

A wide-angle photograph of a large, calm lagoon. The water is a deep, slightly greenish-blue color, reflecting the overcast sky. In the background, a dense line of green trees and vegetation stretches across the horizon. The sky is filled with soft, grey clouds, suggesting an overcast day. The overall scene is serene and natural.

**ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS DE
LA LAGUNA DE LIMONCOCHA
(PROVINCIA DE SUCUMBÍOS- ECUADOR)**

Introducción

El fósforo en la laguna de Limoncocha cumple un papel esencial en el trofismo de la laguna como lo demuestran los estudios previos de: Gómez, J. (2003), quien realizó un diagnóstico del estado trófico de la laguna de Limoncocha y la determinación de la calidad del agua del sistema hídrico en la zona. Arpi S. (2004), realizó una evaluación del contenido de fósforo en la laguna de Limoncocha y su relación con el estado trófico. Otros estudios realizados fueron los de Espinoza (2001), Andrade (2001) y Ayala (2003), quienes determinaron diversas características de la laguna de Limoncocha entre las que se encuentran la altitud promedio, profundidad promedio, área de la laguna, tiempo de residencia, caudal de salida, volumen total promedio, transparencia, época de mayor estratificación y la profundidad promedio de la termoclina.

El fósforo tiene una baja concentración en el agua pero una alta concentración en los sedimentos, y se presume que el bario y la variación de algunos parámetros físico-químicos pueden tener incidencia significativa en el intercambio entre el agua y los sedimentos.

Por otra parte, de haberse producido ingresos de hidrocarburos en la laguna, es posible que se hayan acumulado en los sedimentos, conservando un registro de lo ocurrido.

Objetivo General:

- * Determinar el mecanismo del intercambio de fósforo y bario entre los sedimentos y el agua de la laguna y su relación con otros parámetros físico-químicos.
- * Determinar la presencia de hidrocarburos en los sedimentos.
- * Aplicar el índice de Carlson modificado para, al caso de la laguna de Limoncocha.

Objetivos Específicos:

- a. Establecer la variación de concentraciones de fósforo y bario en agua y sedimentos, en base a muestreo periódico y a monitoreo simultáneo de otros parámetros físico-químicos.
- b. Caracterizar los minerales presentes en los sedimentos
- c. Esbozar un modelo de eutroficación de la laguna.



Actividades de campo



Actividades de campo

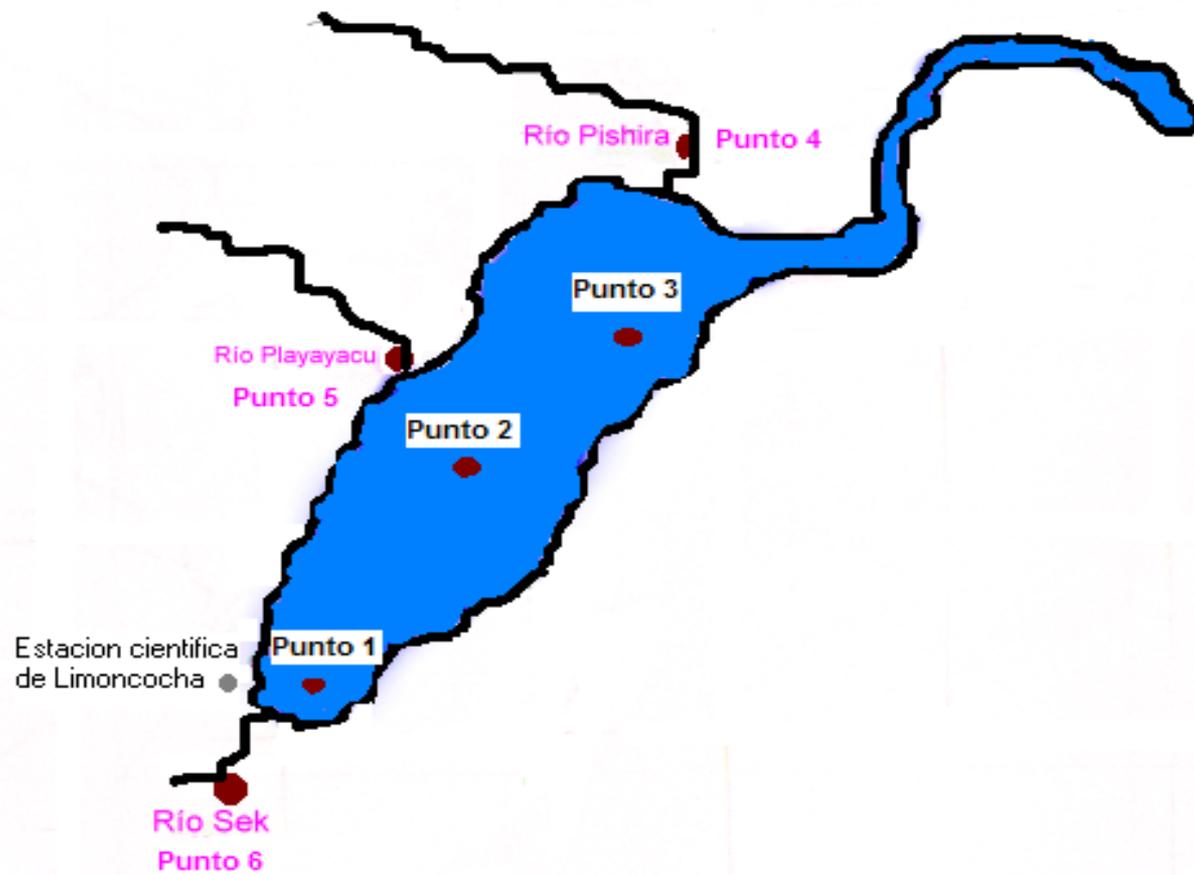
En la presente tesis, se realizaron seis salidas a Limoncocha con intervalo de un mes entre cada una, tratando de que las salidas coincidan con los últimos días de cada mes. Para esto

se planteó un cronograma de trabajo, que inició en el mes de diciembre del 2004 culminándose en Mayo del 2005. Cada salida tenían una duración de 2 días en los que la actividad principal era la recolección y preservación de muestras de agua y de sedimentos; Simultáneamente, se determinaron parámetros in situ del agua.

Puntos de muestreo

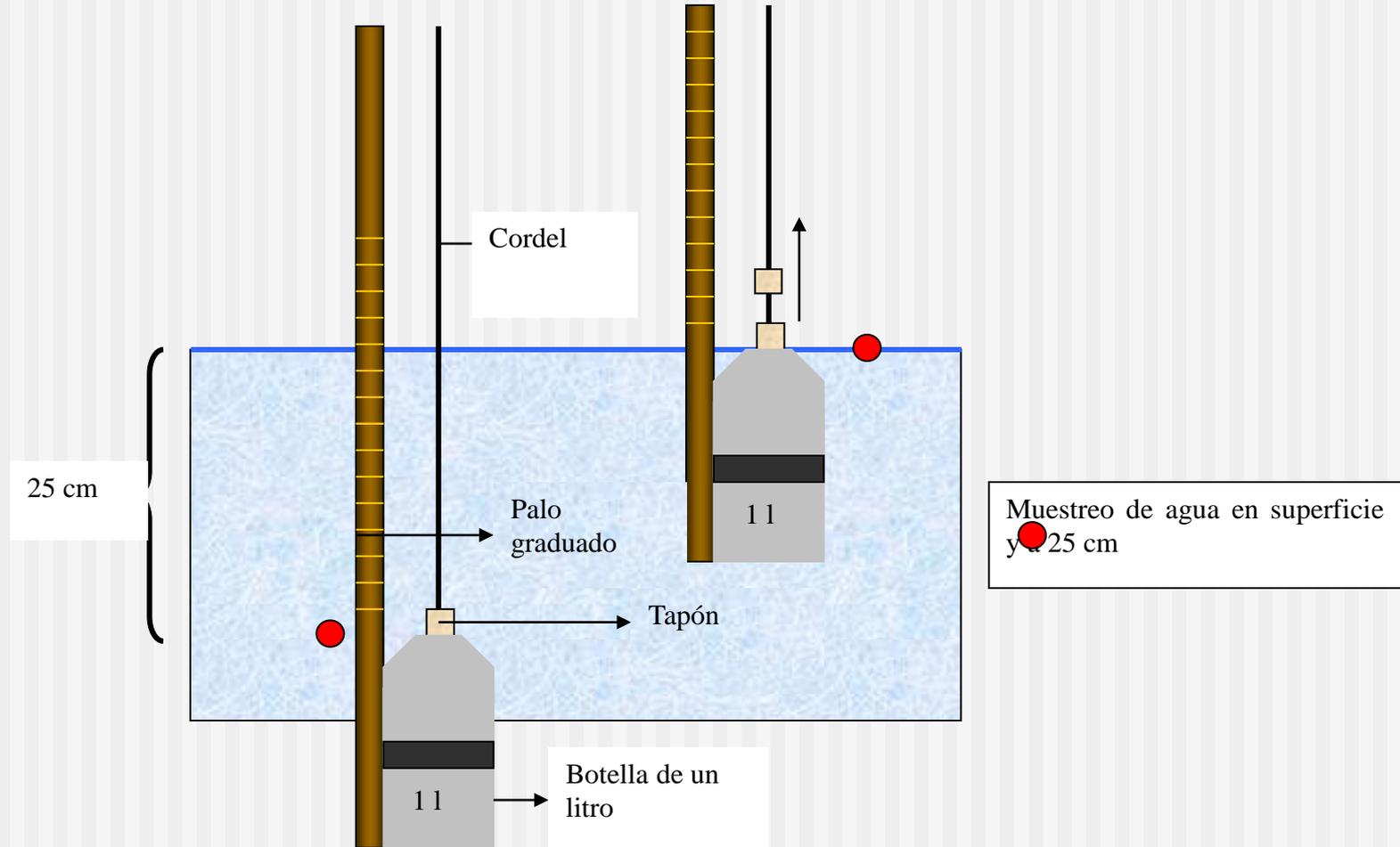
Para la realización de esta tesis se tomaron como referencias los puntos de muestreo que ya habían sido utilizados en las tesis de Arpi, S. (2004) y de Gómez, J. (2003), con el propósito de mantener un seguimiento de la laguna en las mismas condiciones que en esos trabajos. y observar las variaciones principalmente físico-químicas que la laguna de Limoncocha ha tenido en el transcurso de los años.

Punto de muestreo	Ubicación (UTM)
Punto I Laguna (Muelle)	18320108 E 9955252 N
Punto II Laguna (Antena)	18320742 E 9955963 N
Punto III Laguna (Desembocadura del río Pishira)	18321573 E 9957288 N
Punto IV Río Pishira	18321776 E 9957955 N
Punto V Río Playayacu	18320559 E 9956845 N
Punto VI Río Sek	17780345 E 9978093 N

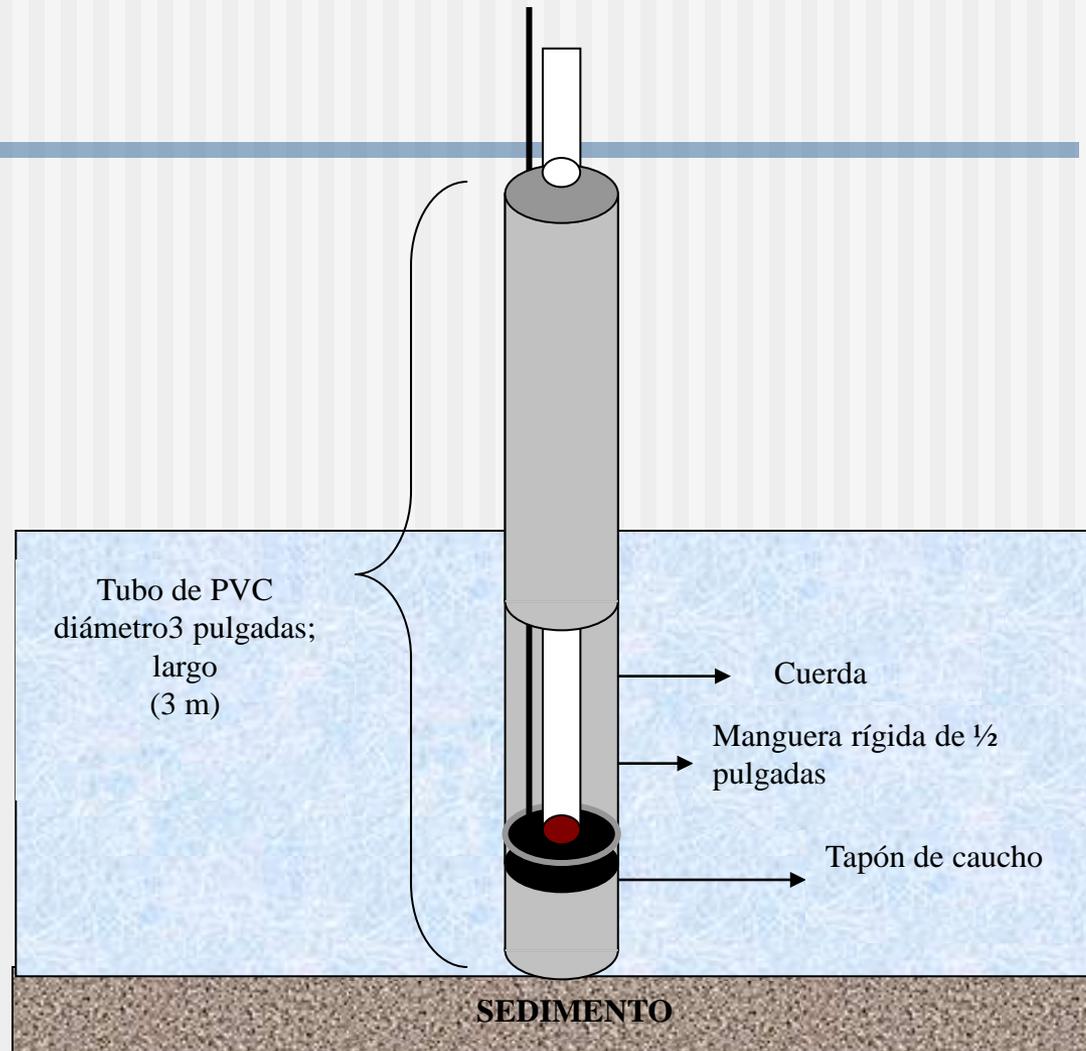


Recolección de muestras

Se utilizó un muestreador de fabricación casera para obtener muestras de agua, en la superficie y a los 25cm de profundidad. A estas muestras se las preservó hasta llegar posteriormente al laboratorio, para ser analizadas.



