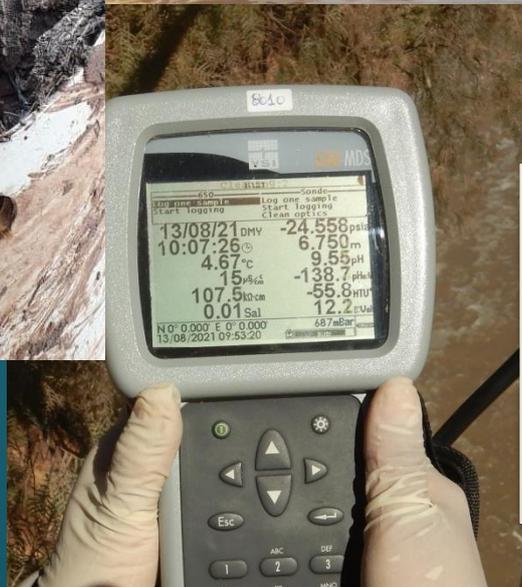




ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA SONDA YSI EN TARAPAYA (Potosí - Bolivia)



DE CTN
Unidad de Monitoreo y
Centro de Datos

Septiembre - 2021



Elaboraron el presente informe:

- Ing. Claudio Laboranti – Jefe de la Unidad de Monitoreo y Centro de Datos
- Ing. Lucy Elizabeth Romero O. – Responsable de Calidad de Aguas.

Un agradecimiento especial a la Lic. Luz Marina Jakomin de la Subsecretaría de Obras Hidráulicas de la República Argentina por sus valiosos aportes y comentarios.

Para formular opiniones, sugerencias o consultas enviar un correo electrónico a dectn@pilcomayo.net



INDICE

| | |
|---|----|
| ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA SONDA YSI | 1 |
| 1 RESUMEN EJECUTIVO | 1 |
| 2 INTRODUCCION | 1 |
| 3 OBJETIVOS..... | 2 |
| 4 DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA | 2 |
| 5 ACTIVIDADES EN LINEA DE TIEMPO | 20 |
| 6 DATOS OBTENIDOS..... | 21 |
| 7 PRIMEROS ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 31 |
| 7.1 Condiciones naturales..... | 31 |
| 7.2 Probables causas antrópicas | 32 |
| 7.3 Condiciones de dudosa explicación | 34 |
| 8 DESAFIOS..... | 35 |
| 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 36 |

Listado de gráficos:

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Datos del 20 al 28 de septiembre de 2018 – Tarapaya..... | 22 |
| Gráfico 2. Datos del 28 de septiembre al 25 de octubre de 2018 – Tarapaya..... | 23 |
| Gráfico 3. Datos del 10 al 18 de diciembre de 2019 – Tarapaya..... | 24 |
| Gráfico 4. Datos del 18 al 27 de diciembre de 2019 – Tarapaya..... | 25 |
| Gráfico 5. Datos del 27 de diciembre del 2019 al 3 de enero de 2020 – Tarapaya..... | 26 |
| Gráfico 6. Datos del 3 de enero al 3 de marzo de 2020 – Tarapaya | 27 |
| Gráfico 7. Datos del 24 de septiembre al 23 de octubre de 2020 – Tarapaya..... | 28 |
| Gráfico 8. Datos del 18 de diciembre de 2020 al 31 de enero de 2021 – Tarapaya..... | 29 |
| Gráfico 9. Datos del 18 al 31 de diciembre de 2020 – Tarapaya..... | 30 |
| Gráfico 10. Turbiedad y altura del 21 al 22 de diciembre de 2020 – Tarapaya | 31 |
| Gráfico 11. Turbiedad y conductividad del 21 al 22 de diciembre de 2020 – Tarapaya | 32 |
| Gráfico 12. Altura y pH del 21 al 22 de diciembre de 2020 – Tarapaya | 32 |
| Gráfico 13. Turbiedad y altura del 19 de diciembre de 2020 – Tarapaya..... | 33 |
| Gráfico 14. Turbiedad y conductividad del 19 de diciembre de 2020 – Tarapaya | 33 |
| Gráfico 15. Turbiedad y pH del 19 de diciembre de 2020 – Tarapaya | 34 |
| Gráfico 16. Turbiedad y. Altura del 18 al 21 de febrero de 2020– Tarapaya | 34 |
| Gráfico 17. Conductividad y altura del 18 al 21 de febrero de 2020 – Tarapaya | 35 |
| Gráfico 18. pH y altura del 18 al 21 de febrero de 2020 – Tarapaya | 35 |

Listado de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Estadística datos del 20 al 28 de septiembre del 2018 - Tarapaya | 21 |
| Tabla 2. Estadística datos del 28 de septiembre al 25 de octubre de 2018 – Tarapaya | 22 |
| Tabla 3. Estadística datos del 10 al 18 de diciembre de 2019 – Tarapaya..... | 23 |
| Tabla 4. Estadística de datos del 18 al 27 de diciembre de 2019 – Tarapaya..... | 24 |
| Tabla 5. Estadística datos del 27 de diciembre del 2019 al 3 de enero de 2020 – Tarapaya..... | 25 |
| Tabla 6. Estadística datos del 3 de enero al 3 de marzo de 2020 – Tarapaya..... | 26 |
| Tabla 7. Estadística datos del 24 de septiembre al 23 de octubre de 2020 – Tarapaya | 27 |



COMISIÓN TRINACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA
CUENCA DEL RIO PILCOMAYO

DIRECCION EJECUTIVA
<http://www.pilcomayo.net>

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 8. Estadística datos del 18 de diciembre de 2020 al 31 de enero de 2021 – Tarapaya</i> | <i>28</i> |
| <i>Tabla 9. Intervalos de tiempo que no se cuenta con registros.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Tabla 10. Estadística datos del 18 al 31 de diciembre de 2020 – Tarapaya.....</i> | <i>30</i> |

ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA SONDA YSI

1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo resume las actividades llevadas a cabo en el marco del Proyecto “Generación y análisis de información de parámetros de calidad del agua del río Pilcomayo mediante estaciones automáticas con transmisión en tiempo real” con la implementación de una medición continua de parámetros de calidad de agua (pH, turbiedad y conductividad) en una sección de su alta cuenca: Tarapaya,

Se describen el equipamiento utilizado, las experiencias recogidas desde su instalación y puesta en funcionamiento, a fines de 2019: problemas encontrados y soluciones implementadas, un primer análisis de los datos obtenidos y los desafíos a encarar en el futuro.

Se debe destacar que el presente proyecto es, esencialmente, una experiencia piloto, en la que su primer objetivo fue verificar la aplicabilidad de este tipo de mediciones en un río con las características del Pilcomayo.

Si bien se han obtenido conjuntos de datos que han permitido análisis preliminares de variaciones de los parámetros debidas a causas hidrológicas y otras no identificadas, se debe destacar que un importante logro de los trabajos realizados es haber permitido conocer el mantenimiento que debe efectuarse (sus características y frecuencias) para asegurar buenas condiciones de circulación del agua por entre sus electrodos – condición de imprescindible cumplimiento para que los valores registrados fueran confiables.

Se puede afirmar razonablemente, que, con el mantenimiento adecuado, la medición continua con electrodos como los utilizados tuvo resultados satisfactorios. El objetivo de determinar la aplicabilidad de este tipo de instrumental a las condiciones del río Pilcomayo ha sido cumplido.

En lo sucesivo se podrá disponer, entonces, de series de datos continuos que permitan visualizar y analizar las variaciones que se registren en los valores medidos e investigar las causas de los mismos.

No debe olvidarse, finalmente, que las actividades de campo que insumió el proyecto se vieron prácticamente interrumpidas a causa de la pandemia de COVID 19 a partir de marzo de 2020 y pudieron restablecerse, aunque parcialmente, desde principio del corriente año.

2 INTRODUCCION

Existen equipos multiparamétricos en el mercado que miden parámetros físico-químicos de manera automática y continua, cuyos datos registrados se transmiten en tiempo real ya sea por telefonía celular GSM/GPRS o satélite.

La sonda multiparamétrica YSI 6600 es uno de ellos. Tiene la capacidad de medir varios parámetros, entre los cuales están pH, conductividad, temperatura y turbiedad.

De los datos obtenidos durante los monitoreos de calidad de aguas de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Pilcomayo (DECTN) se ha observado que los parámetros pH, conductividad y turbiedad tienen una variación estacional en la cuenca alta (hasta Misión la Paz).

Los mismos tienen en la época de lluvias valores de conductividad bajos y turbiedad altos, y un comportamiento inverso durante la época seca. La excepción a este comportamiento se da en la subcuenca del río Tarapaya, donde existe un punto de monitoreo de calidad del agua en la comunidad del mismo nombre. Se presume que dicho comportamiento se debe a la influencia de la actividad antrópica en la misma.

En dicha subcuenca se encuentra la ciudad de Potosí, que no cuenta con planta de tratamiento de sus aguas residuales urbanas. También, en las inmediaciones de la misma se asientan ingenios mineros. Un tercer elemento característico de esta subcuenca es el drenaje ácido de rocas y minas que proviene principalmente del cerro Rico y desmontes de la zona.

Estas características sugirieron la conveniencia de elegir a Tarapaya como punto de monitoreo para instalar una sonda multiparamétrica de monitoreo continuo de pH, conductividad y turbiedad, como prueba piloto.



Ello se encaró, a fines de 2017 a través de un Proyecto conjunto con la Secretaría de Infraestructura y Política Hídricas de la República Argentina denominado "Generación y análisis de información de parámetros de calidad del agua del río Pilcomayo mediante estaciones automáticas con transmisión en tiempo real"

Se esperaba que un adecuado funcionamiento de esta sonda permitiera identificar cambios en la calidad del agua del río cuando existieran descargas al río Tarapaya (aguas ácidas y/o básicas) Ello podría servir para alertar a pobladores de la cuenca aguas abajo en caso de algún evento de contaminación.

En el presente trabajo se describe el diseño de la estructura de protección, los cambios propuestos y las actividades que se fueron implementando durante la puesta en marcha del equipo. El primer diseño no dio buen resultado por el taponamiento excesivo del tubo de limpieza de la estructura.

El segundo diseño mejoró el flujo aunque se presentaron problemas de taponamiento, especialmente durante las crecidas del río Tarapaya.

Como resultado de estas experiencias se procuraría una nueva modificación de la estructura para garantizar el flujo de agua a través de los electrodos de medición.

Se muestran también los resultados obtenidos por la sonda en varios períodos. A pesar de que la sonda dejó de medir en varios lapsos, se han encontrado datos que reflejan el comportamiento natural de los parámetros físico químicos durante las crecidas, así como también cambios en dichas características cuyas causas se desconocen, pero que se podrían atribuir a las actividades antrópicas de la zona.

Se debe resaltar el carácter piloto de esta experiencia ya que este tipo de equipamiento es novedoso en los países de la cuenca y, en mucha mayor medida, en cursos de agua de características del río Pilcomayo.

3 OBJETIVOS

Los objetivos específicos iniciales del proyecto conjunto fueron:

- Experimentar y verificar la adaptabilidad de las mediciones de la sonda multiparamétrica a las condiciones físico-químicas de las aguas del río Pilcomayo En especial atención a la carga de sedimentos sólidos en suspensión.
- Analizar las relaciones que puedan proporcionar las mediciones continuas de parámetros como la turbidez, el pH y la conductividad con las concentraciones de metales que puedan estar presentes en el escurrimiento a través de análisis de las series de tiempo de parámetros adecuadamente escogidos mediante técnicas de procesamiento digital de señales, análisis estadísticos y redes neuronales.

Es decir: estudiar el comportamiento de las variables de pH, conductividad y turbiedad conjuntamente con el nivel del río para identificar si existían cambios en dichas variables que no concordaran con el aumento de caudal por lluvias. Para ello se relacionarían sus datos con los niveles del río medidos sobre una escala hidrométrica a cuyo lado se instaló la sonda y por un sensor automático ubicado sobre un puente a escasos diez metros de la misma.

También, probar la integración de las mediciones de la sonda con los datos obtenidos por el sensor de nivel de agua que funcionaba en dicho emplazamiento con trasmisión en tiempo real.

4 DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Los electrodos de la sonda YSI 6600 tienen las siguientes características:

1. Sensor turbiedad: YSI 6136:
 - a. Tipo de sensor Óptico, dispersión de 90°, con limpieza mecánica
 - b. Rango ... 0 a 1000 NTU
 - c. Precisión + / - 2% de la lectura o 0.3 NTU (lo que sea mayor), en estándares YSI AMCO-AEPA

- d. Resolución 0.1 NTU
- e. Rango de temperatura -5 a 50 °C
- f. Profundidad 61 metros
2. Sensor conductividad: YSI 6560, serie:
 - a. Tipo de sensor 4 celda de electrodo con rango automático
 - b. Rango ... 0 a 100 mS / cm
 - c. Precisión + / - 0,5% de lectura + 0,001 mS / cm
 - d. Resolución..... 0,001 mS / cm a 0,1 mS / cm (depende del rango)
 - e. Rango de temperatura -5 a 60 °C
 - f. Profundidad 200 metros
3. Sensor pH: YSI 6565-056
 - a. Tipo de sensor Electrodo combinado de vidrio
 - b. Rango 0 a 14 unidades
 - c. Precisión + / - 0,2 unidades
 - d. Resolución 0.01 unidades
 - e. Rango de temperatura -5 a 50 °C
 - f. Profundidad 200 metros
4. Temperatura
 - a. Tipo de sensor Termistor
 - b. Rango - 5 a 50 °C
 - c. Precisión + / - 0,15 °C
 - d. Resolución 0.01 °C
 - e. Profundidad 200 metros

El 20 de septiembre de 2018 se realizó la instalación de la sonda y la estructura de protección, constituida por dos tubos de PVC concéntricos, los cuales eran atravesados por tubos de 1 y 2 pulgadas para asegurar el flujo de agua en el tubo central donde se colocó la sonda. El espacio en medio de los tubos concéntricos se llenó con cemento como protección por cualquier elemento que transportara el río, especialmente en crecidas.



Fotografía 1 y 2. Vista de los tubos concéntricos de protección de la sonda y de los orificios laterales, respectivamente.

En la parte inferior tenía una perforación para permitir que el agua circulara libremente y así evitar la sedimentación de los sólidos que pudieran ingresar por los orificios laterales.



Fotografía 3. Vista de la parte inferior del soporte.



Fotografía 4. Distancia entre la escala y la estructura.



Fotografía 5. Vista de la estructura desde arriba del puente.



Fotografía 6. Vista de la circulación de agua dentro de la tubería que albergaría el sensor.



Fotografía 7. Sujeción de la estructura a la roca



Fotografía 8. Tubería de instalación de la sonda.



Fotografía 9. Vaciado de cemento entre los tubos concéntricos.



Fotografía 10. Sonda YSI colocada.



Fotografía 11. Caño de protección del cable de campo de la sonda YSI.



Fotografía 12. Tapa protectora de la instalación de la sonda.

El 28 de septiembre (8 días después) al retirarse la sonda, se observó que tenía sedimento fino y arenas adherido a los electrodos y al casquete de protección. A pesar de esto el cepillo del sensor de turbiedad estaba funcionando perfectamente, ya que se observó que la base del sensor de turbiedad estaba limpia, como se muestra en la fotografía 15.



Fotografía 13. Estado de la sonda



Fotografía 14 vista de los electrodos antes de la limpieza

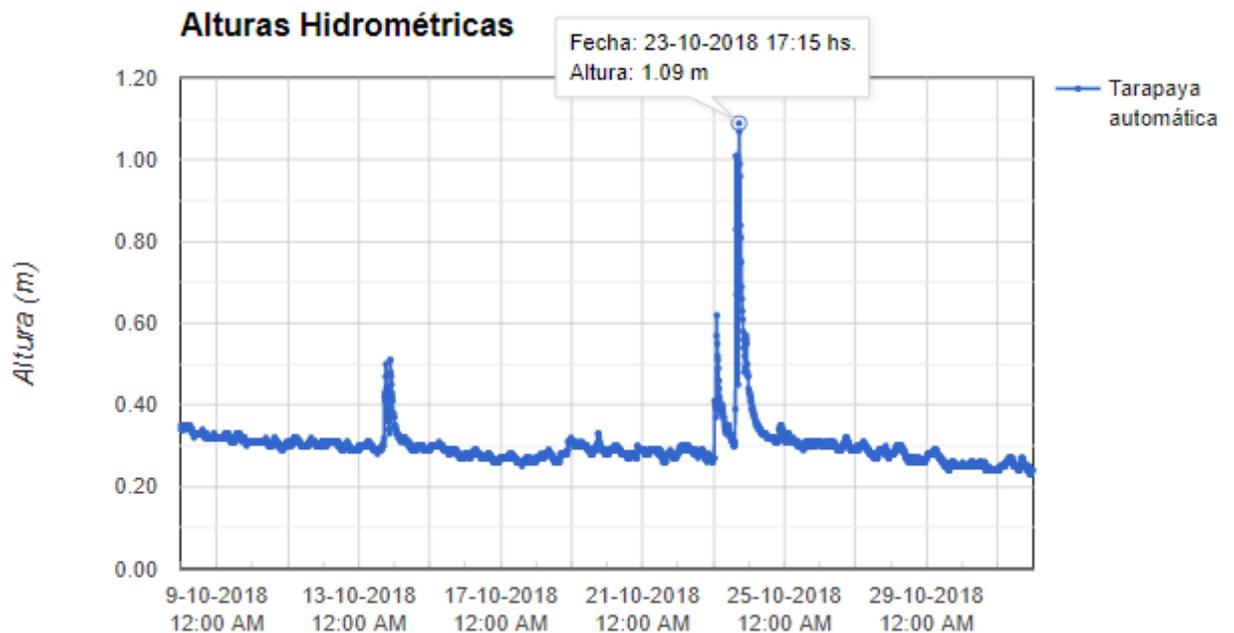


Fotografía 15. Vista inferior de los electrodos



Fotografía 16. vista de los electrodos después de la limpieza

El 25 de octubre de 2018, dos días después del paso de una crecida, se observó la sonda bastante sucia, (fotografía 17) con una deposición alta de sedimentos (fotografía 18) lo que indicaría que el flujo a través de la sonda era mínimo.





