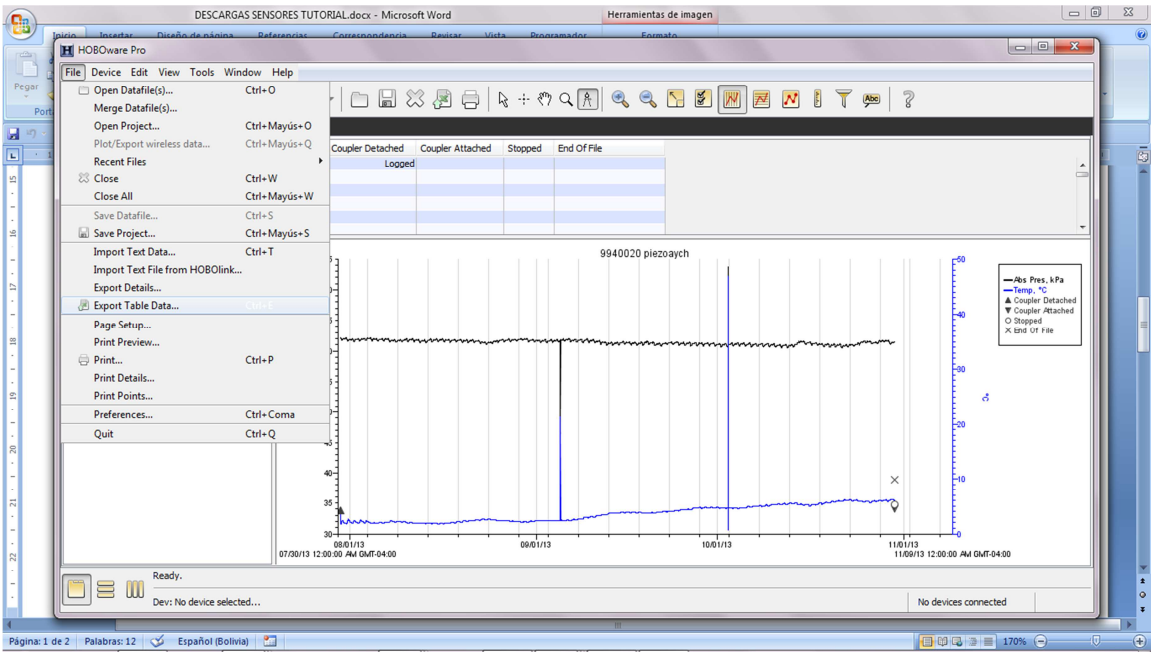
d) Descarga de los datos, ir a DIVICE>Readout>Plot Setup>Plot

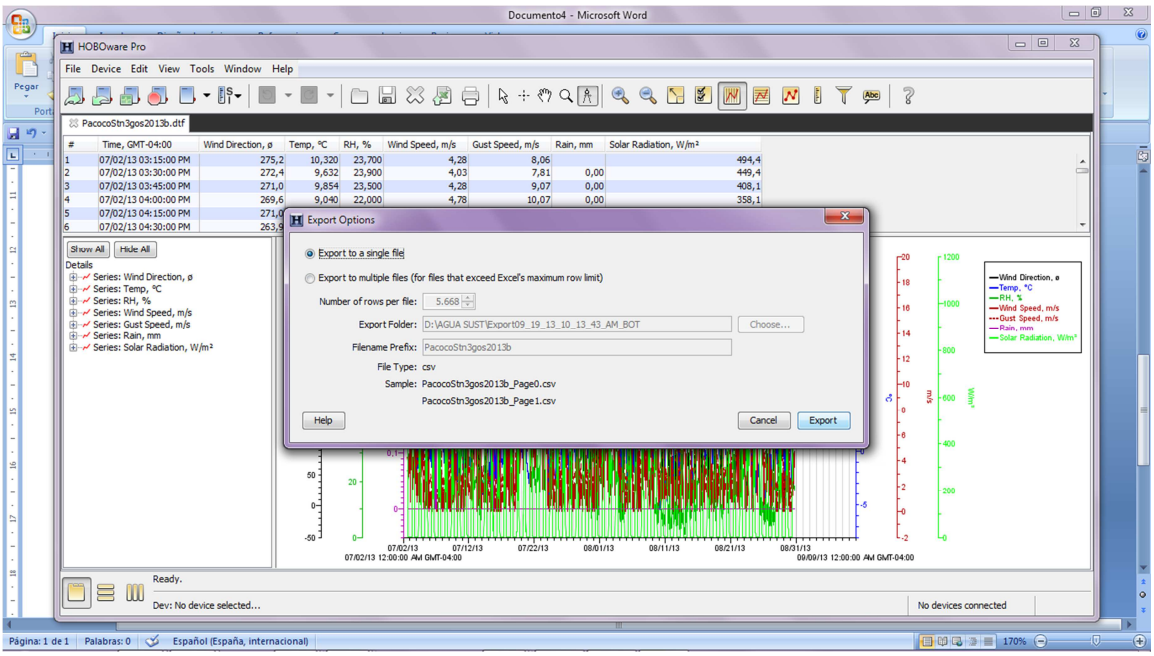




De seleccionar voltaje (batería) y punto de roció (Dewpt).

e) Para exportar datos se tiene que ir a FILE>Export table Data…





Los datos tienen que ser exportados a un archivo compatible para todos los usuarios (persona o entidad que utilizara la información adquirida), para ello se debe guardar con preferencia a

extensión ".xlcs" que se abre con el programa EXCEL que en sus diferentes versiones es el más conocido.

4. Literatura revisada

Basan, M., 2008. Curso: Aforadores de corrientes de agua. INTA-EEA Santiago del Estero.

Beaulieu, M. y Soria, F., 2012. Un corto manual para aforar caudales usando el método tradicional de área-velocidad. Agua Sustentable. La Paz, Bolivia.

Manzano, M. 2008. Hidrología Subterránea (ITOP) / Hidrogeología (ITM).

Tapia C.S., 2009. Establecimiento de una red de monitoreo participativo de caudales en los afluentes de la micro cuenca alta del rio Guagualla para conocer la oferta hídrica. Escuela politécnica Chimborazo. Rio bamba –Ecuador, 146 p.