Para el muestreo de sedimentos se utilizó un muestreador igualmente de fabricación casera, diseñado para obtener un testigo inalterado del sedimento.



Resultado del análisis Difractométrico

Mineral	Fórmula	Muestra contenido (%)
Cuarzo	SiO_2	15.0
Moscovita	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	28.0
Grupo Caolinita (caolinita, dickita, nacrita)	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	13.5
Andesita	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_{10}$	43.5

Resultados de análisis Granulométricos

Luego de analizados los datos reportados por el Laboratorio de Metalurgia de la Escuela Politécnica Nacional, se tiene que los sedimentos son limo-arenosos. En su mayoría lo constituye partículas arenosas con tamaños comprendidos entre 0.1 y 1 mm de diámetro. Esto se confirma al analizar el Gráfico 1.



A photograph of a tropical lake with dense forest in the background. The water is greenish and has several water lilies. The text "Relación Oxígeno Disuelto-Temperatura" is overlaid on the water.

Relación Oxígeno Disuelto-Temperatura

Relación Oxígeno Disuelto-Temperatura

La temperatura y el oxígeno disuelto que se encuentran en la laguna poseen una relación muy estrecha definida por la Ley de Henry que estipula que: “el grado de solubilidad de un gas en un líquido depende de la clase de gas que se trate, de la naturaleza del líquido disolvente así como la presión y la temperatura”.

En el caso a tratarse el disolvente es agua y el soluto es oxígeno, el cual es poco soluble en este medio. De aquí la Ley de Henry se define como:

$$P_b = X_b K_{H(A,B)}$$

$$C_b = K_H^{**} P_B$$

Donde:

Pb = Presión parcial del soluto B en el gas

Xb = Fracción molar de B en la solución

KH = Constante de Henry entre las propiedades del soluto B y el solvente A

Cb = Concentración de equilibrio (ppm)

KH**= Constante de Henry expresada en ppm

Considerando que la ley de Henry es una relación de equilibrio en función de la temperatura tenemos que:

- a) Al aumentar la temperatura la constante de Henry (KH) aumenta como se puede observar a continuación

Temperatura (°C)	Constante de Henry para el oxígeno (KH) x 10 ⁻⁵
0	2,55
5	2,91
10	3,27
15	3,64
20	4,01
25	4,38
30	4,75
35	5,07

- b) Al disminuir la constante de Henry disminuye la concentración de equilibrio

De aquí que en los gráficos 2,3,4,5,6 y 7 generalmente se aplica esta relación teórica,

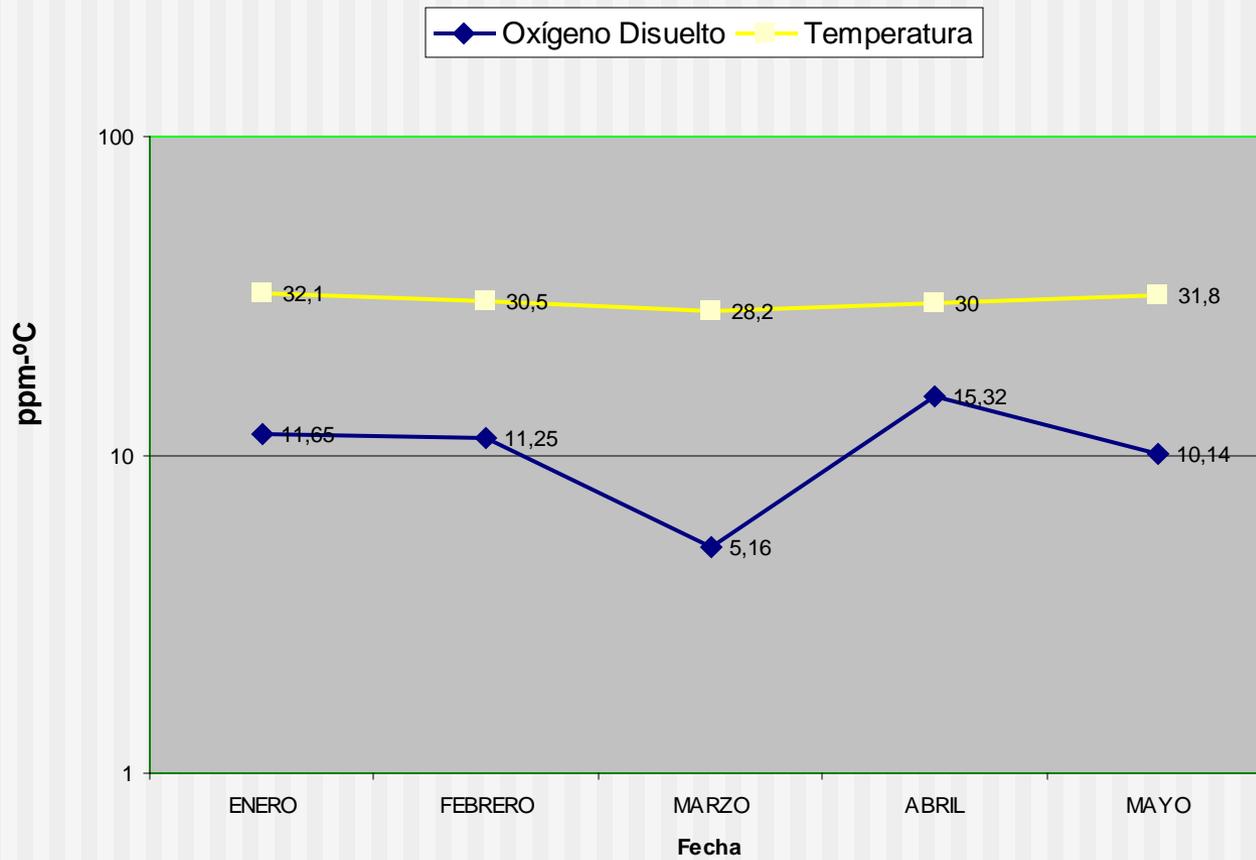
sin embargo cabe recalcar que en algunos puntos de la laguna ésta se invierte por tres

razones posibles:

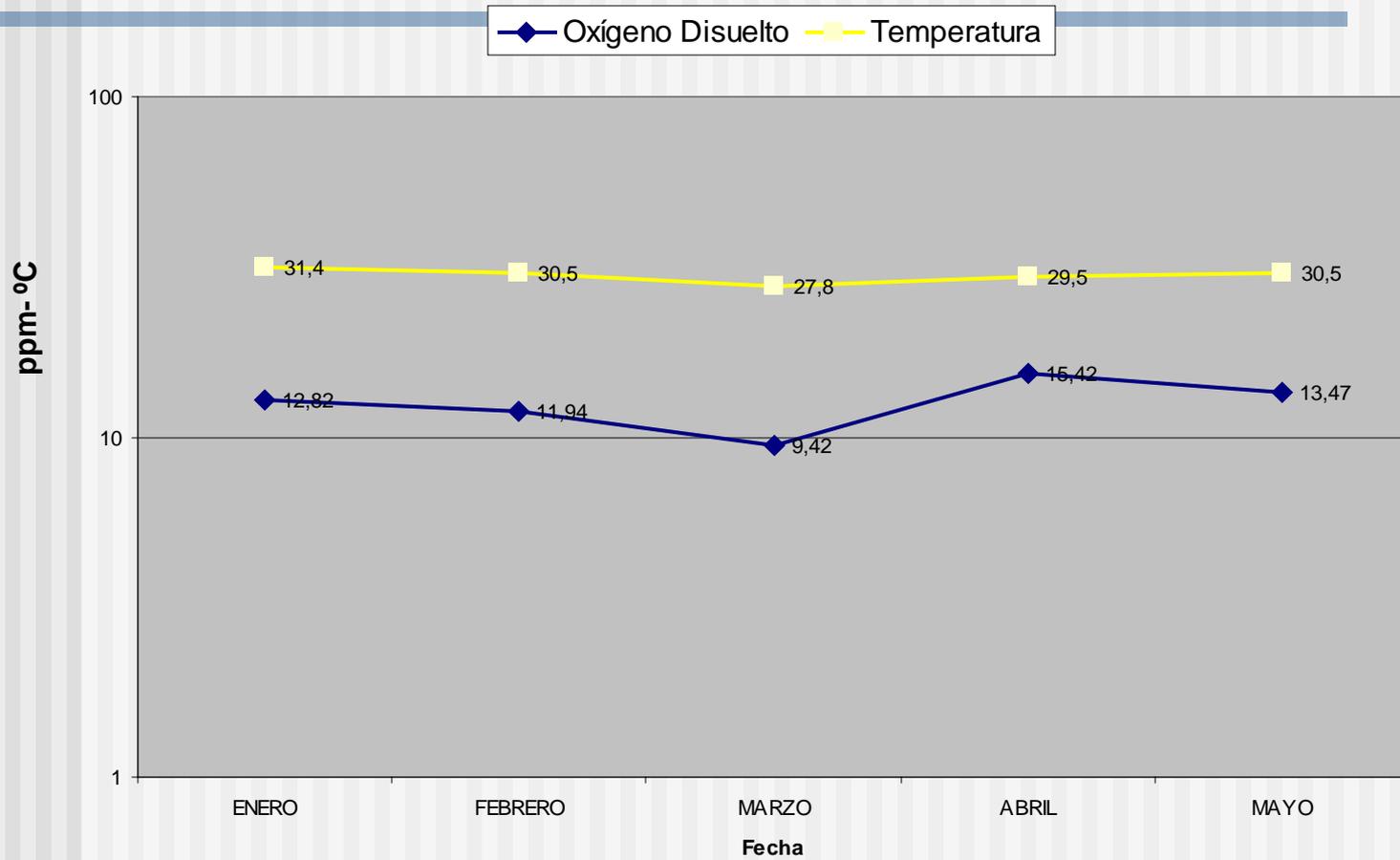
- a) El agua de la laguna seguramente se encuentra bajo la concentración de equilibrio por su carga orgánica lo cual permite que tenga un rango de variación que parecería contradecir la ley de Henry.
- b) El oxígeno disuelto se subsatura cuando existe un aporte de materia orgánica por medio de sus efluentes.
- c) Existe una relación directa entre la producción primaria y el oxígeno disuelto que hace que se consuma o aumente según su actividad y el tipo de fotosistema que esté funcionando.

Por esto no es posible que exista una contradicción con esta ley de equilibrio aunque muchas veces los datos sugieren lo contrario.

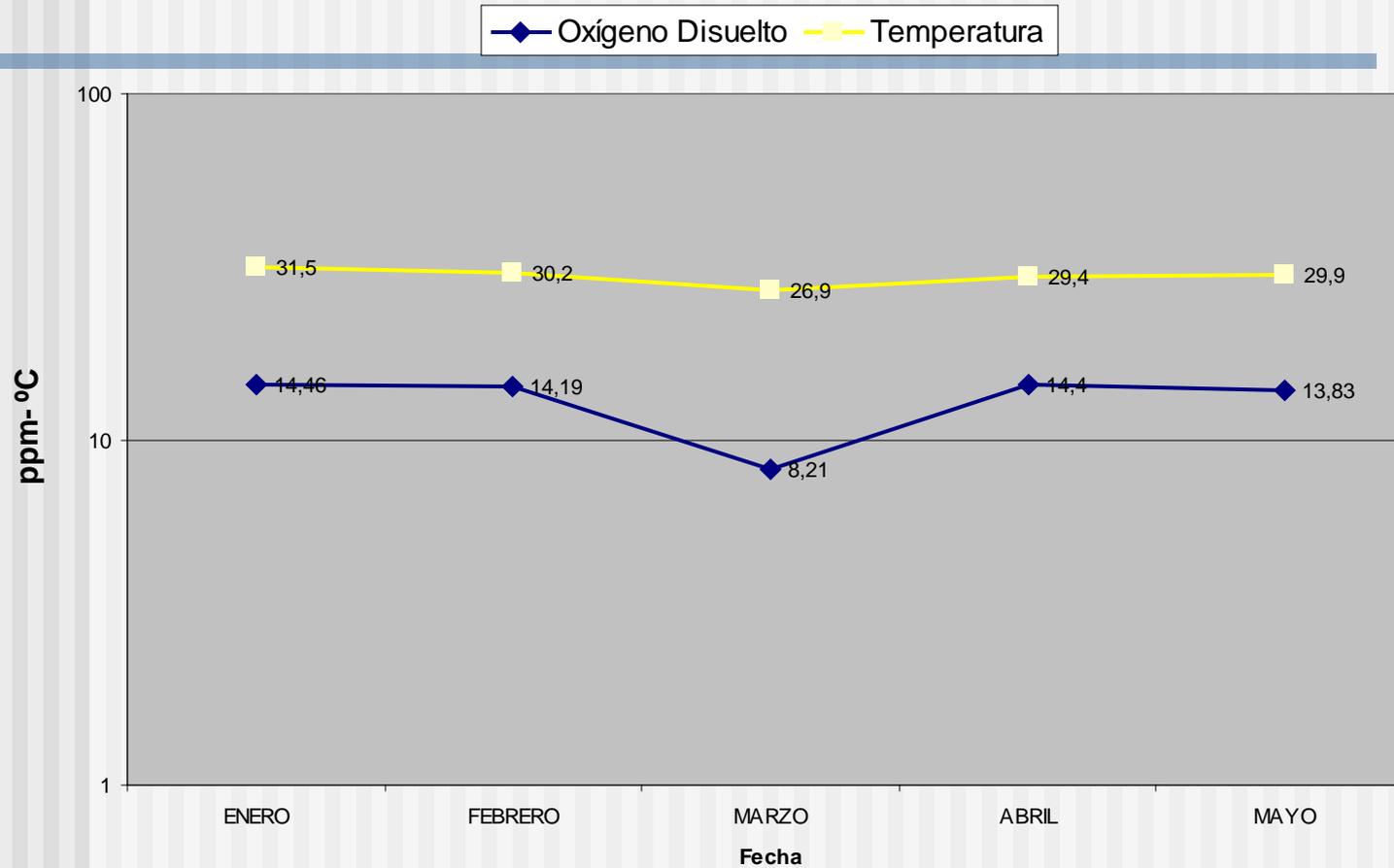
Relación oxígeno disuelto-temperatura Laguna (muelle)