Fotografías 17 y 18. Sonda YSI al sacar de la estructura

Incluso después de su enjuague con agua de la canilla, se observaron los sedimentos depositados en los sensores, en especial en el de pH alrededor del electrodo de vidrio, de forma similar ocurrió con el electrodo de conductividad. El sensor de turbiedad se observó limpio en la sección que cubre el “cepillo”, pero en el resto y en el mismo cepillo se observó mucho sedimento fino (limo) (Fotografía 19).



Fotografía 19. Vista de los electrodos después de una primera limpieza superficial, se observa en el electrodo de pH, el sedimento incrustado.

Este comportamiento indicaba que la estructura actuaba como una trampa de sedimentos y que las lecturas no eran confiables porque los electrodos podrían no estar midiendo las características del agua sino del sedimento ya

que no existía flujo a la altura de los sensores de medición. Se llegó a la conclusión de que era necesario un cambio en el diseño. Para solucionar esto, se pensó en algunas modificaciones en la estructura del sensor a saber:

1. Realizar un orificio del mismo diámetro en la parte anterior del orificio de limpieza y dejar ambos abiertos, de esta forma el agua fluirá continuamente por el cilindro formado.

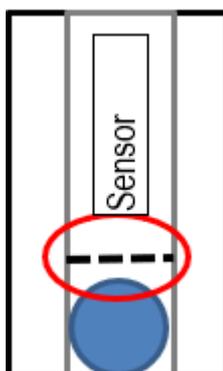


Fotografía 20. Vista del orificio de limpieza cerrado con malla protectora



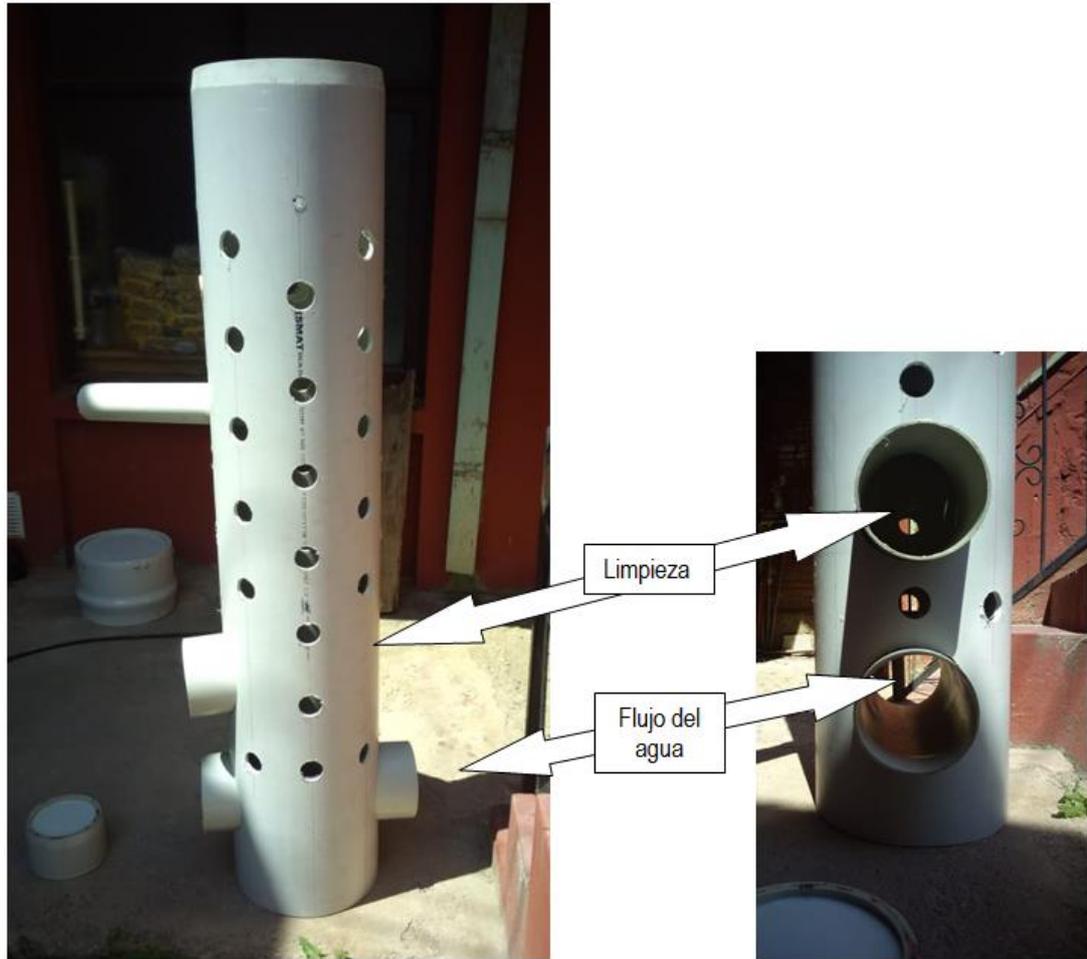
Fotografía 21. Vista interior del orificio de limpieza

2. Colocar una "tapa" en la parte superior del cilindro, como se muestra en el siguiente esquema, de la misma malla que la del orificio de limpieza. De esta forma estaría protegido el sensor de cualquier piedra o sólido grueso que atravesara el orificio.



3. Dado que el personal del SENAMHI Potosí encargado de las lecturas hidrométricas indicó que la turbulencia creada por la estructura de la sonda dificultaba las lecturas de la escala, se decidió mover dos metros aproximadamente hacia aguas arriba la misma.

El 10 de diciembre del 2019 se instaló la estructura modificada que contó con dos orificios, uno superior para realizar la limpieza de la sección donde está el sensor (personal del SENAMHI está introduciendo la mano en la fotografía 23) y uno inferior que alojaba un tubo que atravesaba la estructura, por donde circularía libremente el agua.



Fotografías 22. Nueva estructura y detalle de las tuberías inferiores



Fotografía 23. Pruebas para limpiar la estructura.



Fotografía 24. Vista de la nueva estructura instalada.

Se conectó también la sonda al RTU para que transmita a tiempo real las lecturas.

El 18 de diciembre de 2019 (7 días después) se realizó la limpieza de la estructura y se encontró que el orificio construido para acceder a la parte inferior de la estructura estaba lleno de sedimento, como se observa en las siguientes fotos:



Fotografía 25. Sedimento recuperado de tubo de limpieza.

En vista de esta situación se decidió dejar abierto el orificio superior para evitar la sedimentación dentro de la estructura.

El 27 de diciembre de 2019 nuevamente se encontró la sonda con un alto contenido de sedimentos en la sección de los sensores, incluso mayor a lo que se observó en el primer mantenimiento. Esto indicaba que el agua no circulaba en la estructura.



Fotografía 26. Vista de la parte inferior de la sonda al sacar de la estructura.

Al realizar la limpieza por el “orificio para la limpieza”, se observó que la malla que se colocó para proteger los sensores estaba tapada con arena. La misma se colmataba por la alta cantidad de sólidos que traía el río, por lo que se decidió retirarla.



Fotografía 27. Sedimento recuperado de tubo de limpieza.



Fotografía 28. Protector interno de la sonda que fue retirado.

El 3 de enero de 2020 se encontró al sensor, una vez más, lleno de sedimento acumulado, y quizá en mayor cantidad que en el anterior mantenimiento, indicando que nuevamente estaba obstruido el conducto de circulación del agua.



Fotografía 29. Sonda antes de la limpieza

Cuando se procedió a la limpieza del conducto se encontró una bolsa de yute en la parte posterior que impedía la circulación:



Fotografía 30. Bolsa de yute retirada de la tubería de flujo de agua.

A partir de estas comprobaciones se encaró un programa de limpieza de la sonda en dos modalidades: una limpieza básica de la estructura de protección (el conducto inferior) que se realizaría 3 veces por semana por el observador de SENAMHI de la estación Tarapaya y una más intensiva, (limpieza de los electrodos) a cargo del personal del SENAMHI de la regional Potosí, con una frecuencia semanal. Ello en el marco de los acuerdos existentes entre la DE CTN y ese organismo del Estado Plurinacional de Bolivia.

Por otro lado, desde que se conectó la sonda al RTU para que se realizaran las pruebas de transmisión a tiempo real (10 de diciembre de 2019), se presentó interferencias entre las sondas de calidad de aguas y de nivel, y se perdieron los datos de este último.

Desde entonces se han recibido las siguientes fotos de las veces en que el SENAMHI procedió a realizar la limpieza de la sonda. A continuación algunas de ellas:



Fotografías 31 y 32. Día 17 de enero de 2020: Antes y después de la limpieza



Fotografías 33 y 34. Día 24 de enero de 2020: Antes y después de la limpieza

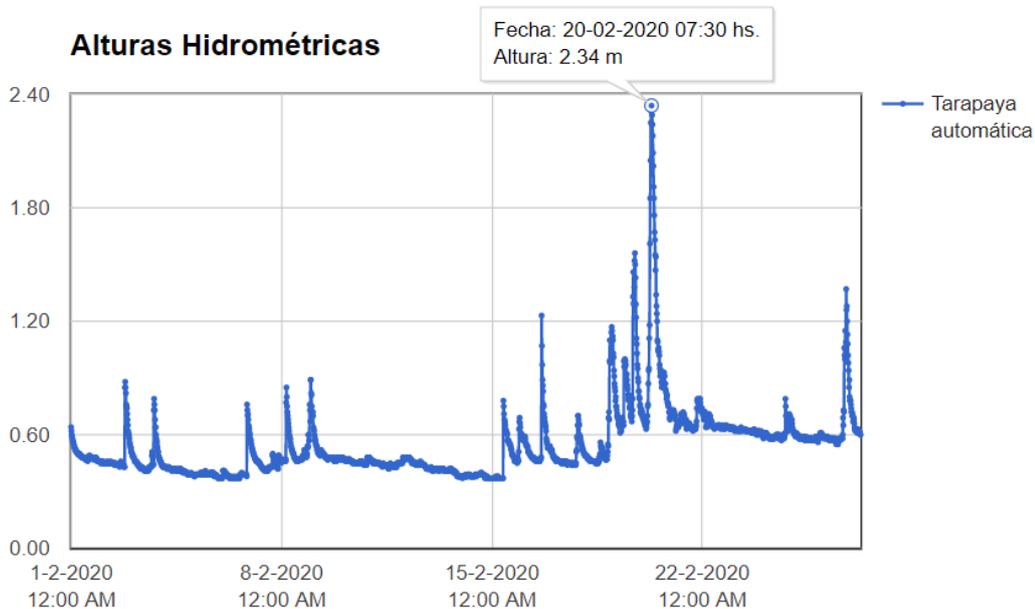


Fotografías 35 y 36. Día 7 de febrero de 2020: Antes y después de la limpieza



Fotografías 37 y 38. Día 14 de febrero de 2020: Antes y después de la limpieza

Las limpiezas realizadas luego de crecidas mostraron que la sonda quedaba totalmente cubierta con la basura que transportaba el río, como en el 20 de febrero de 2020 cuando un pico de crecida alcanzó los 2,34m.





Fotografía 39. Crecida del 20 de febrero de 2020, la estructura está totalmente sumergida.

El 26 de febrero de 2020 personal de SENAMHI pudo realizar la limpieza de la estructura, ocasión en la que se pudo apreciar la cantidad de sedimento depositado entre ambos cilindros concéntricos.



Fotografías 40 y 41. Basura y sedimento depositado en la estructura.

Al retirar la sonda se encontraron en su extremo superior restos de bolsas plásticas, ramas y gran cantidad de sedimento.



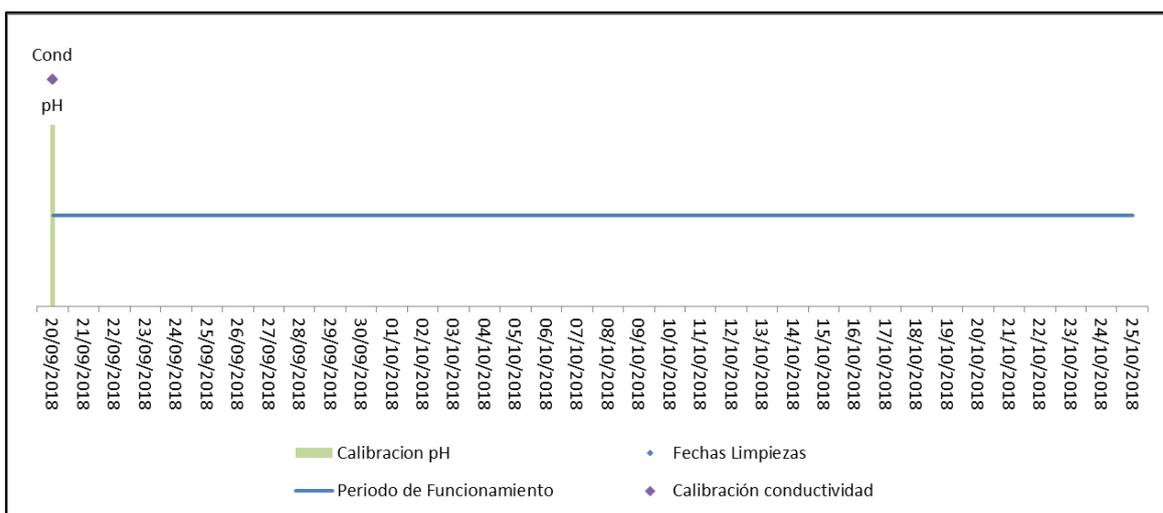
Fotografías 42 y 43. Basura y sedimento en el sensor.

Dadas las restricciones totales a la circulación de personas y vehículos impuestas a partir de mayo de 2020 como consecuencia de la pandemia del COVID 19 el programa de limpieza y mantenimiento se discontinuó, reanudándose a principios de año 2021 con las mismas modalidades.