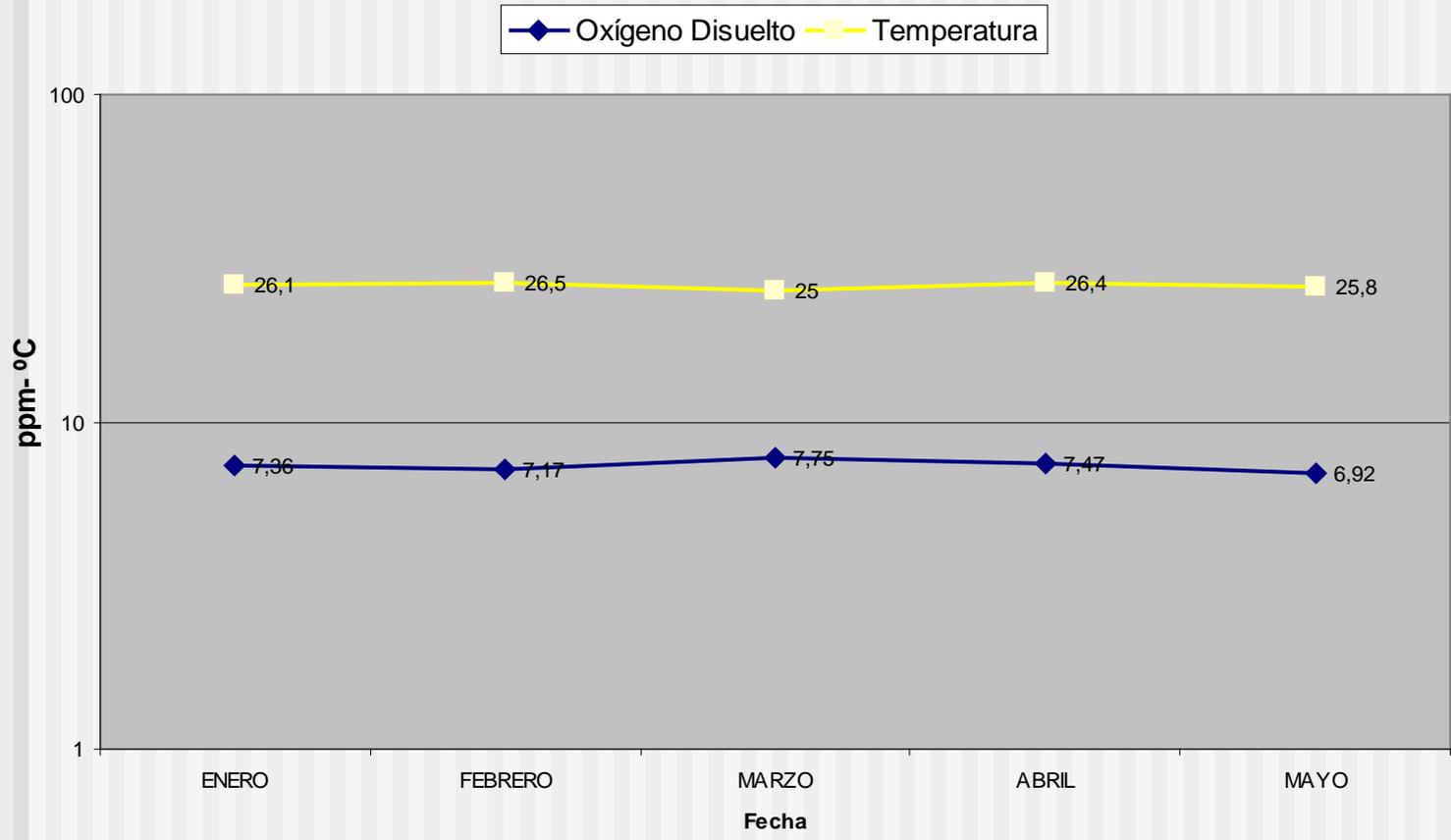
Relación oxígeno disuelto-temperatura Laguna (antena)



Relación oxígeno disuelto-temperatura Laguna (Río Pishira)

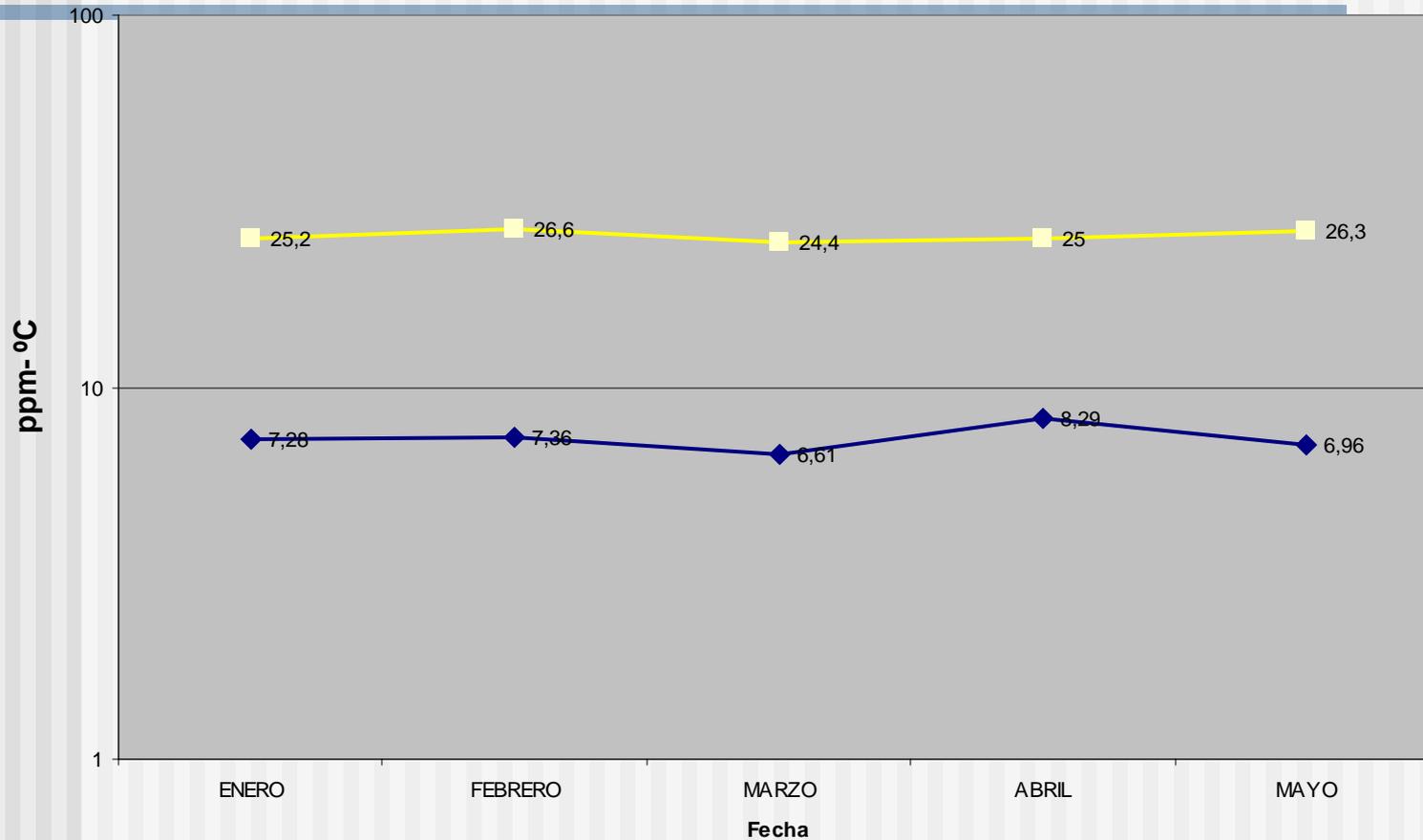


Relación oxígeno disuelto-temperatura Río Pishira

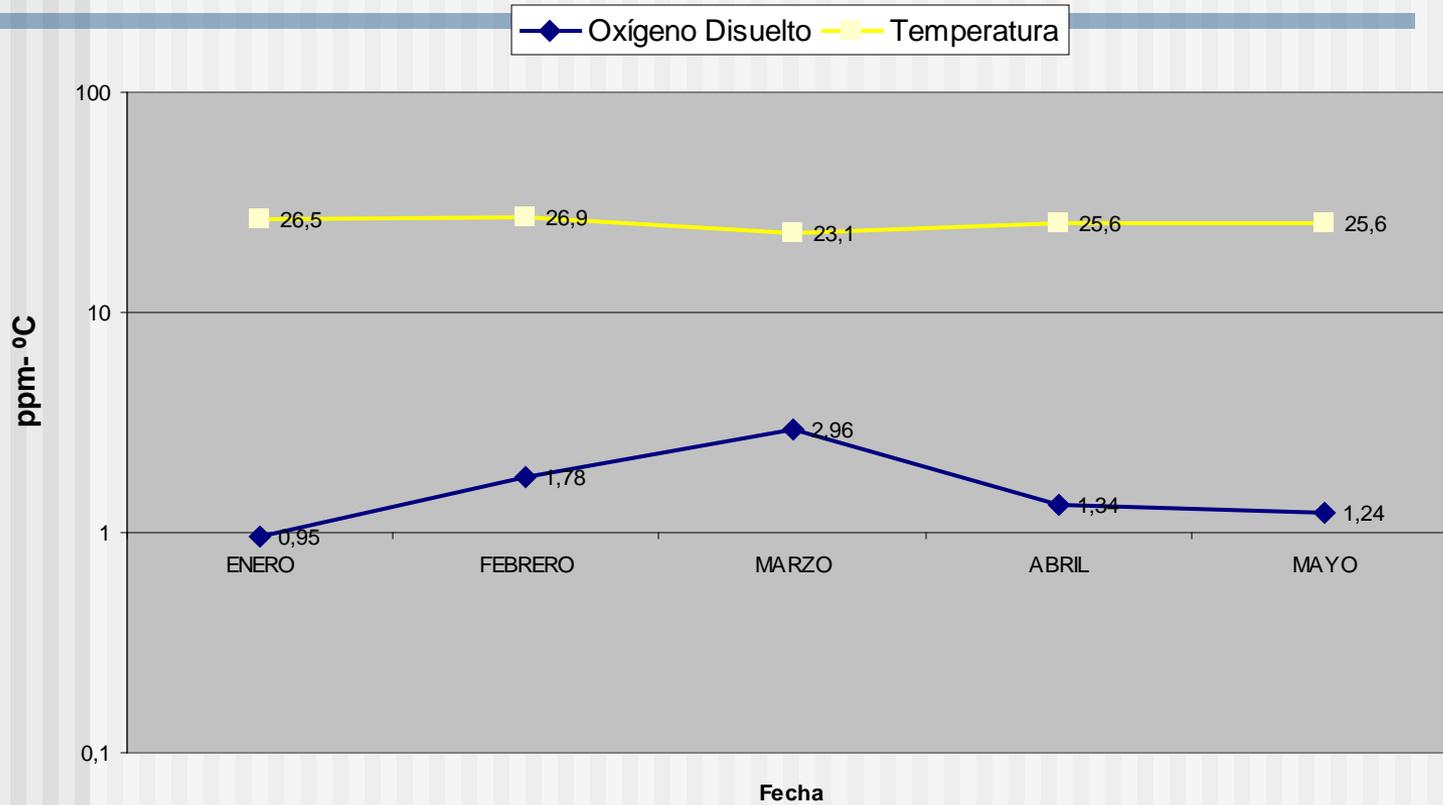


Relación oxígeno disuelto-temperatura Río Playayacu

◆ Oxígeno Disuelto ■ Temperatura



Relación oxígeno disuelto-temperatura Río Sek



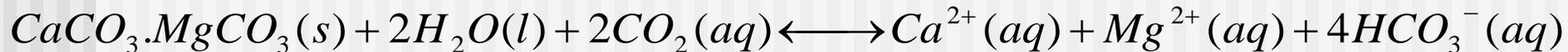
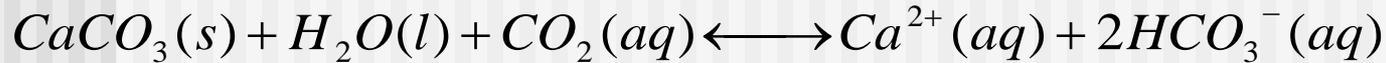
Resultados de Dureza y Alcalinidad



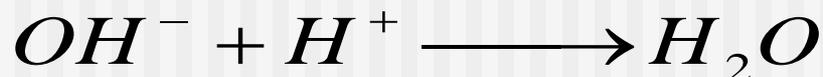
Resultados de Dureza y Alcalinidad

Al observar los gráficos 8,9, 12 y 13 se puede observar que existe una relación directa entre dureza y alcalinidad debido a que químicamente:

La dureza está dada por los iones calcio y magnesio iónico que llegan al agua para la acción del dióxido de carbono disuelto en rocas carbonadas



La alcalinidad se define como la capacidad del agua de aceptar iones hidrógeno, por lo tanto ayudando a determinar la habilidad del agua de soportar el crecimiento de algas y otros organismos acuáticos. Las especies químicas más importantes responsables de la alcalinidad son los iones carbonatos, bicarbonatos e hidróxido.



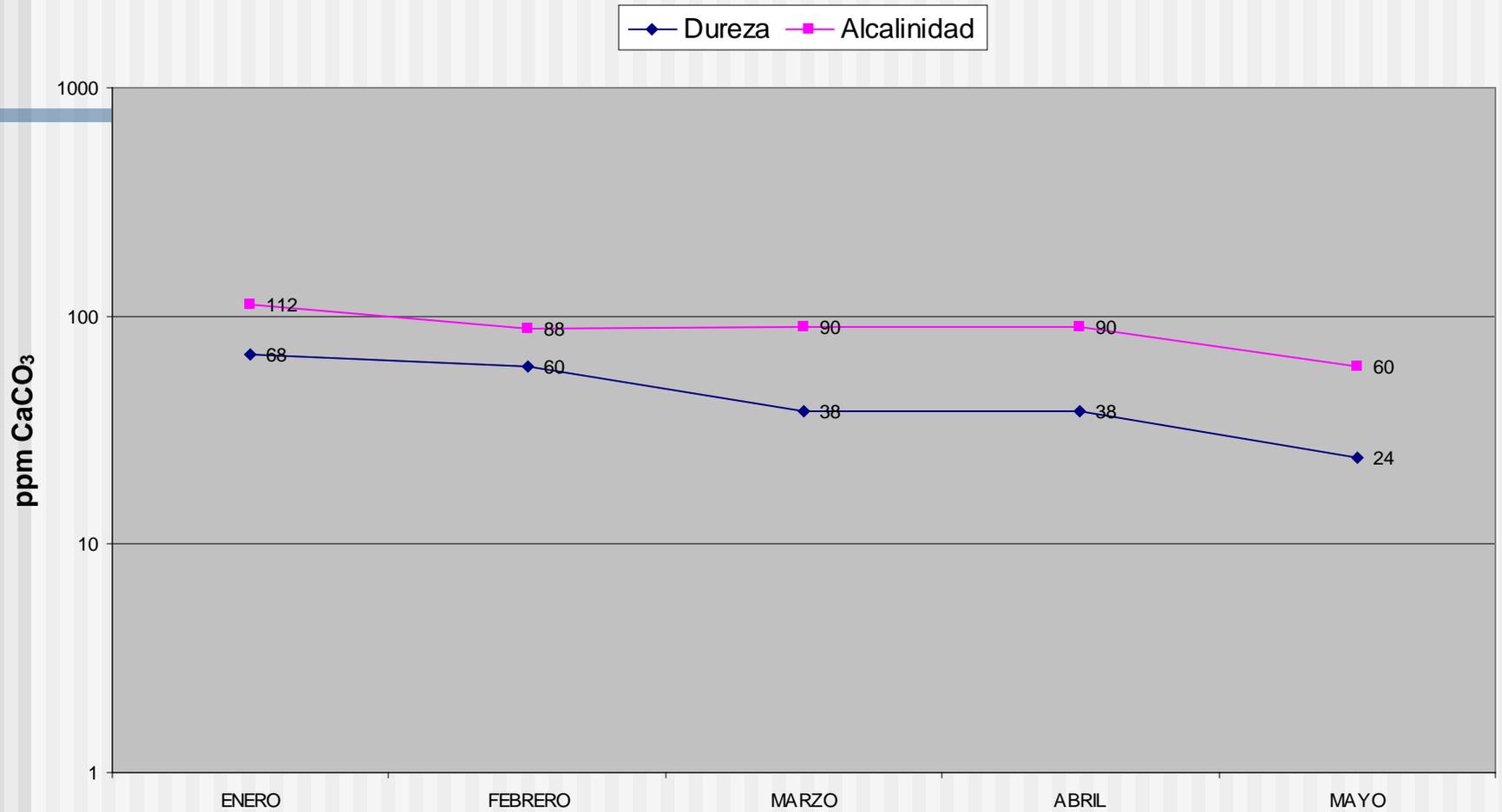
De esta forma al aumentar la dureza se liberan iones bicarbonato aumentando la alcalinidad, o se forman bicarbonatos de magnesio y calcio lo cual disminuye la capacidad del agua de aceptar iones hidrógeno, lo cual explica el comportamiento en estos puntos de muestreo.

En los gráficos 10 y 11 que corresponden a los puntos de la desembocadura del Río Pishira en la Laguna de Limococha y el mismo río vemos que desde el mes de Abril no se cumple esta relación en la siguiente forma:

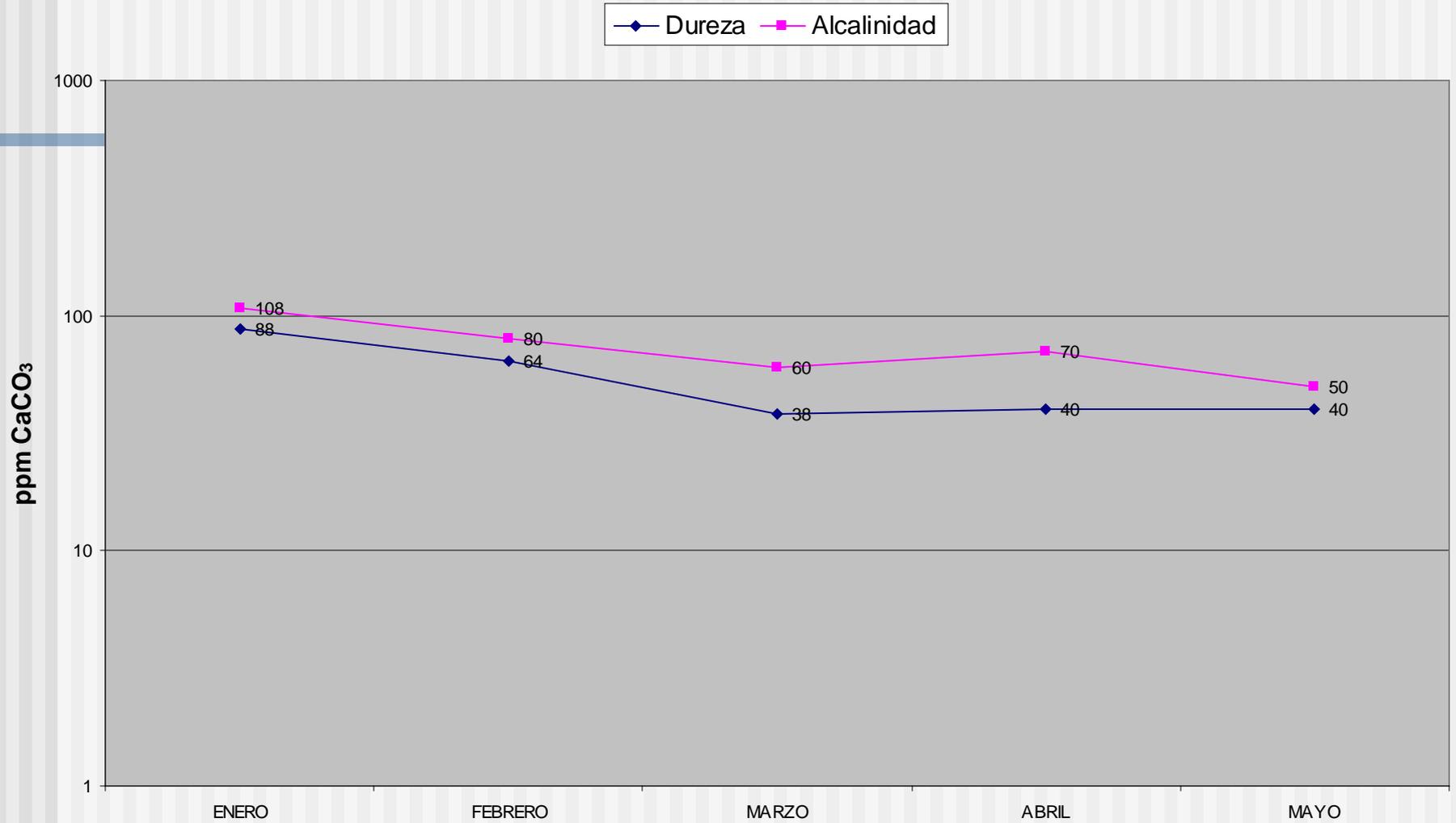
- a) En el gráfico 10 existe una disminución de la alcalinidad en los meses antes mencionados seguramente por la adición de especies químicas ácidas que aumentaron la actividad de los iones hidrógeno en este punto.
- b) En el gráfico 11 existe un aumento en la alcalinidad debido a la posible presencia,
no de iones carbonato y bicarbonato, sino por la acción de otros contribuidores
- c) Como los hidróxidos, amoníaco y las bases de los ácidos fósforico, silícico, bórico y orgánicos.

Adicionalmente puede existir una relación entre estos dos puntos, pues al desembocar las aguas del Río Pishira y cambiar las condiciones físico-químicas y biológicas en las que se encuentran cuando entran a la laguna, puede alterarse los equilibrios químicos de las reacciones y liberarse grandes cantidades de iones hidrógeno.

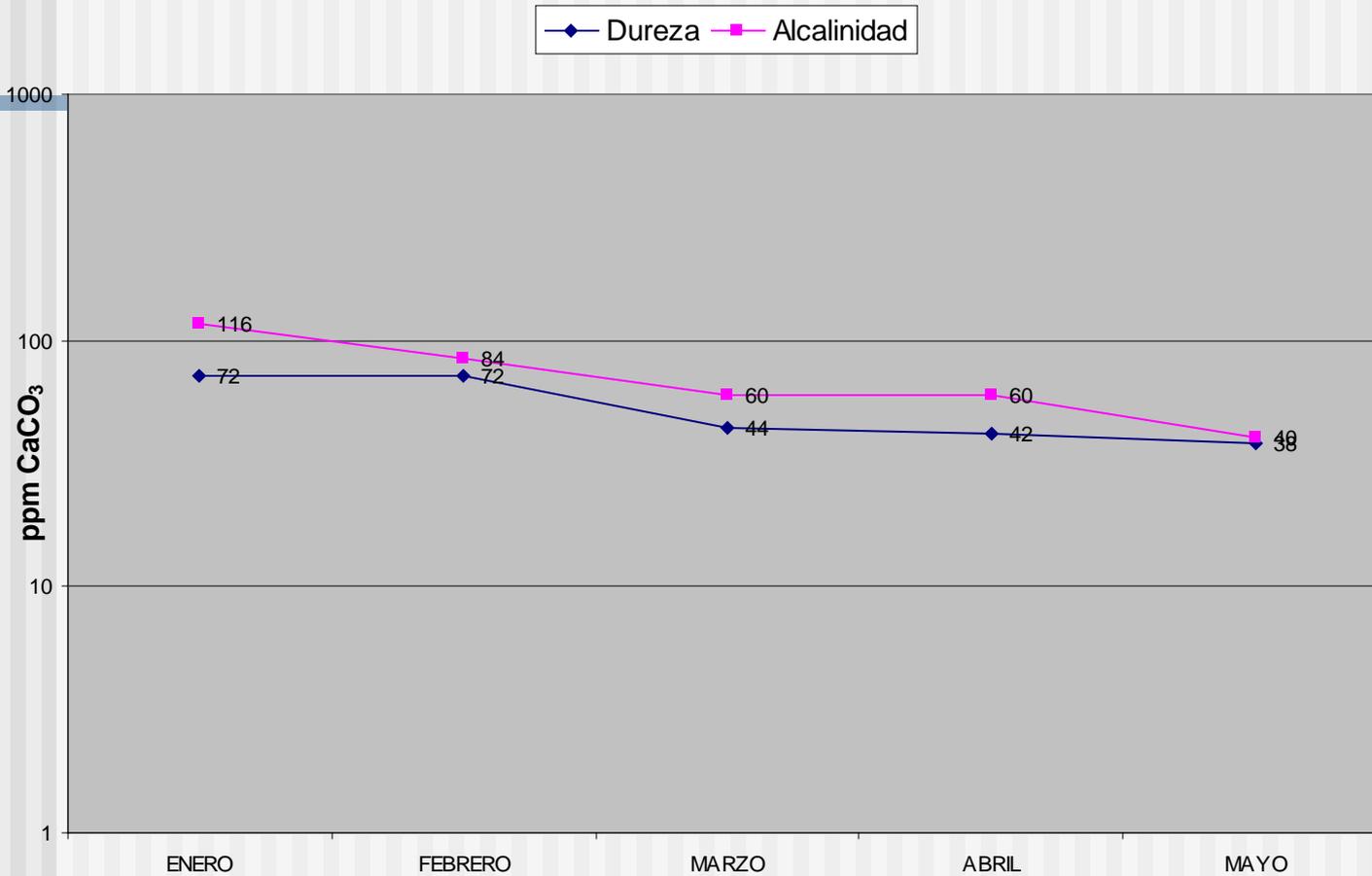
Relación dureza-alkalinidad Laguna Muelle