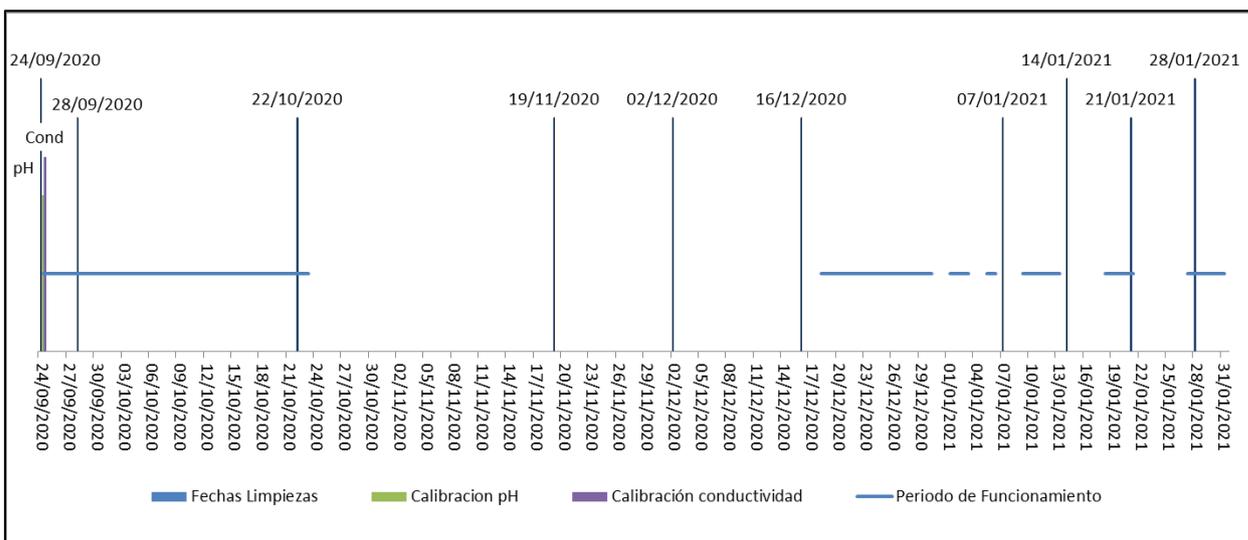
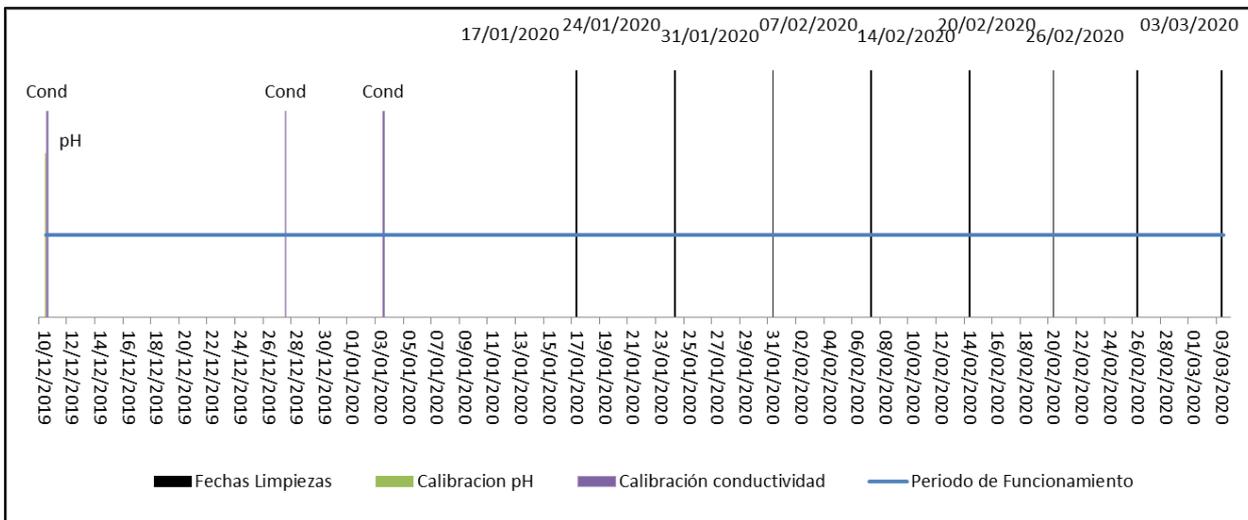
5 ACTIVIDADES EN LINEA DE TIEMPO

Para un mejor entendimiento de las actividades realizadas se grafican a continuación los periodos en los cuales la sonda estuvo activa, las calibraciones realizadas a los electrodos de pH y conductividad, y las limpiezas de la estructura. Sólo se realizaron verificaciones cualitativas con el sensor de turbiedad

- Primera estructura del 20/09/2018 al 25/10/2018:



- Segunda estructura del 10/12/2019 en adelante:



6 DATOS OBTENIDOS

Primera estructura:

Tabla 1. Estadística datos del 20 al 28 de septiembre del 2018 - Tarapaya

| Del 20/09/2018 al 28/09/2018 (731 datos) | | | | |
|--|--------|---------|--------|---------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m) | 0.23 | 0.29 | 0.26 | 0.011 |
| Conductividad (mS/cm) | 1.01 | 1.35 | 1.14 | 0.075 |
| Turbiedad (NTU) | 93.00 | 1658.30 | 317.65 | 271.0 |
| pH | 8.67 | 9.70 | 9.30 | 0.230 |
| Temperatura (°C) | 4.16 | 21.06 | 12.13 | 4.029 |

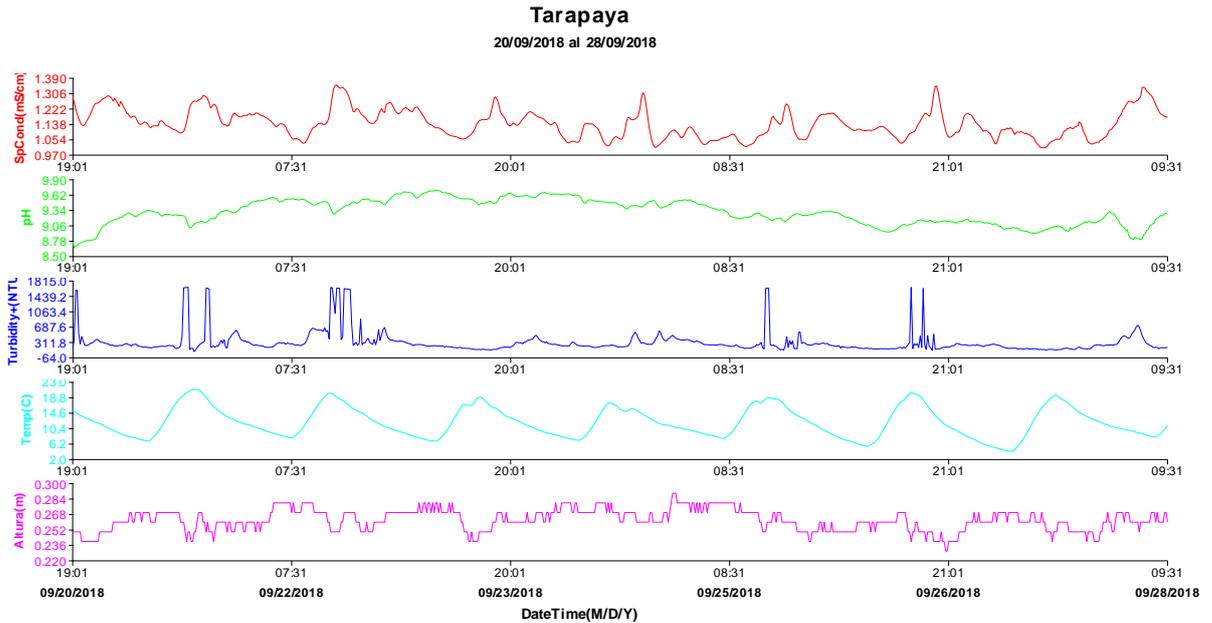


Gráfico 1. Datos del 20 al 28 de septiembre de 2018 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

Se observó alta variabilidad de las mediciones de conductividad en las que los valores no volvieron a los niveles de partida. Las mediciones de pH subieron de manera relativamente constante y se mantuvieron a niveles muy básicos, estos comportamientos al no ser característicos de aguas superficiales, podrían indicar el taponamiento por sedimentos o el agotamiento del sensor de pH.

El sensor de turbiedad leyó aumentos superiores a límite del equipo y volvió a los valores previamente leídos, lo que indicaría que estuvo trabajando bien, en este caso se tiene instalado un cepillo que va limpiando el sensor.

Tabla 2. Estadística datos del 28 de septiembre al 25 de octubre de 2018 – Tarapaya

| Del 28/09/2018 al 25/10/2018 (2706 datos) | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|----------------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m) | 0.23 | 1.50 | 0.31 | 0.111 |
| Conductividad (mS/cm) | 0.00 | 1.54 | 1.13 | 0.256 |
| Turbiedad (NTU) | -3.80* | 1713.50 | 679.42 | 554.0 |
| pH | 7.87 | 9.71 | 9.06 | 0.391 |
| Temperatura (°C) | 5.39 | 25.20 | 14.20 | 4.089 |

* Por el principio de funcionamiento óptico del sensor de turbidez la deposición de sólidos y basuras en su superficie afectó la medición entre la luz emitida y la detectada, registrando lecturas bajas (incluso negativas), que no son características de aguas superficiales con las particularidades que tiene Tarapaya

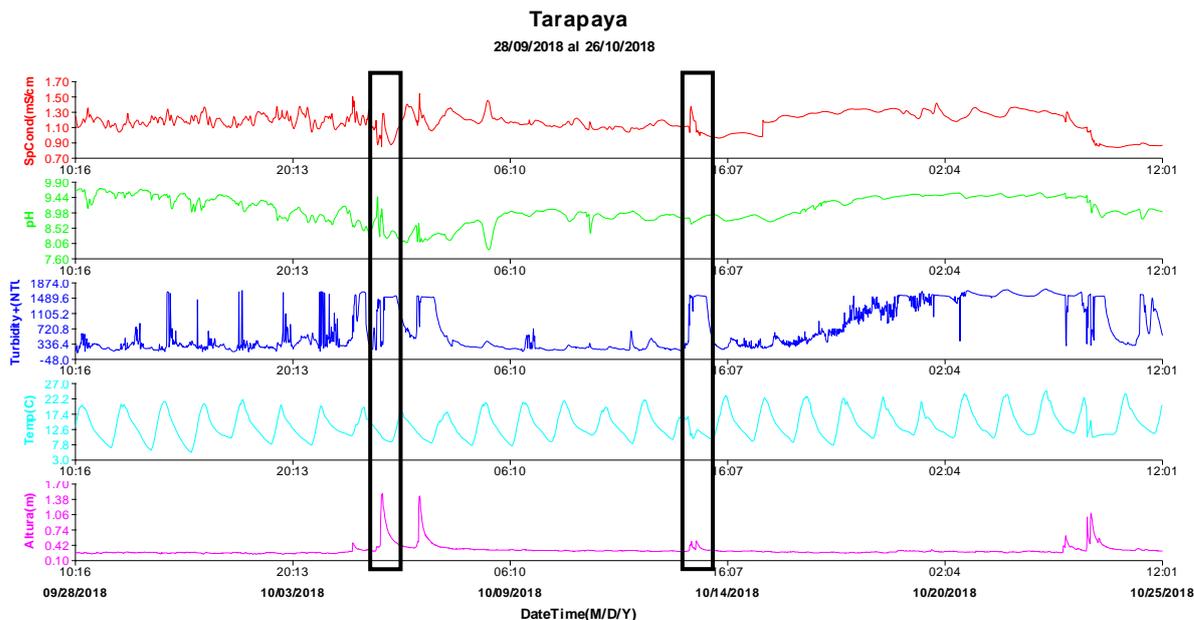


Gráfico 2. Datos del 28 de septiembre al 25 de octubre de 2018 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

Lllaman la atención los aumentos de turbiedad que no coincidían con aumentos de nivel hidrométrico (la variación de éste último podría atribuirse a las lluvias) como los dos señalados con los rectángulos negros.

Los sólidos suspendidos registrados hasta el 5 de octubre, que seguramente quedaron retenidos en la estructura, afectaron las lecturas, especialmente del electrodo de pH, porque se observa una marcada tendencia a ir disminuyendo sus valores en los primeros días, hasta la crecida registrada el 6-10-2018 de 1.54 m. Al final de este periodo, el 25 de octubre, se observa en la Fotografía 19 como, incluso después de una primera limpieza superficial, los electrodos de pH y conductividad aún presentan sedimentos adheridos.

A pesar de estas incertidumbres se observan dos leves incrementos de nivel el 13 de octubre en horas de la noche, de 0.44 y 0.45 m, que presentaron un alto incremento de turbiedad desde aproximadamente las 16 hasta las 6 de la mañana del día siguiente y, a su vez, se observaron variaciones de la temperatura del agua incluso desde las 11 a.m. de ese día y un ligero incremento de 1.1 a 1.3 mS/cm de conductividad.

A partir del 15 de octubre los sensores mostraron lecturas erráticas sin variaciones, lo que pudo deberse al taponamiento por los sedimentos.

Al realizar el mantenimiento del equipo en laboratorio (1 al 4 de abril de 2019), se detectó el mal funcionamiento de los electrodos de pH y de turbiedad, los cuales fueron reemplazados para las siguientes lecturas:

Tabla 3. Estadística datos del 10 al 18 de diciembre de 2019 – Tarapaya

| Del 10/12/2019 al 18/12/2019 (739 datos) | | | | |
|--|-----------------------------------|---------|--------|---------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m) | Interferencia con sensor de nivel | | | |
| Conductividad (mS/cm) | 0.16 | 1.62 | 1.01 | 0.319 |
| Turbiedad (NTU) | --40.70* | 1522.50 | 543.04 | 441.3 |
| pH | 6.87 | 7.92 | 7.52 | 0.283 |
| Temperatura (°C) | 8.98 | 25.72 | 15.24 | 4.440 |

* Por el principio de funcionamiento óptico del sensor de turbidez la deposición de sólidos y basuras en su superficie afectó la medición entre la luz emitida y la detectada, registrando lecturas bajas (incluso negativas), que no son características de aguas superficiales con las particularidades que tiene Tarapaya.

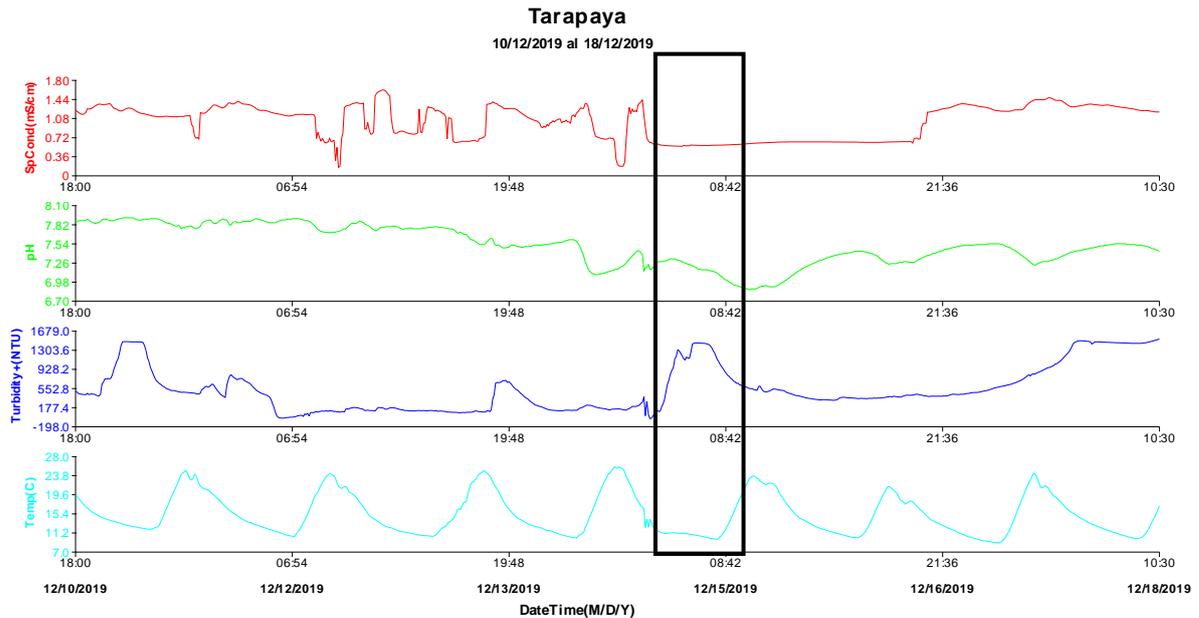


Gráfico 3. Datos del 10 al 18 de diciembre de 2019 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

Lamentablemente la conexión simultánea del sensor de calidad de aguas al sistema de transmisión a tiempo real del sensor de nivel interfirió con la toma de datos de este último y no se cuentan con datos de nivel del río del 20 de septiembre de 2019 al 31 de enero de 2020.

Si bien la calibración de los electrodos fue verificada al inicio de las lecturas, un aumento de turbiedad registrado el mismo día en horas de la noche (10 de diciembre de 2019) pudo provocar nuevamente deposición de sedimento en los electrodos, pudiendo ser la razón por la que las lecturas muestran valores erráticos.

Sin embargo, llama la atención las variaciones de temperatura registradas en los valores máximos que se dan entre horas 13 y 17.

El aumento de turbiedad del 14 de diciembre que duro de 9 a 12 pm, provocó que la conductividad muestre valores constantes hasta el 16 para luego aumentar y casi mantenerse constante alrededor 1.3 mS/cm, y en el caso del pH fluctuaciones que parecen variar con la hora del día. Esto pudiera ser porque al estar llena de sedimentos la estructura, se dieron procesos de fermentación de la carga orgánica que ésta pudiera contener ya que uno de sus afluentes es receptor de las aguas residuales urbanas de la ciudad de Potosí.