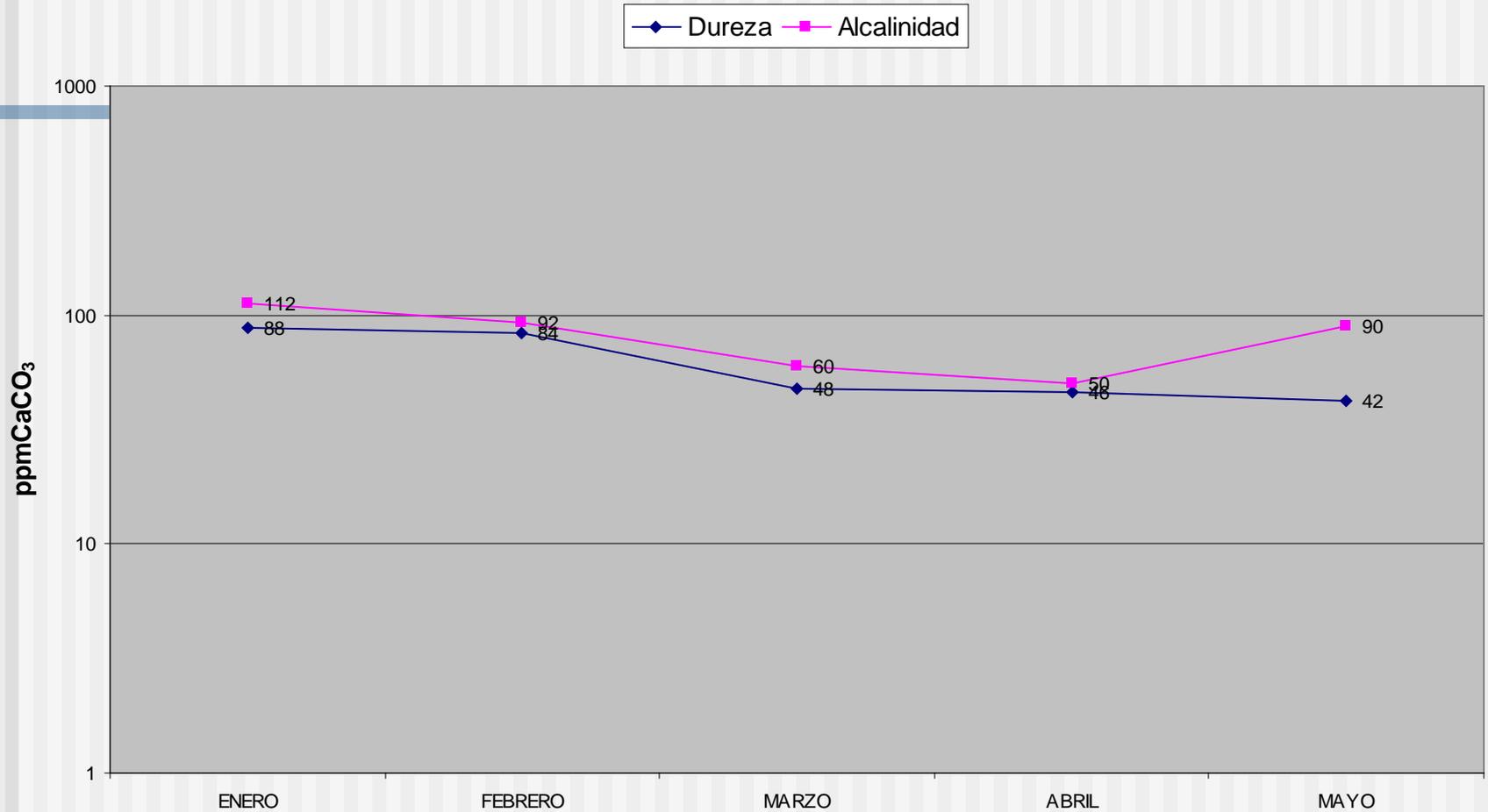
Relación dureza-alkalinidad Laguna (antena)



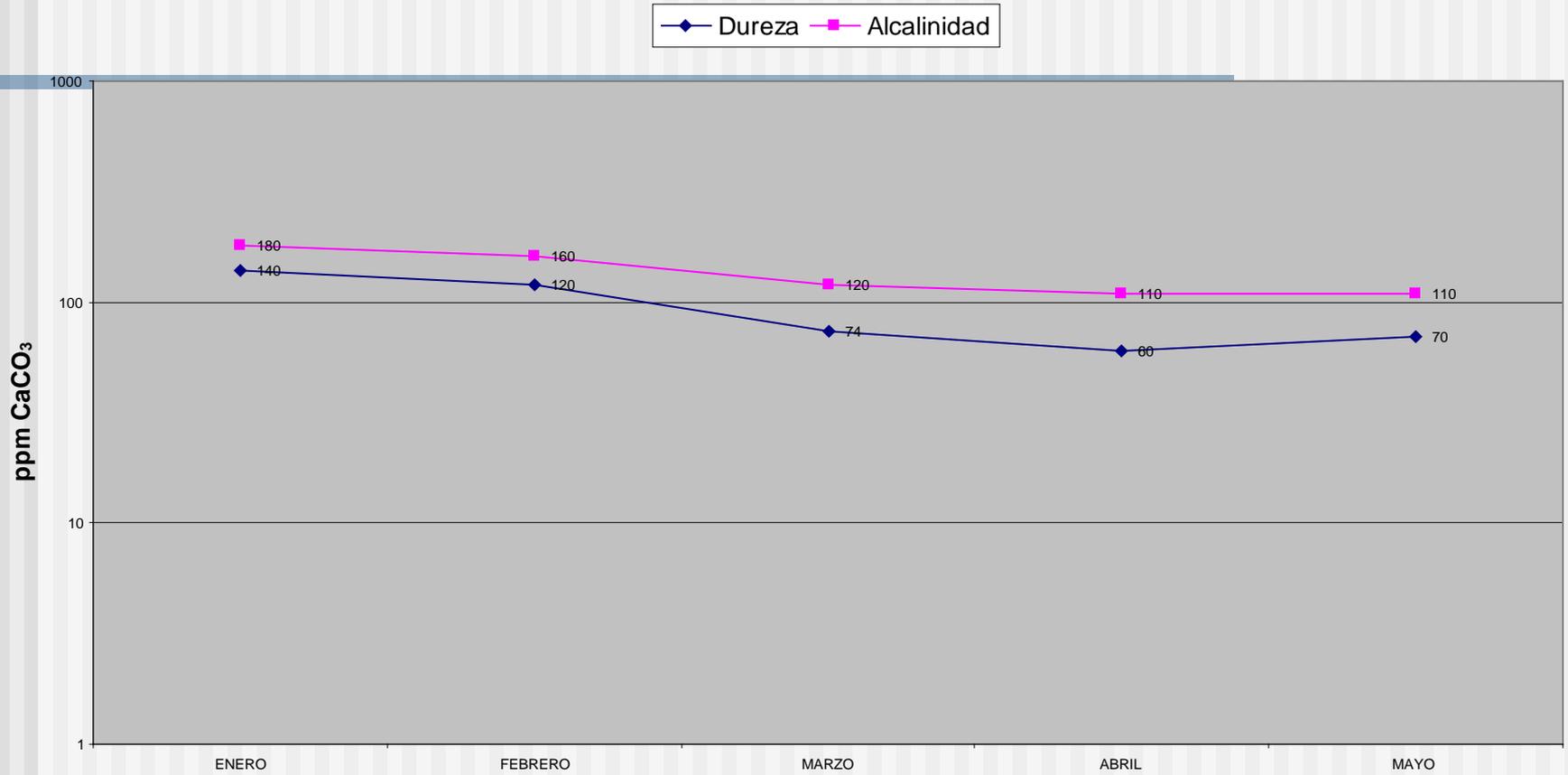
Relación dureza-alkalinidad Laguna (Pishira)



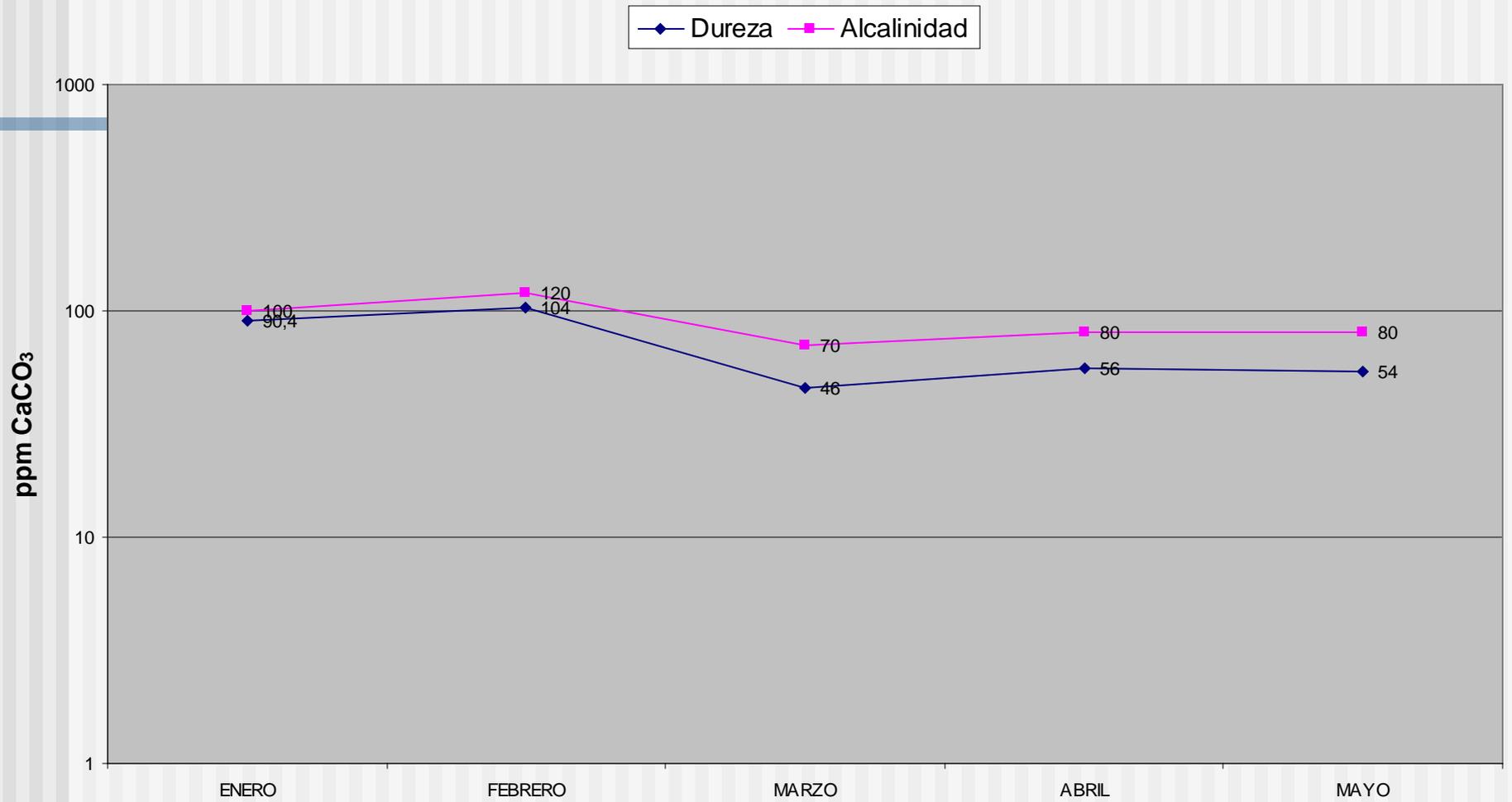
Relación dureza-alkalinidad Río Pishira



Relación dureza-alkalinidad Río Playayacu



Relación dureza-alkalinidad Río Sek



Relación Bario en agua y Bario en sedimento



Relación Bario en agua y Bario en sedimento

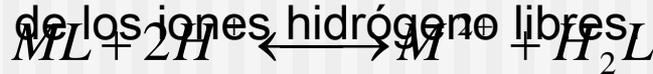
Analizando los gráficos 14, 15, y 16 correspondientes a los puntos muestreados en la

laguna se ve que existe una clara relación entre el bario que existe en el agua con aquel que se encuentra en el sedimento, pues al disminuir las concentraciones en la fase acuosa aumentan aquellas que se detectaron en los sedimentos.

Según Manahan (1995) existen dos formas en las que los metales reaccionan de forma

química en la fase acuosa con compuestos orgánicos, las cuales son:

- a) Complejación (quelación): En la que un metal se adhiere a un compuesto orgánico en función de los iones hidrógeno libres



Donde:

M es un metal

L es un compuesto orgánico ligante

H son iones hidrógeno libres (dictan el pH)

- b) Formación de organometálicos: Los metales se unen a un carbono de un compuesto orgánico y no se puede disociar ni por un cambio en el pH ni por una dilución

Considerando esto, existe una estrecha relación entre las formas solubles e insolubles

del bario con relación al pH, siendo éste el que dicta el comportamiento que tiene dicho metal. De tal forma que si revisamos los gráficos antes mencionados con relación al potencial hidrógeno de la laguna tenemos que:

- 1) A pequeños cambios de pH hacia la acidez (disminución del pH) tenemos que aumenta el bario en el sedimento y disminuye en el agua
- 2) A pequeños cambios de pH hacia la basicidad (aumento del pH) tenemos que disminuye el bario en el sedimento y aumenta el bario en el agua

Esto nos lleva a pensar que el bario en forma acuosa se vuelve insoluble cuando existe un pH ácido lo cual lleva a sedimentarlo al fondo de la laguna probablemente por un proceso de complejación con las grandes cantidades de materia orgánica que posee la laguna por su estado de eutrofización. El pH es a su vez quien gobierna sobre la liberación del bario del sedimento al agua siendo un pH básico quien permite la disociación del metal de la fase orgánica. Esto descarta que exista de forma mayoritaria la formación de compuestos organometálicos pues al parecer hay una relación íntima entre ambas fases de la laguna comprobando que el bario no se inmoviliza en los sedimentos.