Tabla 4. Estadística de datos del 18 al 27 de diciembre de 2019 – Tarapaya

| Del 18/12/2019 al 27/12/2019 (860 datos) | | | | |
|--|-----------------------------------|---------|--------|---------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m) | Interferencia con sensor de nivel | | | |
| Conductividad (mS/cm) | 0.7 | 1.69 | 1.16 | 0.169 |
| Turbiedad (NTU) | 39.81 | 1549.69 | 355.18 | 365.6 |
| pH | 6.70 | 7.87 | 7.50 | 0.249 |
| Temperatura (°C) | 8.59 | 26.50 | 15.28 | 4.453 |

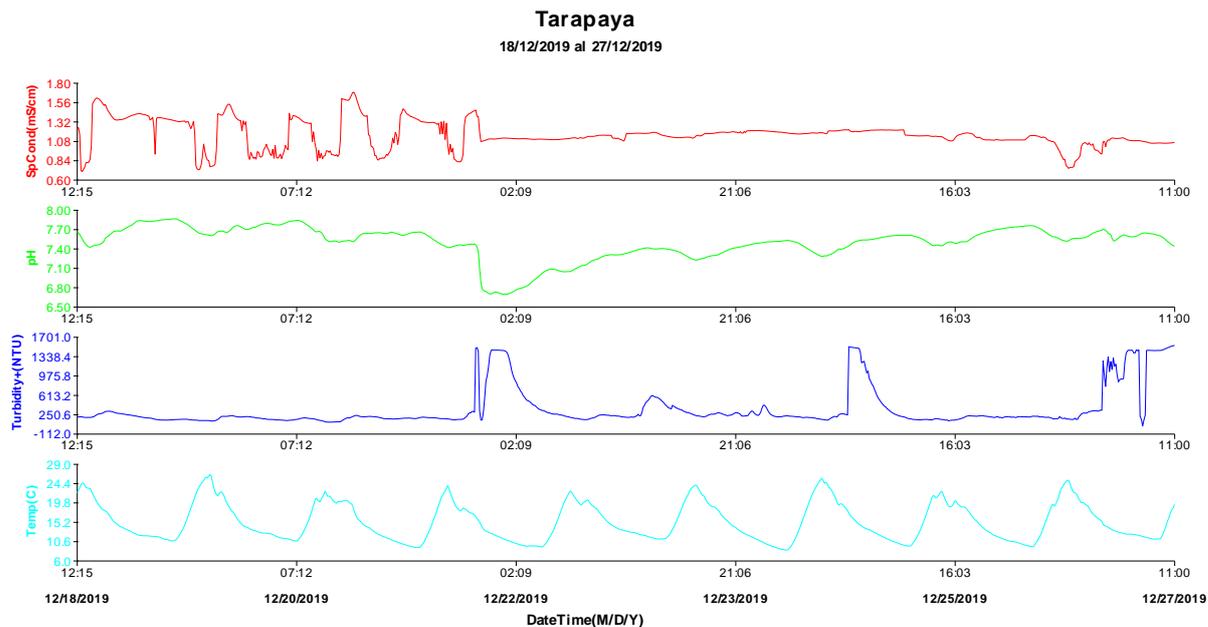


Gráfico 4. Datos del 18 al 27 de diciembre de 2019 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

El electrodo de conductividad mostró un comportamiento errático casi desde el inicio del periodo, manteniendo un valor constante desde el 21 de diciembre, cuando se incrementó la turbiedad, hasta el 26 de diciembre. Se sospecha que el sensor no estuvo leyendo bien porque al haber un aumento de turbiedad debió mostrarse una variación en su lectura si este incremento fue debido a una creciente.

Pareciera ser que el sensor de turbiedad funcionó bien hasta el 26 de diciembre porque las lecturas vuelven a los valores de “base”. A partir de entonces, y coincidiendo con una disminución de la conductividad, se mantuvo en valores altos, lo que podría reflejar el taponamiento de la parte inferior del sensor.

Tabla 5. Estadística datos del 27 de diciembre del 2019 al 3 de enero de 2020 – Tarapaya

| Del 27/12/2019 al 3/01/2020 (664 datos) | | | | |
|---|-----------------------------------|---------|--------|---------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m) | Interferencia con sensor de nivel | | | |
| Conductividad (mS/cm) | 0.21 | 1.60 | 0.26 | 0.176 |
| Turbiedad (NTU) | 55.43 | 1563.31 | 754.03 | 458.8 |
| pH | 6.15 | 7.63 | 7.34 | 0.222 |
| Temperatura (°C) | 11.07 | 24.70 | 15.01 | 3.415 |

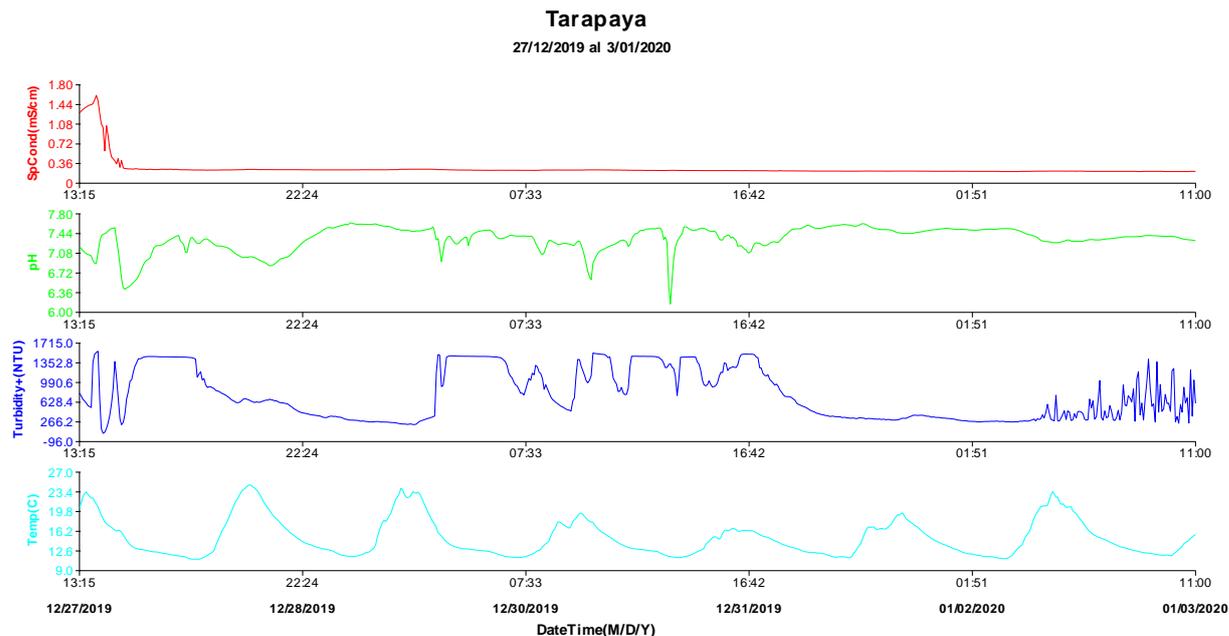


Gráfico 5. Datos del 27 de diciembre del 2019 al 3 de enero de 2020 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

El primer pico de turbiedad se dio en la tarde del mantenimiento realizado el 27 de diciembre de 2019 al medio día, y al parecer hizo que los sensores no tomaran datos apropiadamente. Este pico se registró hasta el 28 de diciembre a las 6:30 am.

Del 29 de diciembre a las 6 a.m. hasta el 1 de enero del 2020 a las 11.30, se presentaron muchos picos de turbiedad alta, y a partir del 2 las lecturas fueron erráticas.

A partir del 27 de diciembre el electrodo de conductividad comenzó a medir una conductividad constante de alrededor de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sin variaciones, lo que llama la atención.

Tabla 6. Estadística datos del 3 de enero al 3 de marzo de 2020 – Tarapaya

| Del 3/01/2020 al 3/03/2020 (5760 datos) | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|----------------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m)** | 0.37 | 2.34 | 0.57 | 0.20 |
| Conductividad (mS/cm) | 0.02 | 1.41 | 0.25 | 0.112 |
| Turbiedad (NTU) | -58.70* | 1608.41 | 769.15 | 494.9 |
| pH | 5.06 | 7.95 | 7.19 | 0.329 |
| Temperatura (°C) | 8.91 | 26.57 | 15.12 | 3.792 |

* Por el principio de funcionamiento óptico del sensor de turbidez la deposición de sólidos y basuras en su superficie afectó la medición entre la luz emitida y la detectada, registrando lecturas bajas (incluso negativas), que no son características de aguas superficiales con las particularidades que tiene Tarapaya.

** Los datos de altura se midieron desde el 31 de enero de 2020 a horas 9:15

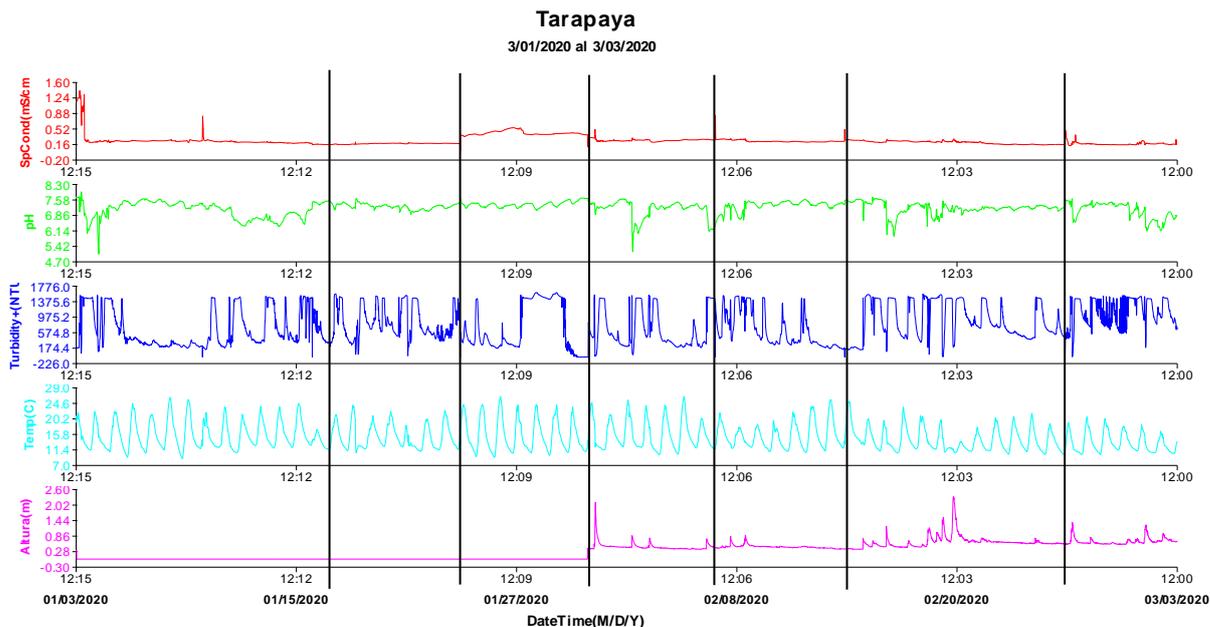


Gráfico 6. Datos del 3 de enero al 3 de marzo de 2020 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

En líneas se muestran las limpiezas realizadas por personal del SENAMHI de la regional Potosí. Después de cada limpieza se puede apreciar leves efectos en las mediciones, como se observa, por ejemplo, en la conductividad (rojo).

Tabla 7. Estadística datos del 24 de septiembre al 23 de octubre de 2020 – Tarapaya

| Del 24/09/2020 al 23/10/2020 (2750 datos) | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|----------------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m) | 0.37 | 1.60 | 0.45 | 0.108 |
| Conductividad (mS/cm) | 0.55 | 2.04 | 0.91 | 0.172 |
| Turbiedad (NTU) | -53.27 | 1572.95 | 384.62 | 382.3 |
| pH | 4.80 | 7.92 | 7.38 | 0.379 |
| Temperatura (°C) | 4.27 | 24.55 | 13.48 | 4.320 |

* Por el principio de funcionamiento óptico del sensor de turbidez la deposición de sólidos y basuras en su superficie afectó la medición entre la luz emitida y la detectada, registrando lecturas bajas (incluso negativas), que no son características de aguas superficiales con las particularidades que tiene Tarapaya.

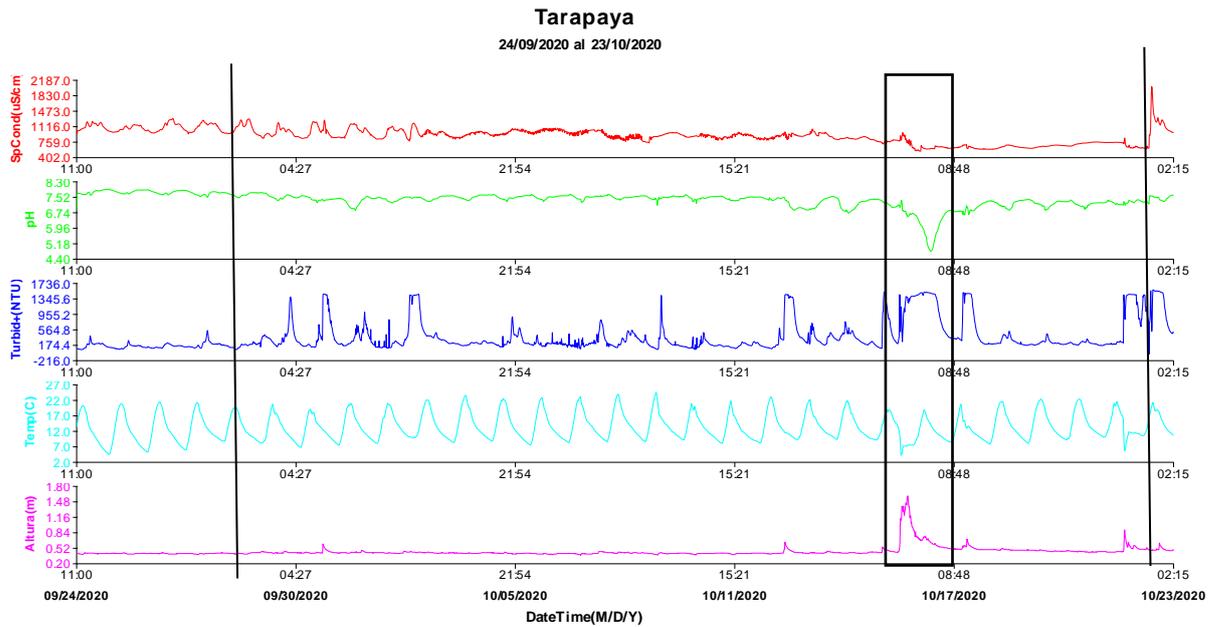


Gráfico 7. Datos del 24 de septiembre al 23 de octubre de 2020 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

En líneas se muestran las limpiezas realizadas por personal del SENAMHI de la regional Potosí.

Se debe destacar que aún con los problemas descritos con anterioridad se puede observar que existen varios aumentos de turbiedad sin corresponderse con aumentos del nivel del río.

Además, la crecida del 15 de octubre, en la que el nivel sube de 0.44 a 1.44 m, produjo una disminución del pH (presumiblemente por el aumento del drenaje de aguas ácidas) y de temperatura.

Lamentablemente el sensor de conductividad no registró cambios porque sus lecturas fueron erráticas desde el 3 de octubre luego de un aumento de turbiedad. Luego de la limpieza del 22 de octubre pareciera ser que volvió a tomar las medidas.

Tabla 8. Estadística datos del 18 de diciembre de 2020 al 31 de enero de 2021 – Tarapaya

| Del 18/12/2020 al 31/01/2021 (1623 datos) | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|----------------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m) | 0.35 | 1.13 | 0.45 | 0.091 |
| Conductividad (mS/cm) | 0.15 | 2.50 | 0.72 | 0.384 |
| Turbiedad (NTU) | -58.60* | 1559.90 | 336.98 | 383.2 |
| pH | 6.03 | 7.93 | 7.37 | 0.292 |
| Temperatura (°C) | 8.42 | 26.14 | 16.18 | 4.224 |

* Por el principio de funcionamiento óptico del sensor de turbidez la deposición de sólidos y basuras en su superficie afectó la medición entre la luz emitida y la detectada, registrando lecturas bajas (incluso negativas), que no son características de aguas superficiales con las particularidades que tiene Tarapaya

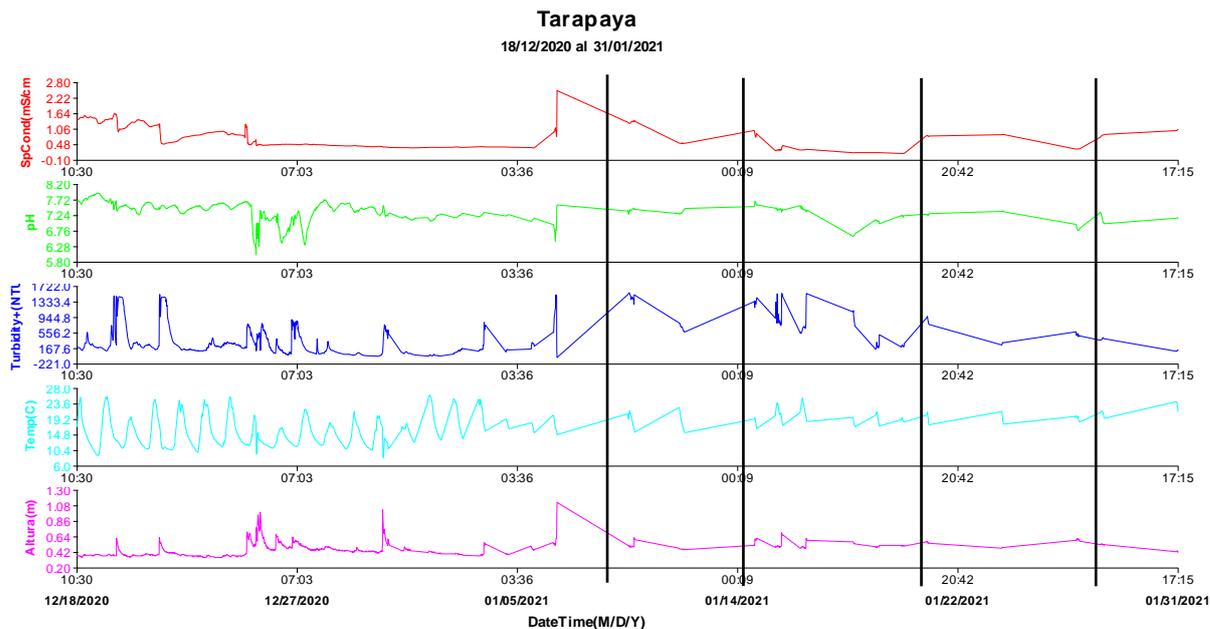


Gráfico 8. Datos del 18 de diciembre de 2020 al 31 de enero de 2021 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

En líneas se muestran las limpiezas realizadas por personal del SENAMHI de la regional Potosí.

Durante este período, por causas que se desconocen, la sonda no tomó medidas durante varios lapsos de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 9. Intervalos de tiempo que no se cuenta con registros.

| Inicio de interrupción | | Fin de interrupción | | Datos perdidos |
|------------------------|-------|---------------------|-------|----------------|
| Fecha | Hora | Fecha | Hora | |
| 30-12-2020 | 18:45 | 30-12-2020 | 19:00 | 2 |
| 31-12-2020 | 0:00 | | | 1 |
| 31-12-2020 | 00:30 | 31-12-2020 | 11:15 | 44 |
| 1-01-2021 | 00:30 | 1-01-2021 | 12:45 | 50 |
| 2-01-2021 | 2:15 | 2-01-2021 | 14:00 | 48 |
| 2-01-2021 | 23:00 | 3-01-2021 | 13:45 | 60 |
| 3-01-2021 | 20:45 | 4-01-2021 | 16:15 | 79 |
| 4-01-2021 | 19:30 | 5-01-2021 | 16:30 | 85 |
| 5-01-2021 | 20:00 | 6-01-2021 | 13:45 | 72 |
| 6-01-2021 | 18:00 | 9-01-2021 | 14:00 | 273 |
| 9-01-2021 | 21:00 | 11-01-2021 | 15:15 | 170 |
| 11-01-2021 | 21:15 | 14-01-2021 | 15:45 | 267 |
| 14-01-2021 | 18:45 | 15-01-2021 | 12:15 | 71 |
| 15-01-2021 | 19:45 | 16-01-2021 | 12:00 | 66 |
| 16-01-2021 | 19:15 | 18-01-2021 | 15:15 | 177 |
| 18-01-2021 | 17:30 | 19-01-2021 | 13:00 | 79 |
| 19-01-2021 | 17:00 | 20-01-2021 | 13:30 | 83 |
| 20-01-2021 | 17:00 | 21-01-2021 | 14:00 | 85 |
| 21-01-2021 | 17:00 | 24-01-2021 | 14:45 | 280 |
| 24-01-2021 | 16:45 | 27-01-2021 | 14:15 | 279 |
| 27-01-2021 | 18:15 | 28-01-2021 | 14:00 | 80 |
| 28-01-2021 | 18:00 | 31-01-2021 | 15:15 | 278 |

Todos los mantenimientos de la sonda por el SENAMHI fueron realizados entre 9 y 10 de la mañana, cuando el sensor no registro mediciones.

Si se considera lapso del 18 al 31 de diciembre de 2020 en el que no hubo interrupción en la toma de datos tenemos:

Tabla 10. Estadística datos del 18 al 31 de diciembre de 2020 – Tarapaya

| Del 18/12/2020 al 31/12/2020 (1257 datos) | | | | |
|---|---------|---------|--------|---------------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
| Altura (m) | 0.35 | 1.03 | 0.44 | 0.091 |
| Conductividad (mS/cm) | 0.36 | 1.65 | 0.77 | 0.379 |
| Turbiedad (NTU) | -28.30* | 1521.60 | 281.13 | 362.2 |
| pH | 6.03 | 7.93 | 7.41 | 0.301 |
| Temperatura (°C) | 8.42 | 25.64 | 15.12 | 3.929 |

* Por el principio de funcionamiento óptico del sensor de turbidez la deposición de sólidos y basuras en su superficie afectó la medición entre la luz emitida y la detectada, registrando lecturas bajas (incluso negativas), que no son características de aguas superficiales con las particularidades que tiene Tarapaya.

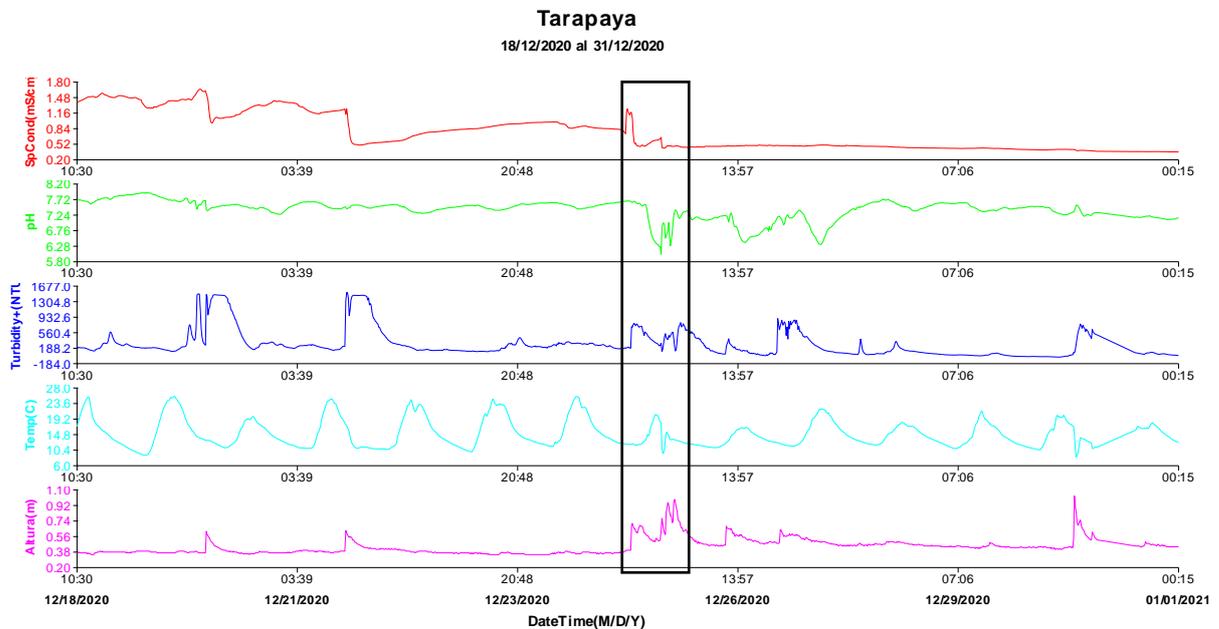


Gráfico 9. Datos del 18 al 31 de diciembre de 2020 – Tarapaya

Nota: El gráfico se muestra ampliado en el Anexo 1

Se puede observar una cierta relación de la turbiedad y el nivel hidrométrico. Sin embargo, a partir de la tercera crecida (25 de diciembre de 2020), cuando el nivel del río subió por crecidas continuas, los distintos sensores comenzaron a mostrar lo siguiente:

- La turbiedad no volvió a los niveles de base, sino que mostró una tendencia a disminuir, lo cual muestra un comportamiento diferente a lo que sucede en la época de lluvias, por lo que, presumiblemente, debería haber subido.
- El pH pareciera disminuir sus valores luego de la primera crecida, para luego en la tercera bajar a niveles bastante ácidos y fluctuantes.
- La conductividad, si bien luego de la primera crecida pareció volver a su nivel de base, en la segunda, bajó abruptamente para luego mantenerse a niveles bajos aún luego de la crecida.

Durante este periodo no hubo limpiezas a la sonda.

7 PRIMEROS ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a lo mencionado en el punto anterior, de los datos obtenidos se puede señalar lo siguiente:

- Se ha observado en algunas oportunidades una deriva de los datos producidos causada, principalmente, por la deposición de basuras y/o sedimentos con alto componente de materia orgánica.
- Un aumento de nivel en los ríos es la respuesta natural a la ocurrencia de lluvias en su cuenca de aporte. Los caudales de crecidas arrastran una cantidad de sólidos que da lugar a un aumento en la turbiedad y una disminución de la conductividad por dilución de iones.
- Sin datos del nivel del río, no se pueden diferenciar las variaciones fisico-químicas de los parámetros debidas a causas naturales antes mencionadas, de las provocadas por actividades antrópicas, como la descarga de líquidos cloacales urbanos o industriales.

Considerando lo anteriormente mencionado se exponen los siguientes comportamientos como ejemplo de las variaciones encontradas entre los diferentes parámetros:

7.1 Condiciones naturales

Entre los días 21 y 22 de diciembre de 2020 se observa un incremento del nivel del río de 0.39 a 0.63 m, que dio lugar a cambios en las características fisico químicas, como se muestra en los siguientes gráficos.

Se destaca – como era de esperar - la fuerte correspondencia entre el aumento de nivel y de la turbiedad.

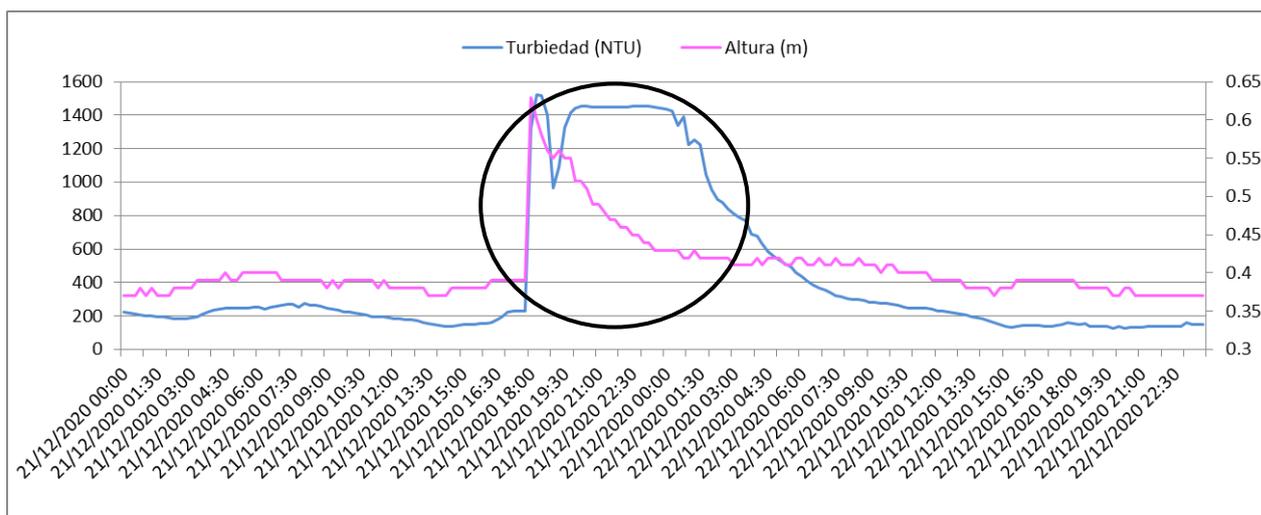


Gráfico 10. Turbiedad y altura del 21 al 22 de diciembre de 2020 – Tarapaya

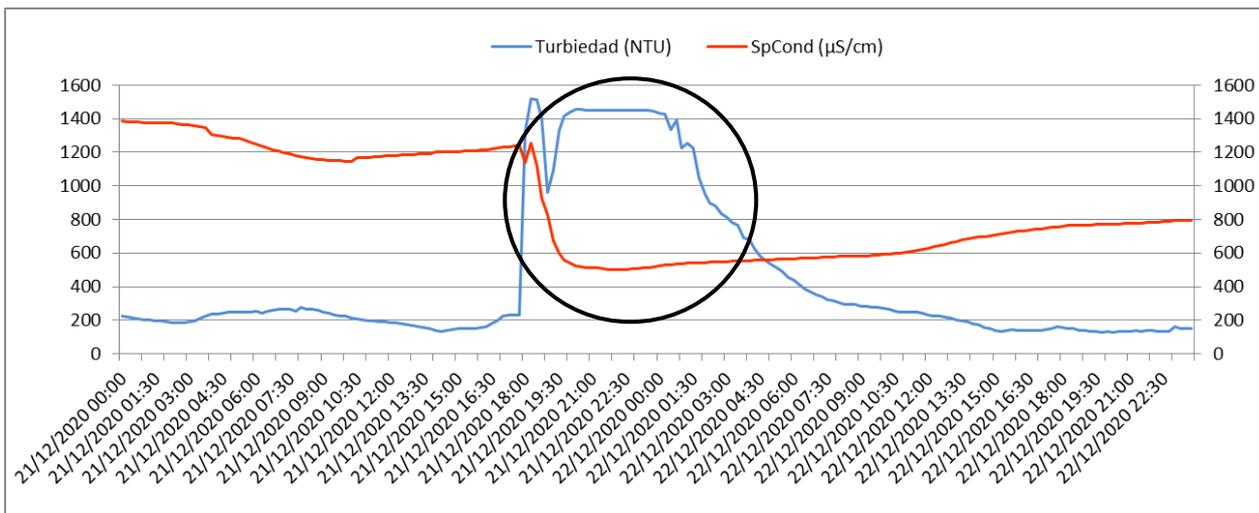


Gráfico 11. Turbiedad y conductividad del 21 al 22 de diciembre de 2020 – Tarapaya

A un aumento de nivel del río la conductividad disminuyó, lo que podría explicarse porque la lluvia diluyó la concentración de iones.

Durante este incremento de nivel el pH bajó ligeramente. La posibilidad de que se hubieran registrado lluvias en la subcuenca de Tarapaya, con descargas de aguas ácidas de mina y roca al río podría explicar esta disminución.

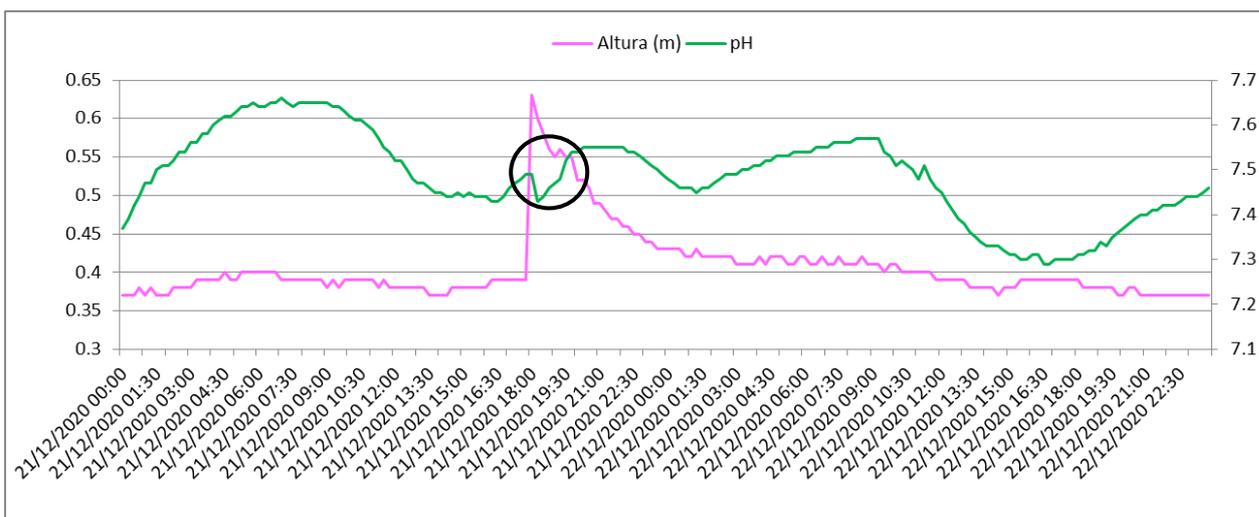


Gráfico 12. Altura y pH del 21 al 22 de diciembre de 2020 – Tarapaya

7.2 Probables causas antrópicas

El día 19 de diciembre de 2020 se observó (Gráfica 13) que sin ningún cambio significativo en el nivel del río existió un aumento en la turbiedad desde alrededor de 200 NTU con un primer pico hasta 700 NTU seguido de un segundo que subió a un valor superior a 1400 NTU. La actividad antrópica existente podría explicar este tipo de situaciones.