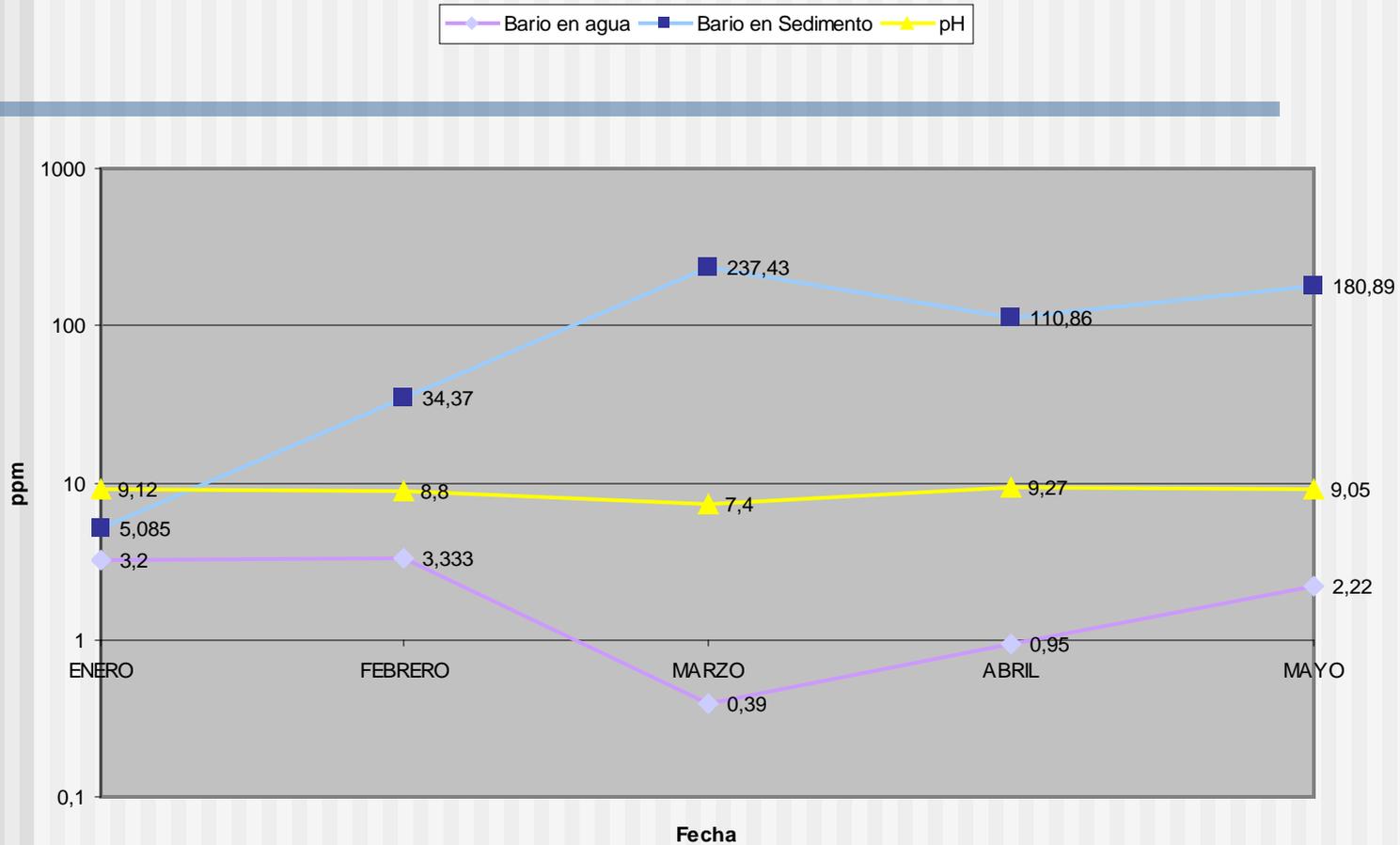
Adicionalmente podemos ver que en los meses de estiaje (abril y mayo) existe una concentración de bario en el agua seguramente por la disminución del nivel en la laguna.

Ahora si revisamos los gráficos 17, 18 y 19 que corresponden a los puntos de muestreo de los ríos sucede una relación inversa a la que se puede observar en la laguna, pues al disminuir el pH, haciéndose más ácido, aumenta las concentraciones de bario en el agua y disminuyen las encontradas en los sedimentos.

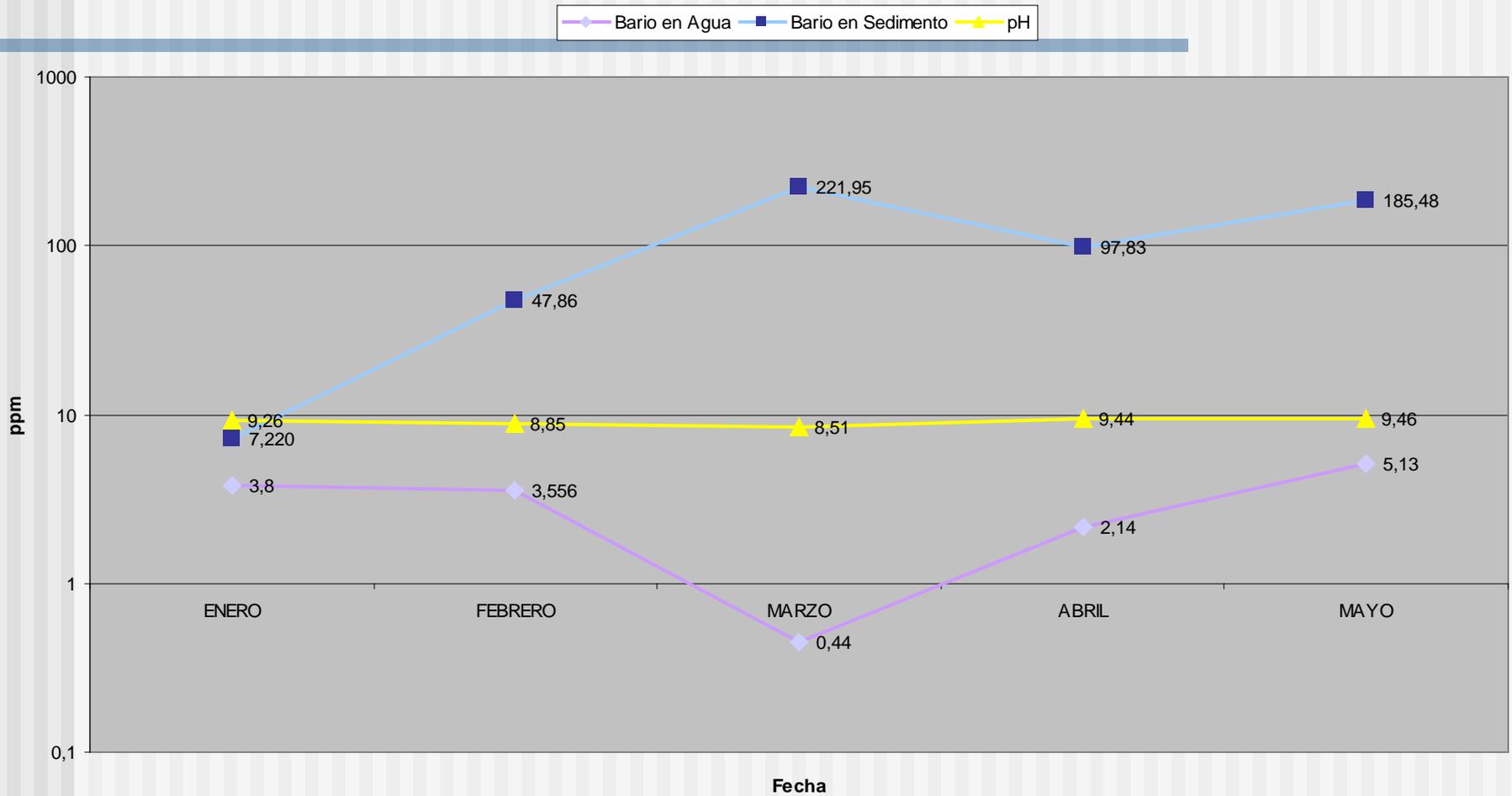
Esto sucede debido a que no estamos tratando con un cuerpo de agua relativamente estática, de grandes dimensiones, con alto contenido de material orgánico como es la laguna por lo que es difícil que se produzca un proceso de complejación. De tal forma que se podrían estar formando compuestos inorgánicos insolubles como hidróxido de bario, sulfatos de bario y carbonatos de bario en pH básico.

Normalmente no existe bario de forma natural en los cuerpos de agua superficial, pues las sales de esta compuesta se utilizan según Sawyer (2001) en aplicaciones industriales como las pinturas, linóleos, papel y lodos de perforación, a pesar de que según ciertos datos recogidos de forma informal sugieren que las aguas del Oriente Ecuatoriano serían una excepción

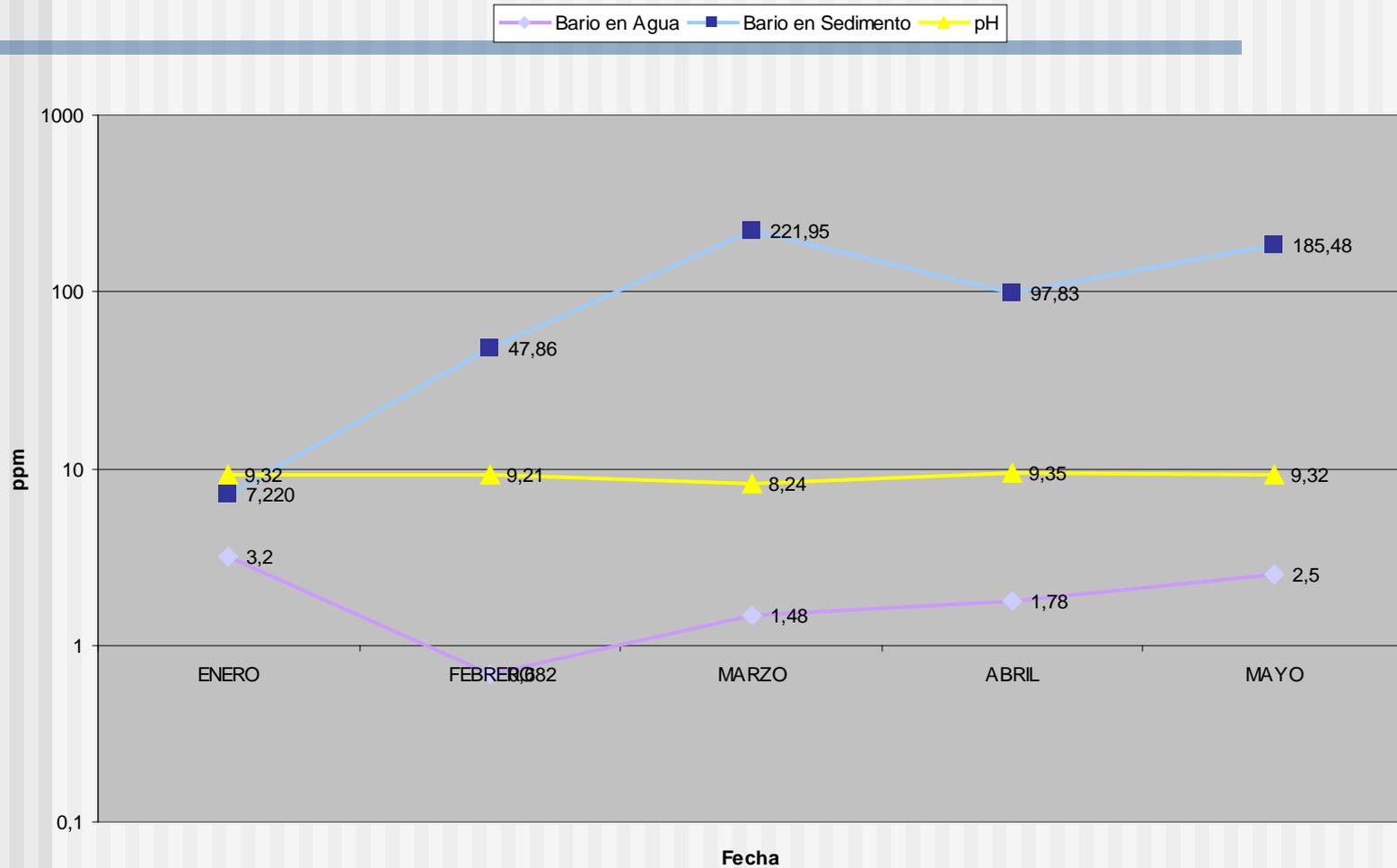
Relación bario en agua-bario en sedimento-pH Laguna(muelle)