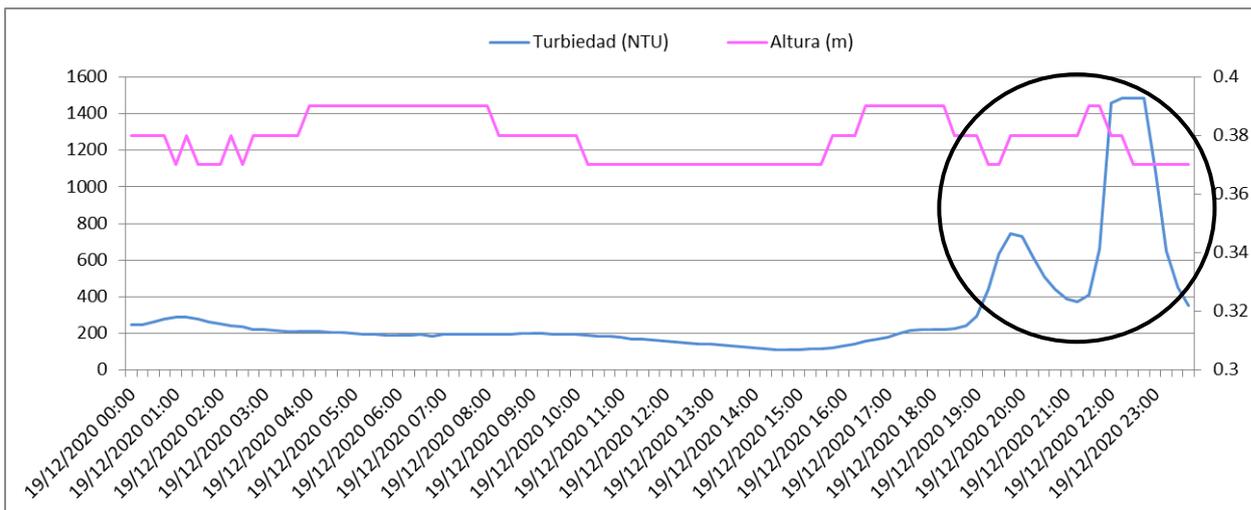


Gráfico 13. Turbiedad y altura del 19 de diciembre de 2020 – Tarapaya

En ese mismo lapso el aumento de nivel coincide con un incremento de conductividad y una disminución de pH como se muestra en los siguientes gráficos. Estas mediciones podrían indicar que el río se vio afectado por algún tipo de descarga que presentara un alto contenido de iones y un pH ácido. Sin un análisis de laboratorio no se podría determinar las características físico-químicas de las mismas.

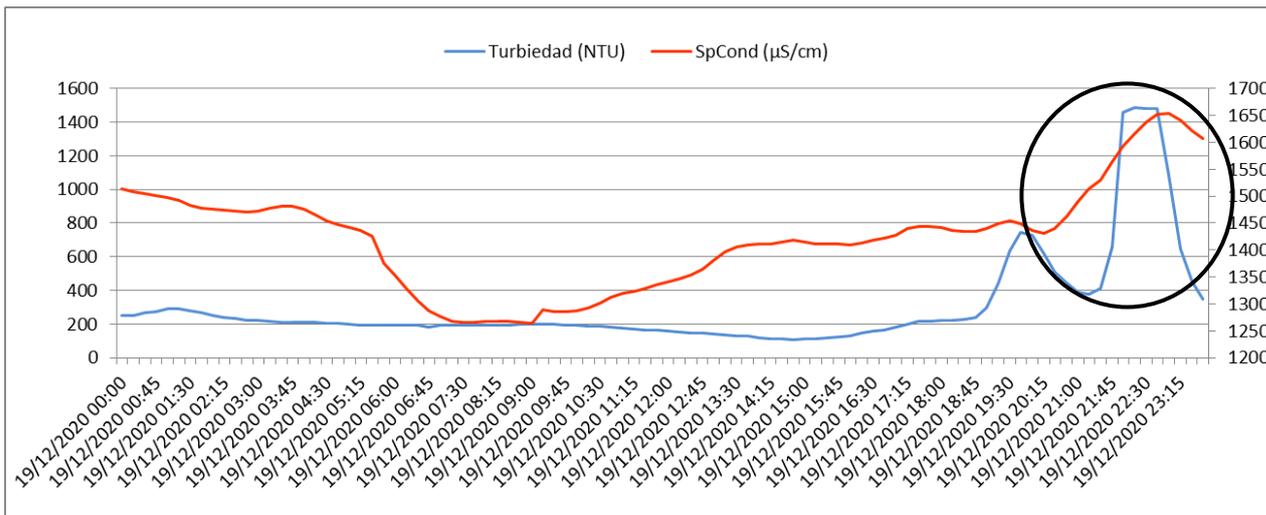


Gráfico 14. Turbiedad y conductividad del 19 de diciembre de 2020 – Tarapaya

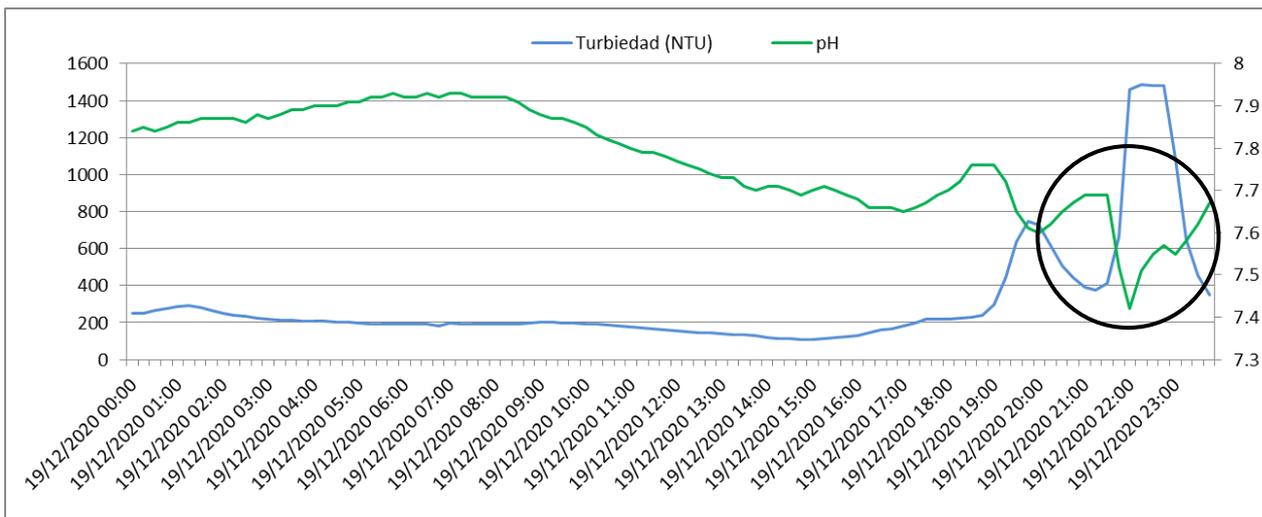


Gráfico 15. Turbiedad y pH del 19 de diciembre de 2020 – Tarapaya

7.3 Condiciones de dudosa explicación

Se ha encontrado que hay ocasiones en los que los datos presentan variaciones que son difíciles de entender como en el periodo del 18 al 21 de febrero de 2020. En este lapso se observan varios incrementos de la turbiedad que no se relacionan con el nivel del río (altura) y un inexplicable descenso en ocasión del paso de las crecidas del 19 y 20 de febrero (esta última registrada en Fotografía 39).

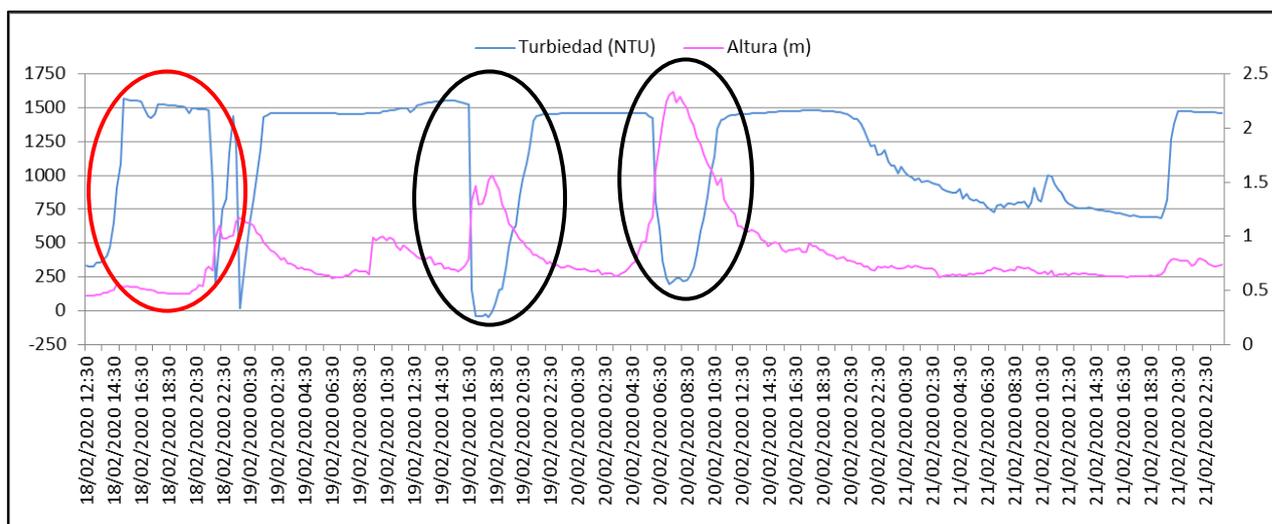


Gráfico 16. Turbiedad y. Altura del 18 al 21 de febrero de 2020– Tarapaya

Por otra parte, excepto la primera crecida, de poco más de 50 cm, que no registró un cambio significativo de la conductividad, los posteriores aumentos de nivel coincidieron bien con los aumentos de conductividad que se registraron, lo cual muestra un comportamiento contrario a lo que sucede cuando por las lluvias existe dilución de iones.

Las variaciones del nivel con el pH no presentan ninguna relación con el nivel:

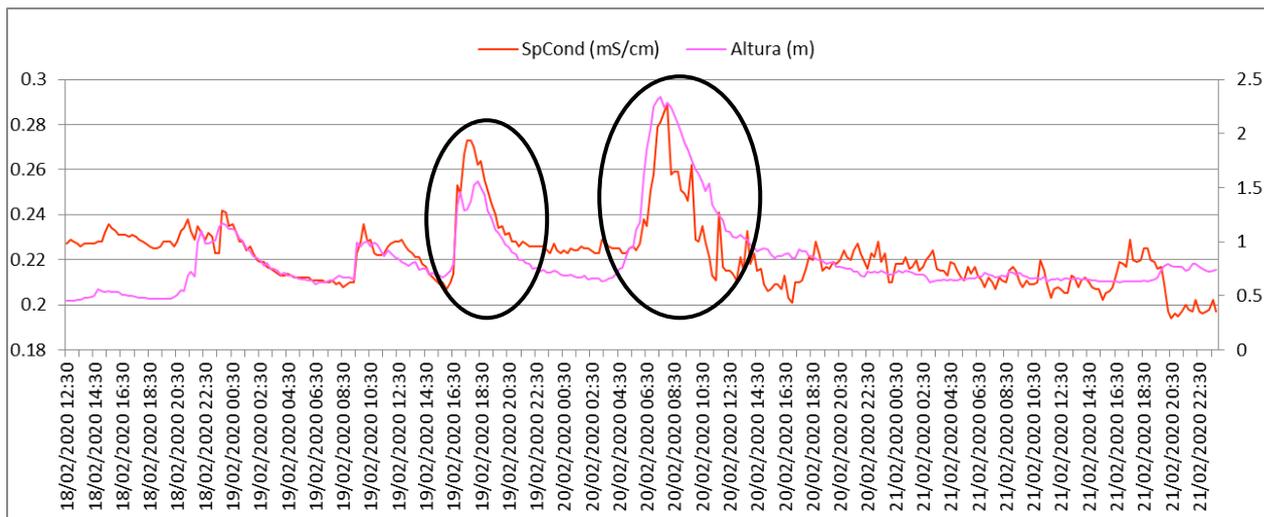


Gráfico 17. Conductividad y altura del 18 al 21 de febrero de 2020 – Tarapaya

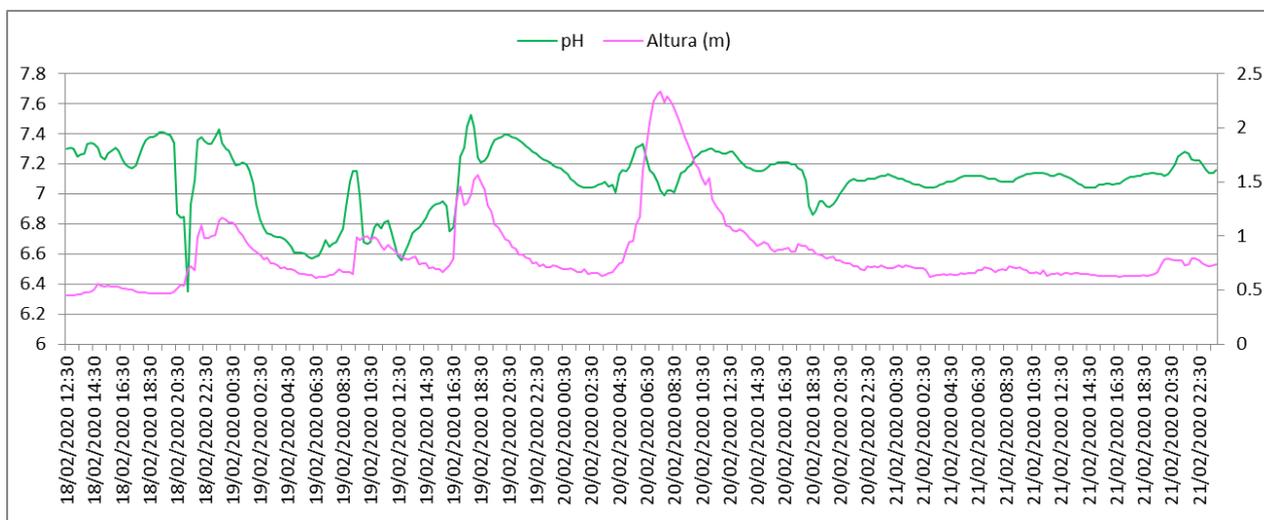


Gráfico 18. pH y altura del 18 al 21 de febrero de 2020 – Tarapaya

8 DESAFIOS

En primer lugar, se debe destacar el hecho de que la sonda, a pesar de la discontinuidad de sus datos y de la deriva de alguno de sus electrodos, ha permitido apreciar con nitidez cambios de turbiedad aun cuando no se observara ningún cambio en el nivel del río.

La principal problemática encontrada en esta experiencia fue la deposición de basuras aportadas por crecidas o por escurrimientos cuyas causas se desconocen en su estructura soporte. Ellas produjeron el taponamiento del conducto de paso del agua, dificultando su escurrimiento, con la consiguiente deposición de sedimento en los sensores y, el taponamiento de los orificios de lectura de los sensores de pH y conductividad.

Para resolver ésto, en primera instancia se planteó una limpieza física semanal de la sonda, la cual perdió continuidad, fundamentalmente, por las dificultades impuestas por la pandemia del COVID 19. Luego de que se retomaron las labores, esta limpieza semanal ha disminuido la deposición de basuras y ha mejorado el contacto de los electrodos con el río.

Por otro lado, no se ha podido acoplar el sensor de calidad de aguas con el sistema de transmisión de datos del sensor de nivel para posibilitar la transmisión de sus datos en tiempo real por problemas de compatibilidad.



De contarse con una transmisión en tiempo real de datos de calidad se podrían detectar en forma inmediata las variaciones de las variables registradas. Además, tener los elementos de juicio necesarios para encarar posteriores muestreos que permitan evaluar las concentraciones de metales o de iones responsables de dichas variaciones y, eventualmente, implementar ajustes en el programa de mantenimiento que pudieran mejorar la confiabilidad de los datos.

Ello, a la par de suministrar valiosa información para el conocimiento del recurso, podría ayudar a la toma de decisiones por parte de la Autoridad Ambiental competente, especialmente en casos en que se observaran cambios en parámetros de calidad que no fueran causados por incrementos del nivel del río.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se deberá continuar la experiencia efectuando cambios en el diseño de la estructura de protección o, en su caso, la instalación de una malla protectora para minimizar la deposición de sedimentos y evitar el depósito de basuras gruesas y así poder garantizar el flujo continuo a través del sensor. Asimismo, implementar mantenimientos después de cada crecida que incluyeran la verificación de los electrodos

De esa forma se podrá disminuir también la deposición de finos sobre los electrodos aún con caudales medios y bajos, por la velocidad que presenta en este punto el río, que es del orden de 0.5 m/s en aguas bajas.

Se deberá resolver el acoplamiento del sensor de calidad de aguas con el sistema de transmisión de datos del sensor de nivel para posibilitar la transmisión de ambos tipos de datos en tiempo real.

Finalmente, considerar replicar la experiencia ya sea en Villa Montes o Misión La Paz/Pozo Hondo para observar el comportamiento de estas variables en puntos de distintas condiciones naturales y antrópicas de la cuenca.

UNIDAD DE MONITOREO Y CENTRO DE DATOS
Dirección Ejecutiva CTN Pilcomayo



ANEXO

Tarapaya

20/09/2018 al 28/09/2018

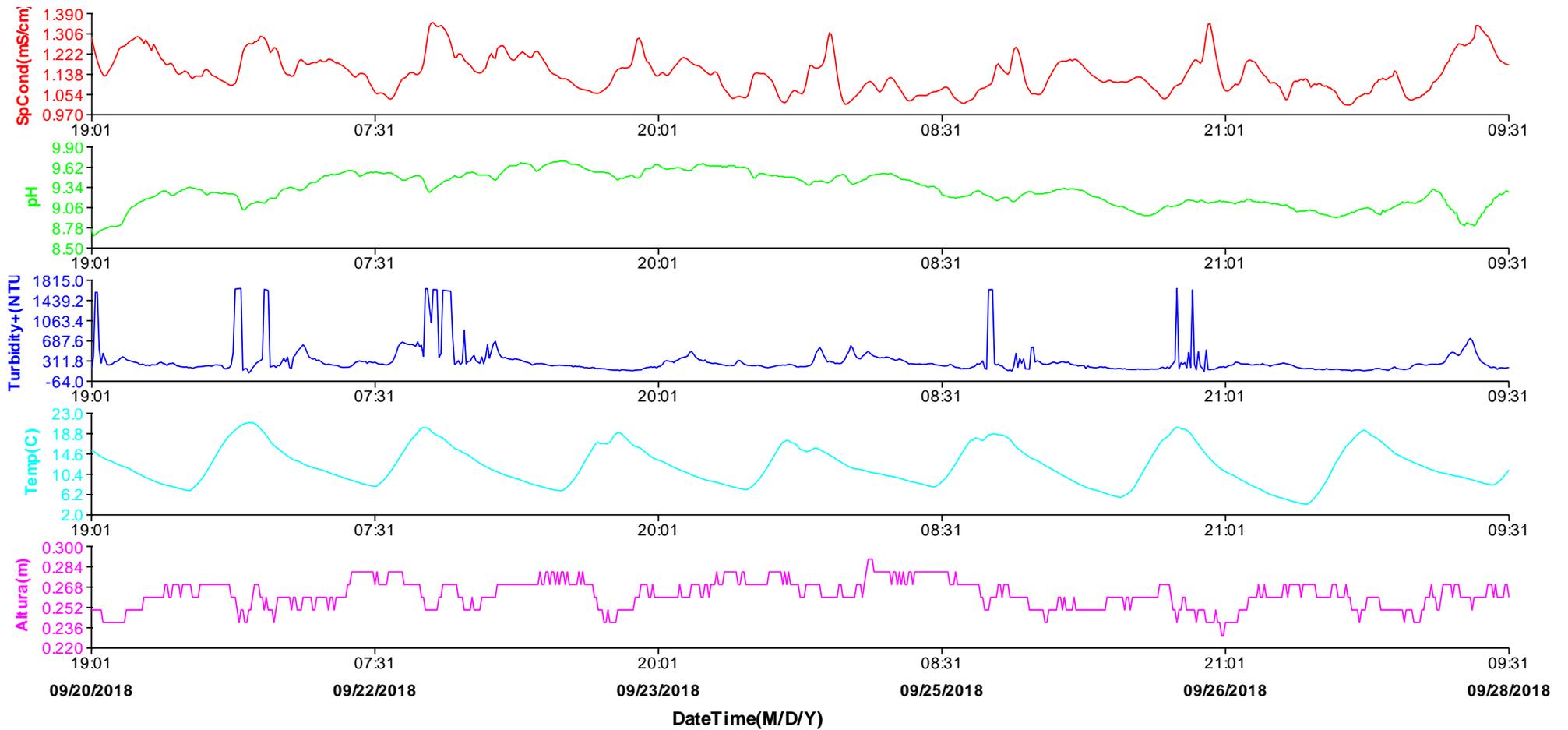


Gráfico 1. Datos del 20 al 28 de septiembre de 2018 – Tarapaya

Tarapaya

28/09/2018 al 26/10/2018

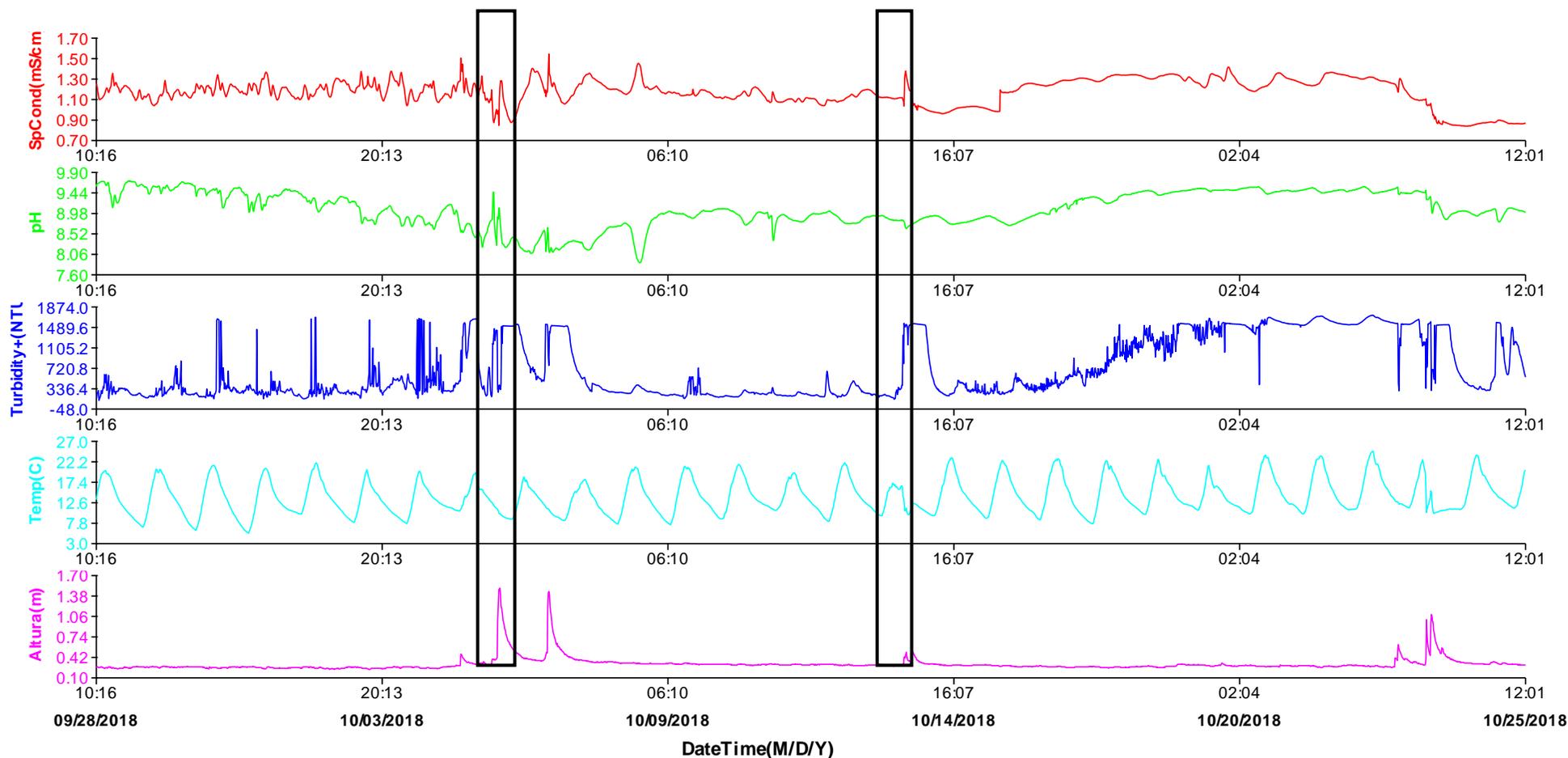


Gráfico 2. Datos del 28 de septiembre al 26 de octubre de 2018 – Tarapaya

Tarapaya

10/12/2019 al 18/12/2019

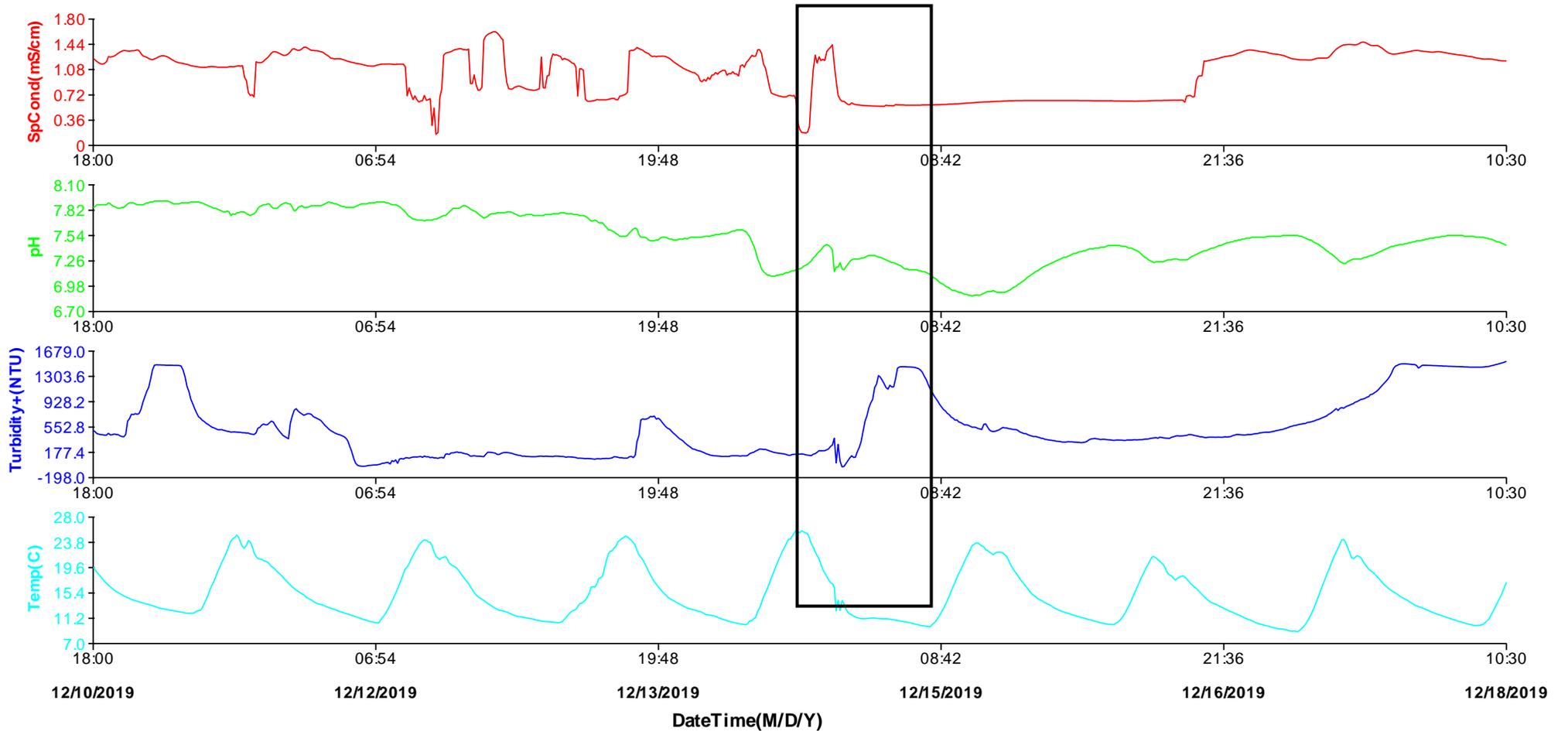


Gráfico 3. Datos del 10 al 18 de diciembre de 2019 – Tarapaya

Tarapaya

18/12/2019 al 27/12/2019

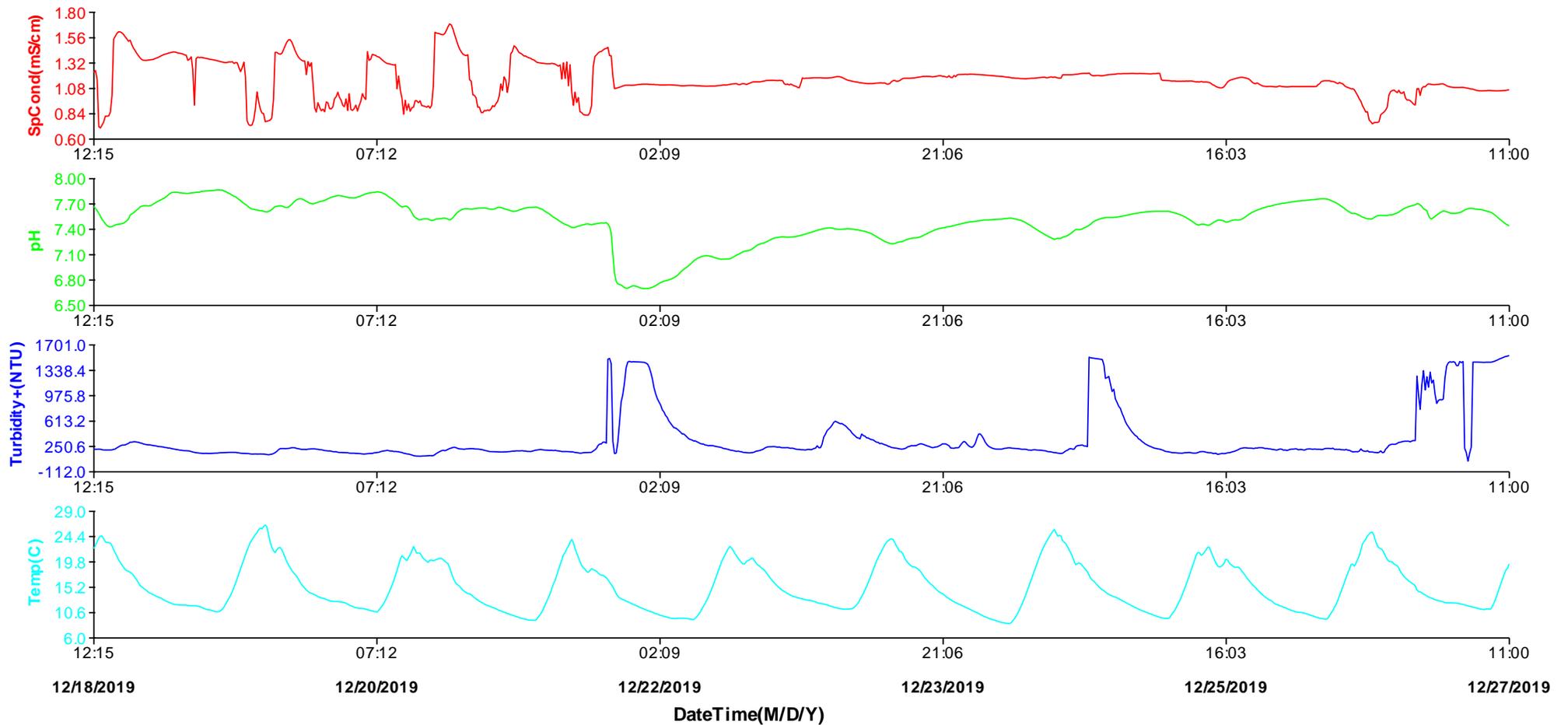


Gráfico 4. Datos del 18 al 27 de diciembre de 2019 – Tarapaya

Tarapaya

27/12/2019 al 3/01/2020