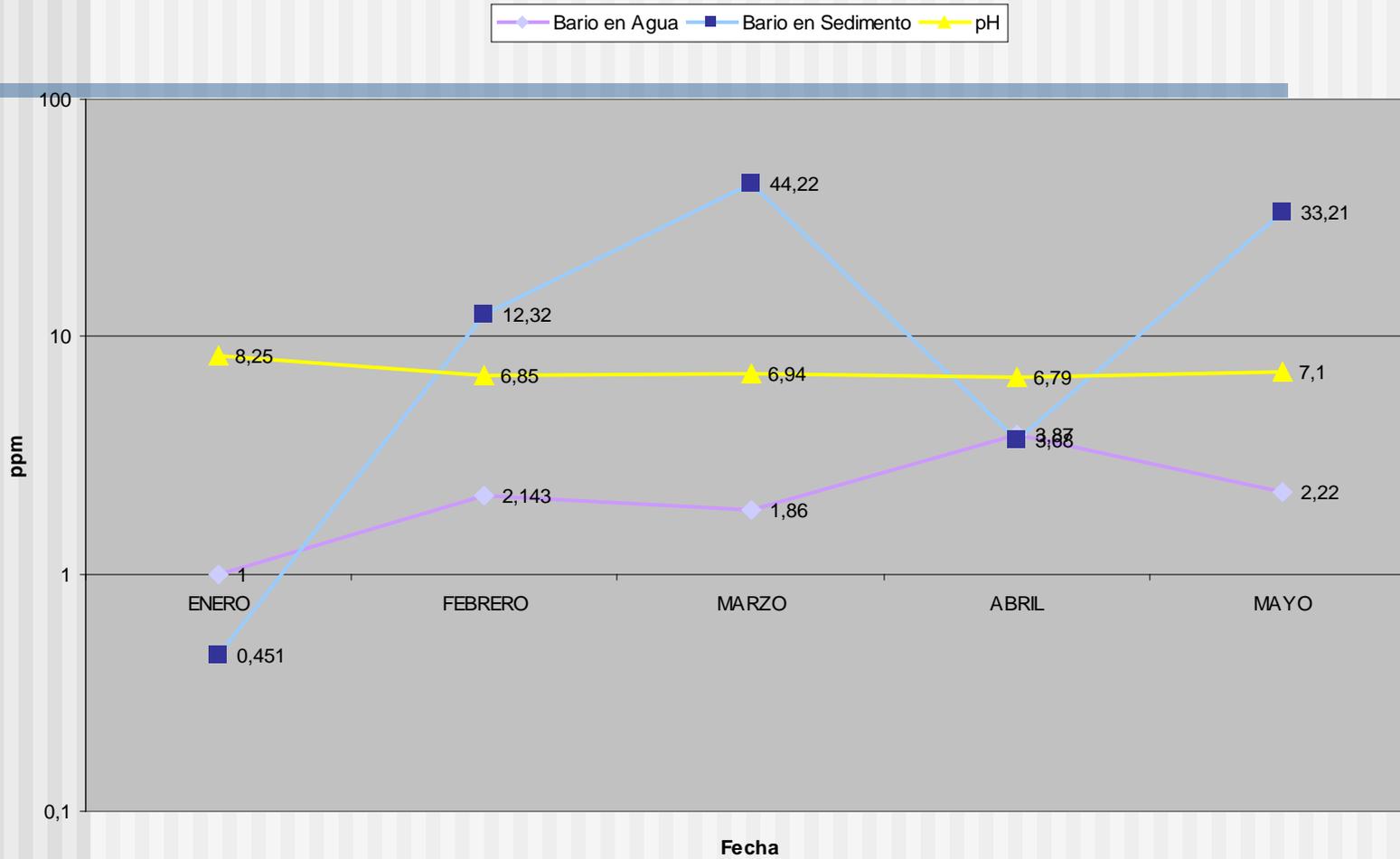
Relación bario en agua-bario en sedimento Laguna(antena)



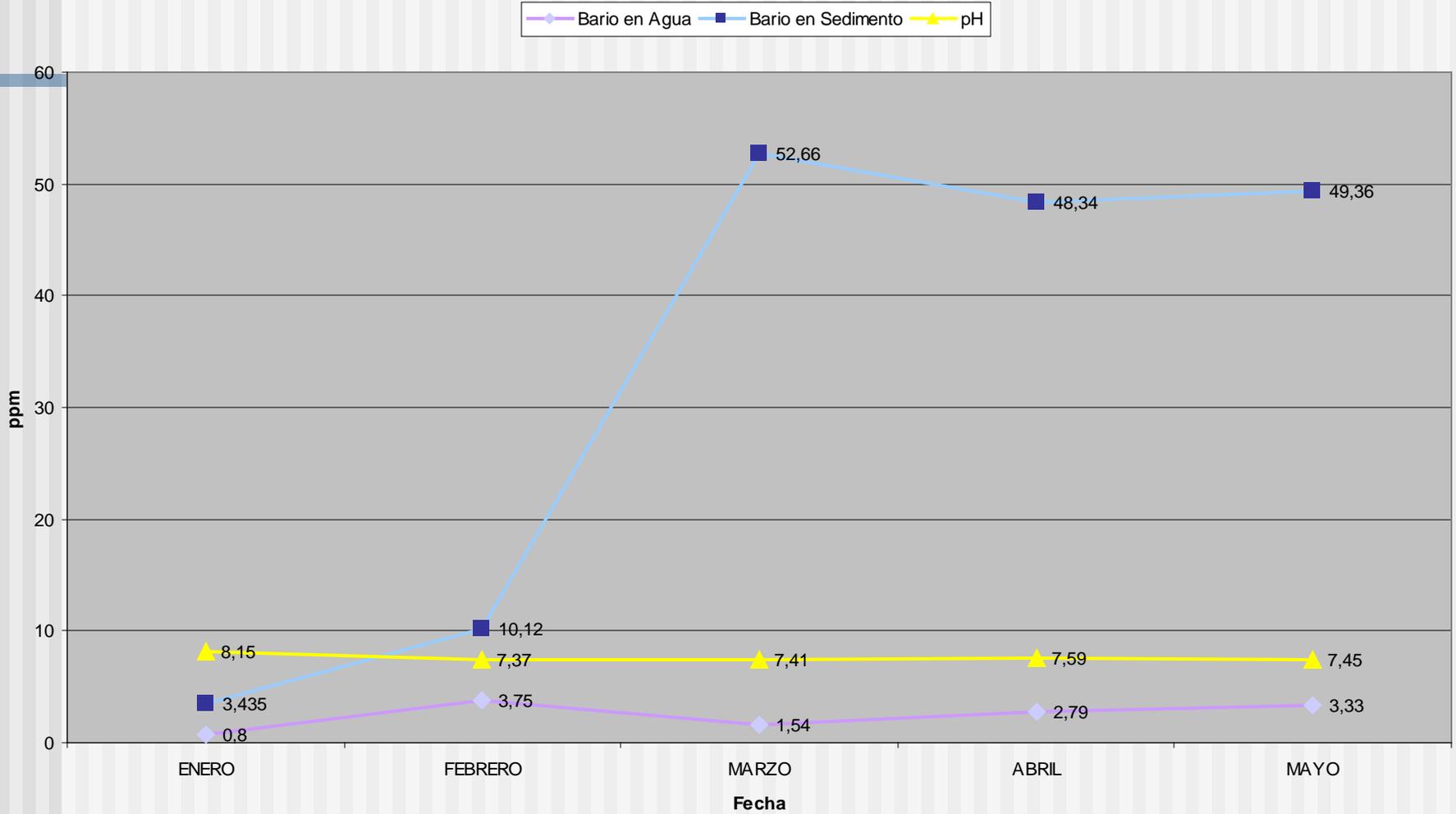
Relación bario en agua-bario en sedimento-pH Laguna(Pishira)



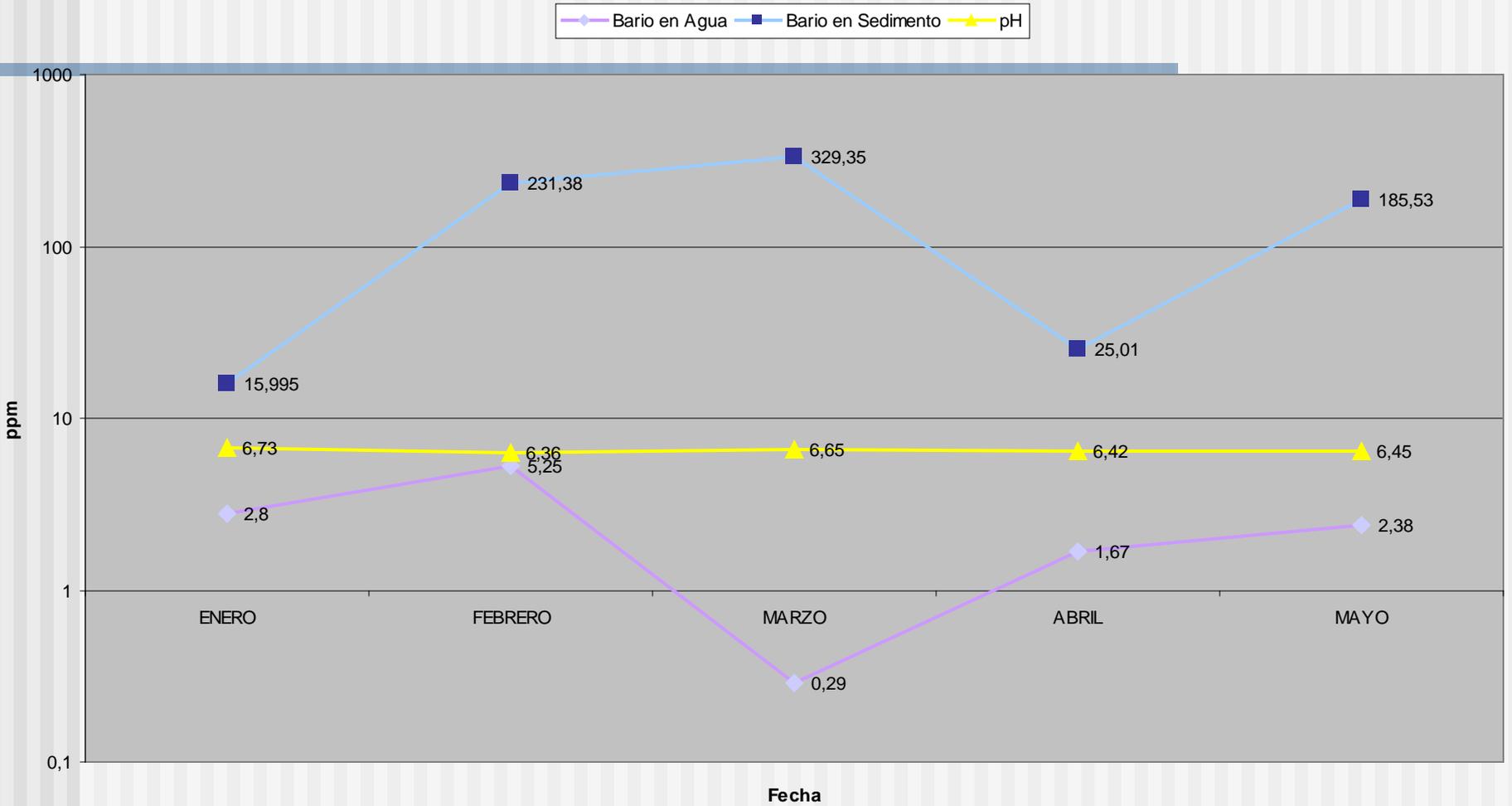
Relación bario en agua-bario en sedimento-pH Río Pishira



Relación bario en agua-bario en sedimento-pH Río Playayacu



Relación bario en agua-bario en sedimento-pH Río Sek



A photograph of a dense, green forest with a body of water in the foreground. The water is calm and reflects the surrounding greenery. The text "Relación Fósforo en agua y Fósforo en sedimento" is overlaid in white, bold font across the middle of the image.

Relación Fósforo en agua y Fósforo en sedimento

Relación Fósforo en agua y Fósforo en sedimento

Analizando los gráficos 20, 21, 22, 23, 24 y 25 podemos observar que no existe una clara relación entre el fósforo del agua y el fósforo del sedimento;

sin embargo es importante recalcar lo siguiente:

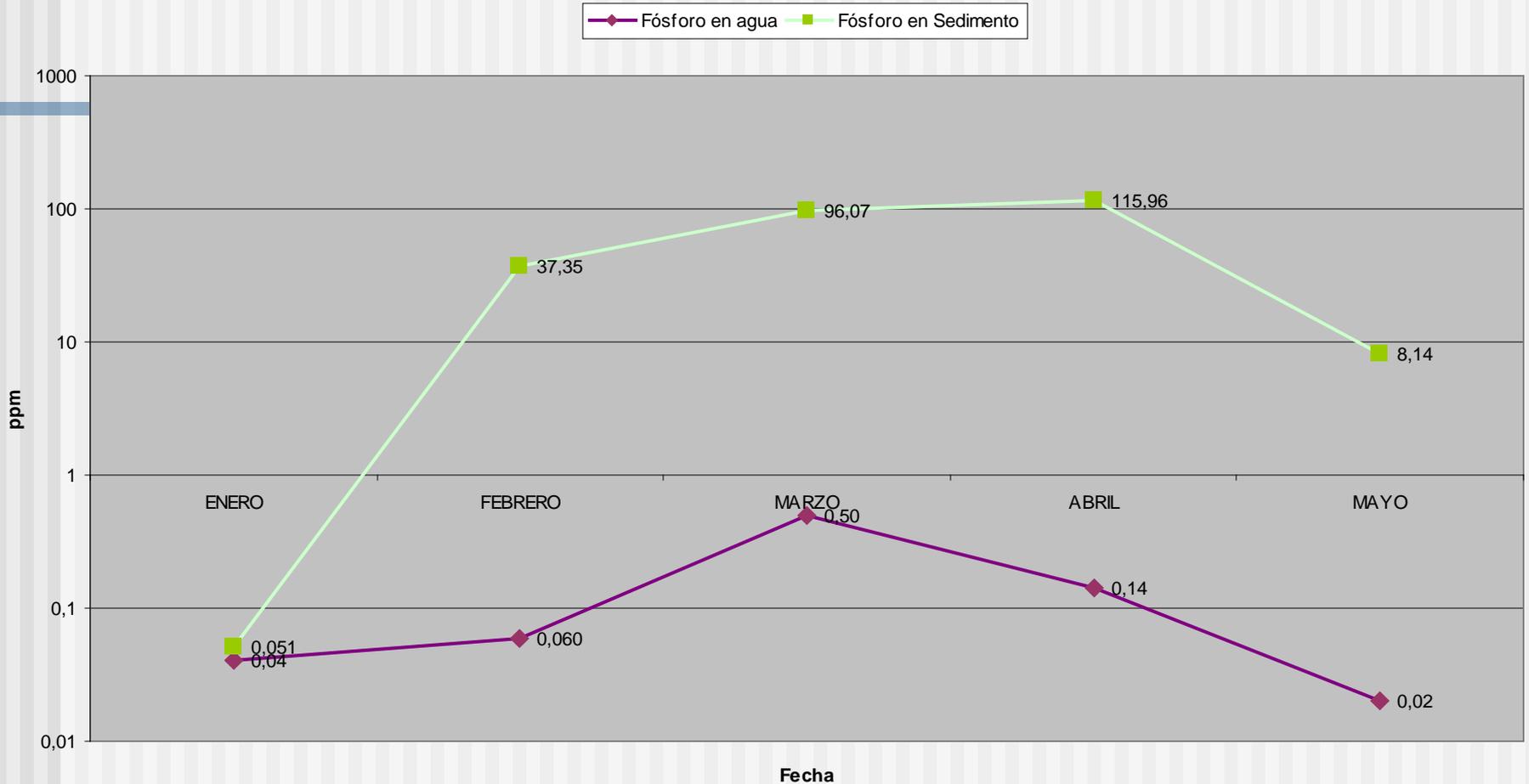
- 1) Las principales especies químicas que se pueden encontrar de forma natural en el agua son HPO_4^{2-} (aq) y $(\text{H}_2\text{PO}_4)^-$ (aq).
- 2) El fósforo de forma acuosa que se encuentra disponible es utilizado por plantas y ciertos microorganismos para sus procesos metabólicos que están relacionado con la producción primaria.
- 3) El fósforo en los sedimentos funcionan como una fuente de almacenamiento de este elemento en la laguna.