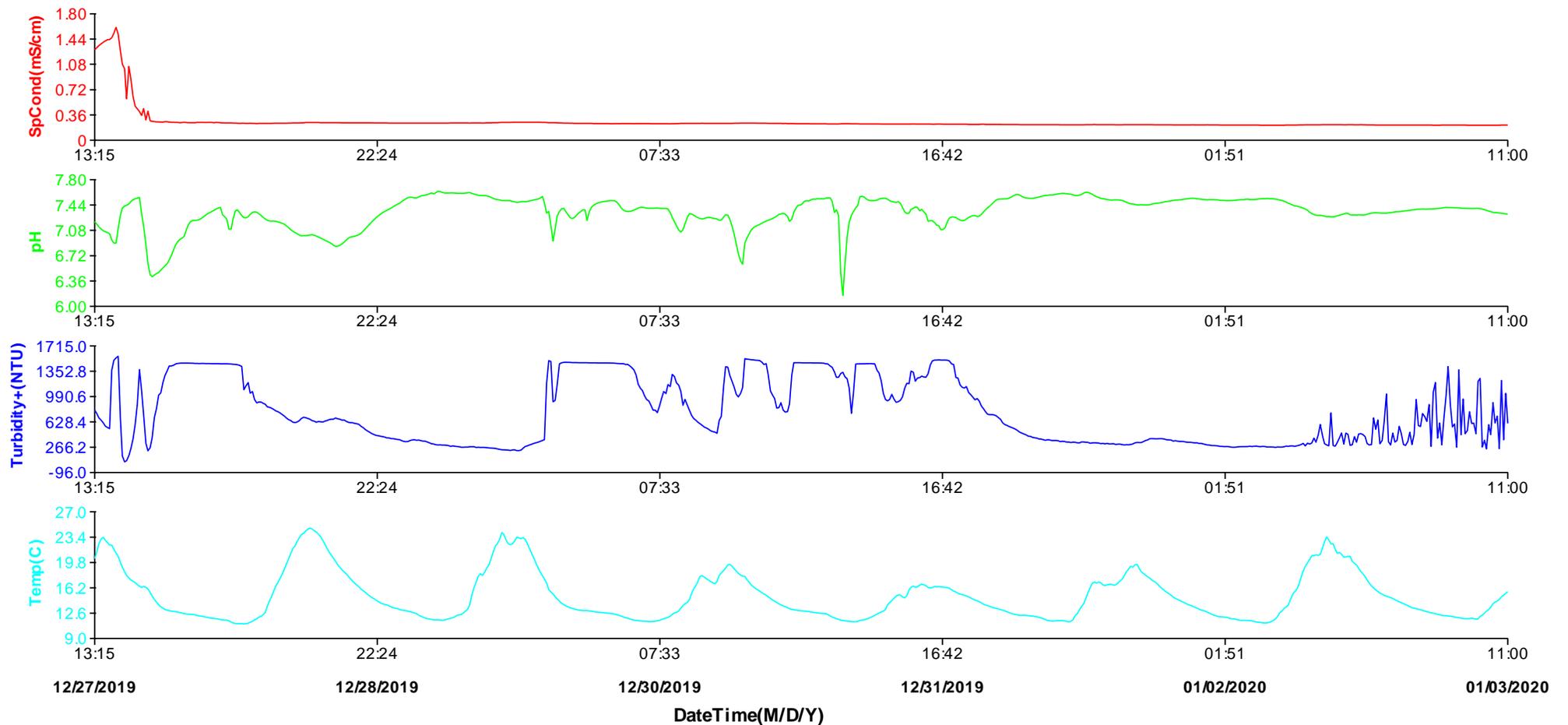


Gráfico 5. Datos del 27 de diciembre del 2019 al 3 de enero de 2020 – Tarapaya

Tarapaya

3/01/2020 al 3/03/2020

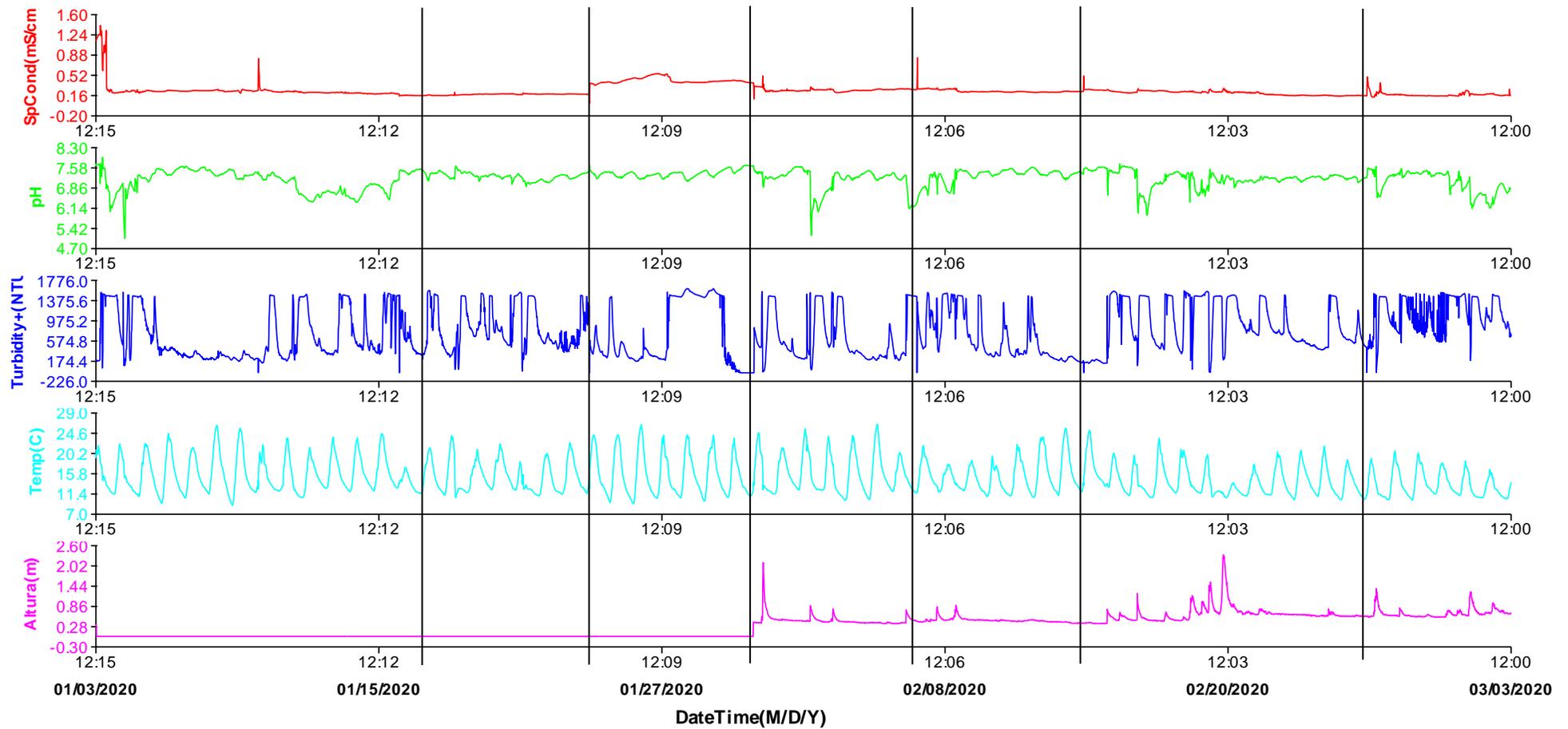


Gráfico 6. Datos del 3 de enero al 3 de marzo de 2020 – Tarapaya

Tarapaya

24/09/2020 al 23/10/2020

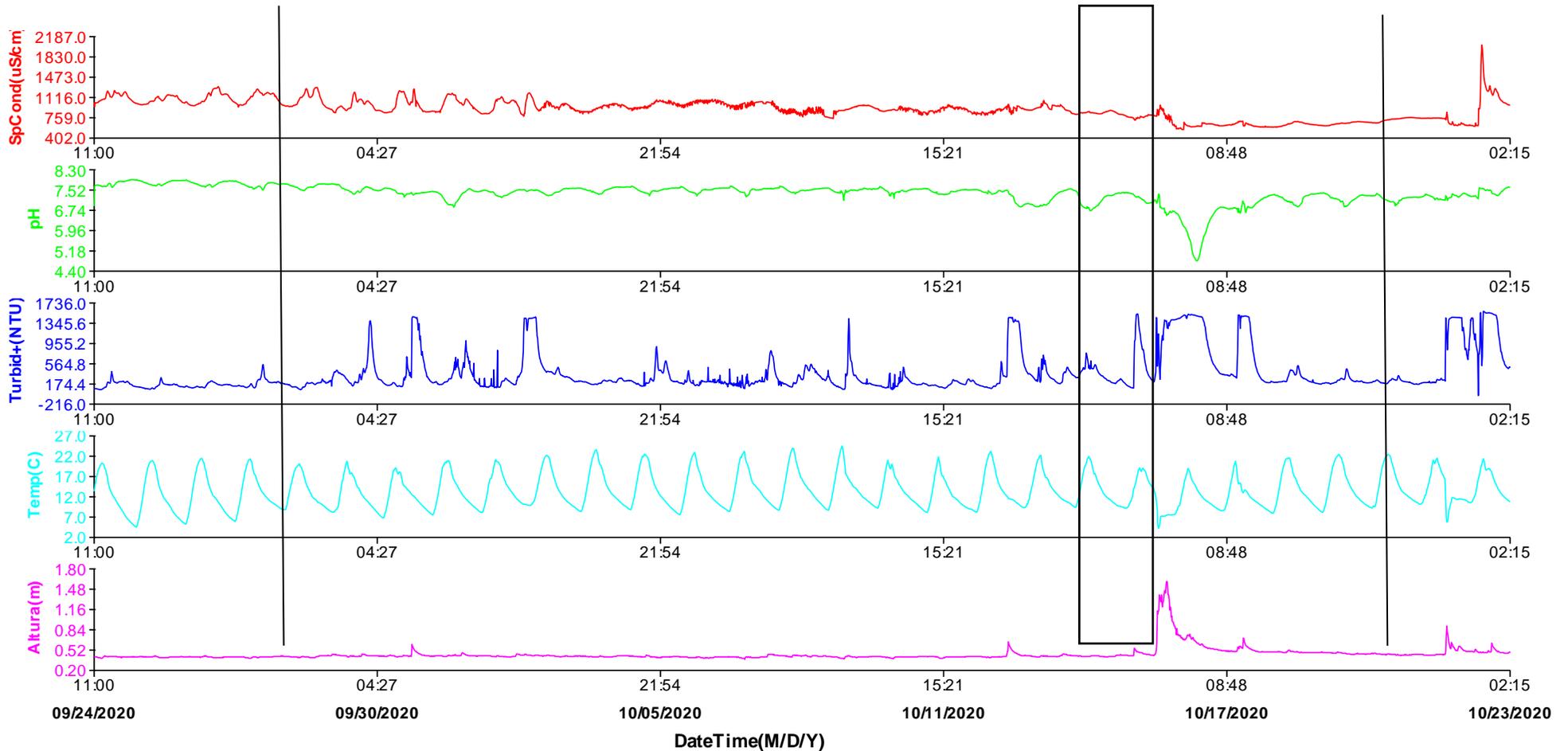


Gráfico 7. Datos del 24 de septiembre al 23 de octubre de 2020 – Tarapaya

Tarapaya

18/12/2020 al 31/01/2021

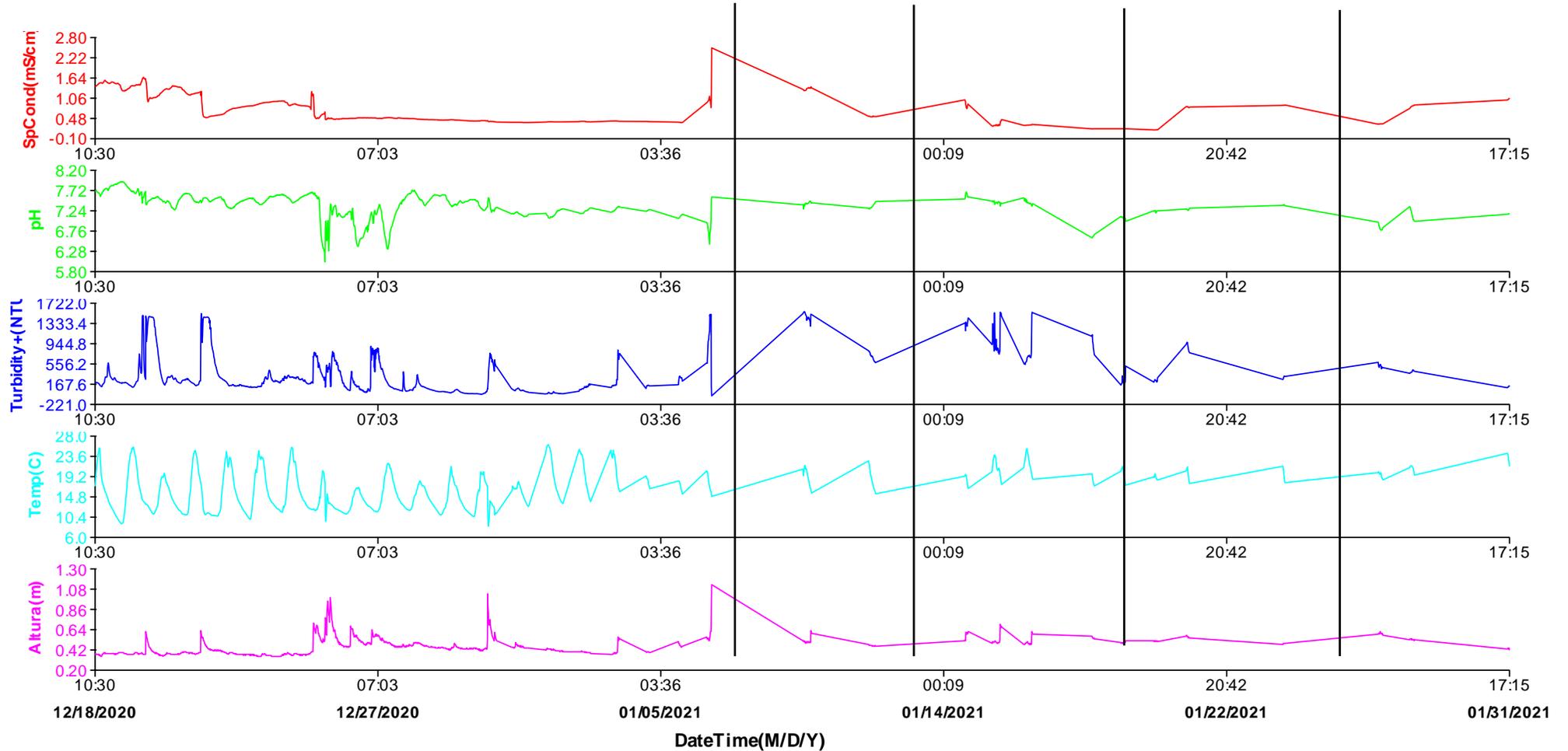


Gráfico 8. Datos del 18 de diciembre de 2020 al 31 de enero de 2021 – Tarapaya

Tarapaya

18/12/2020 al 31/12/2020

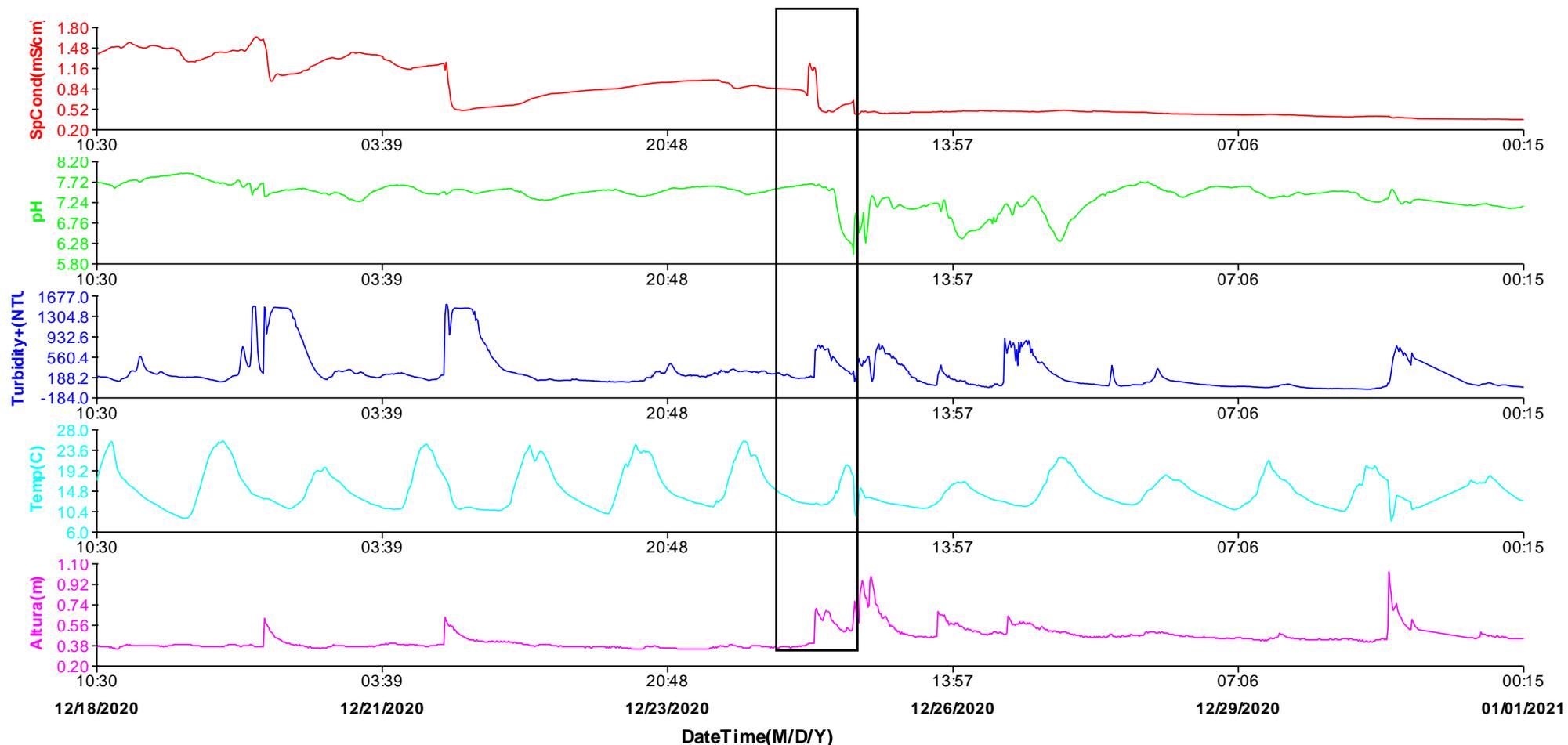


Gráfico 9. Datos del 18 al 31 de diciembre de 2020 – Tarapaya