Partiendo de estas premisas se tienen bajas concentraciones de fósforo en el agua y grandes concentraciones en los sedimentos de la laguna debido a que este elemento en su mayor parte es utilizado

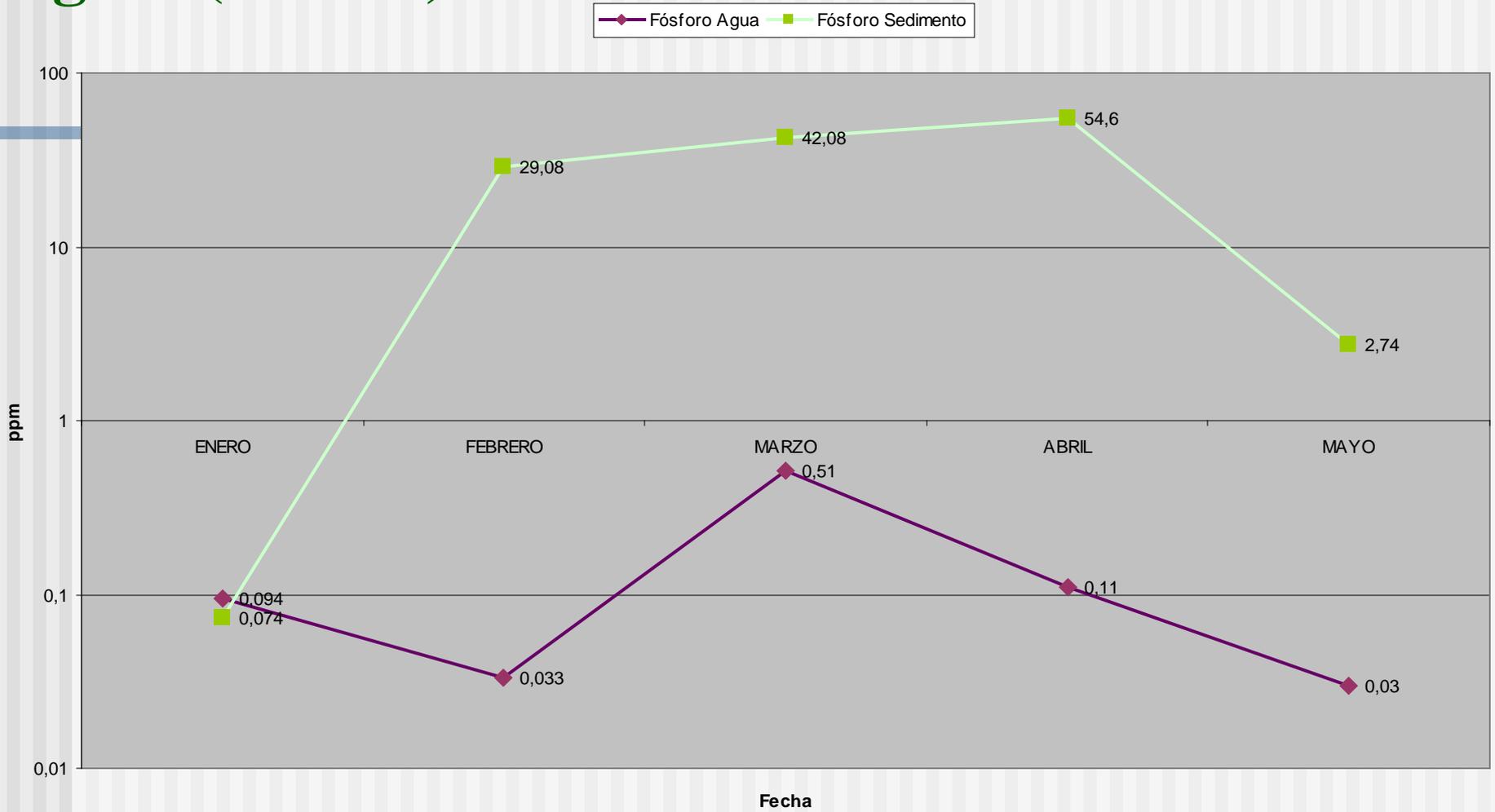
de forma biológica y en menor proporción el ión fosfato forma sales

poco solubles que terminan en los sedimentos y son adsorvidos en

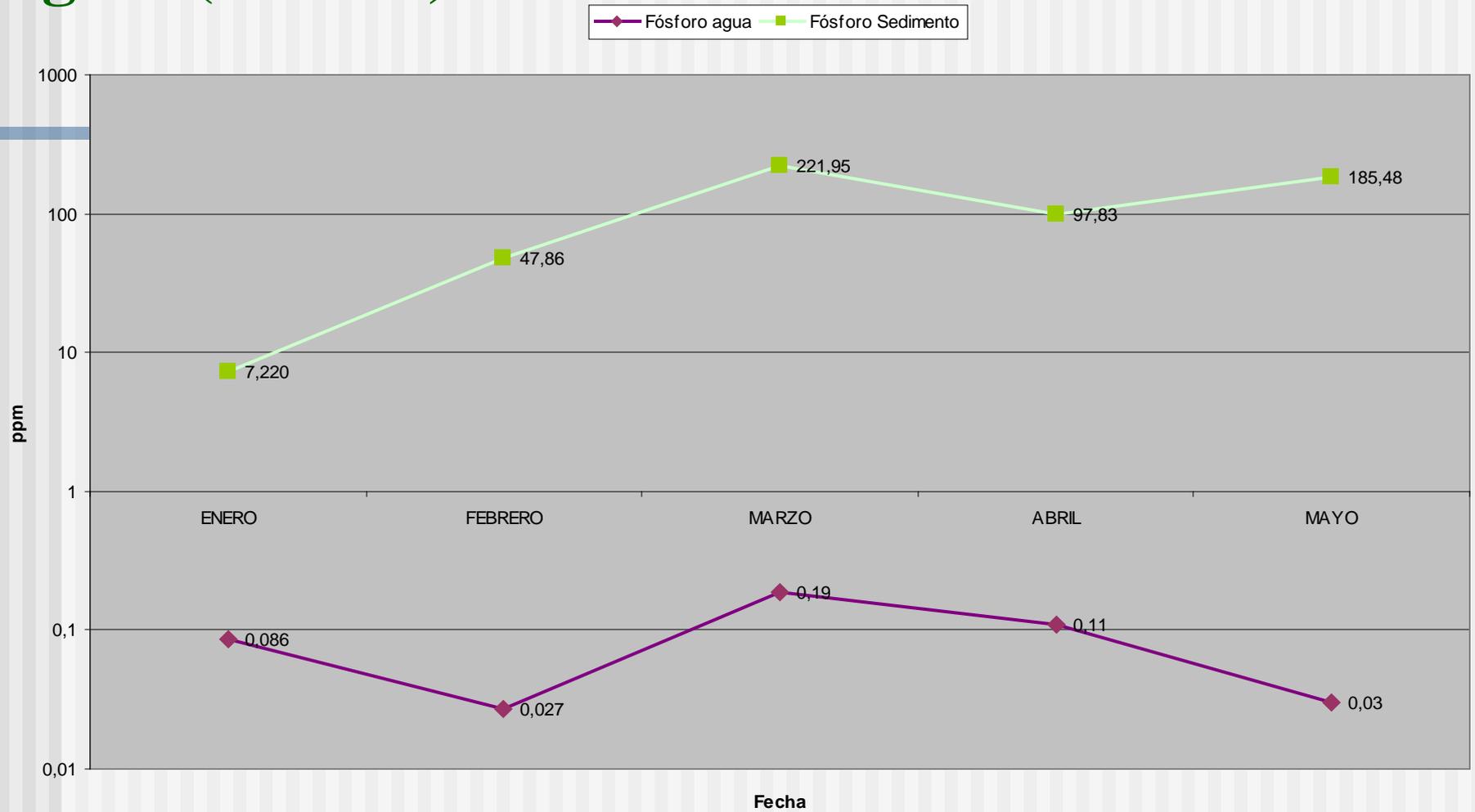
Relación fósforo en agua-fósforo en sedimento Laguna(muelle)



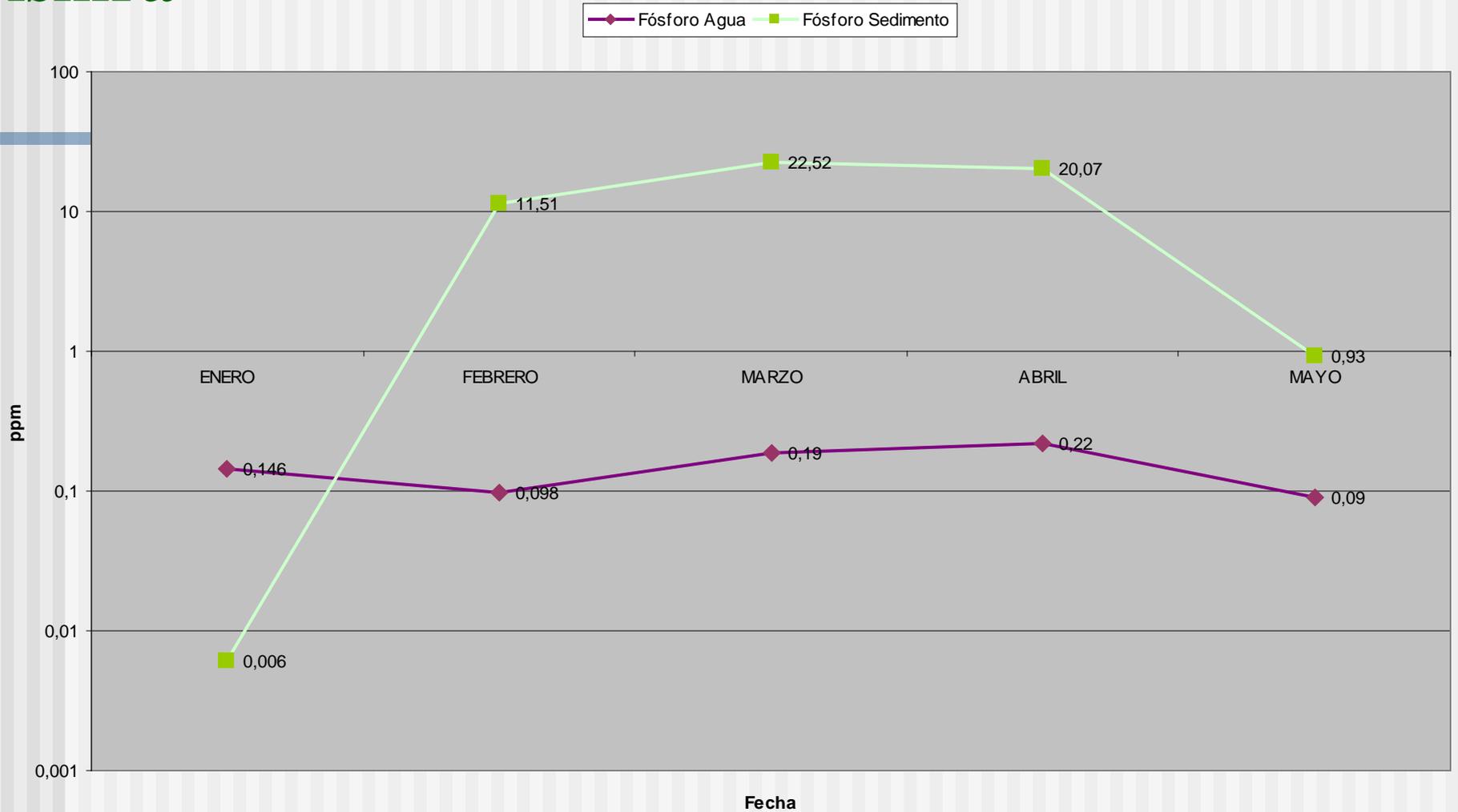
Relación fósforo en agua-fósforo en sedimento Laguna(antena)



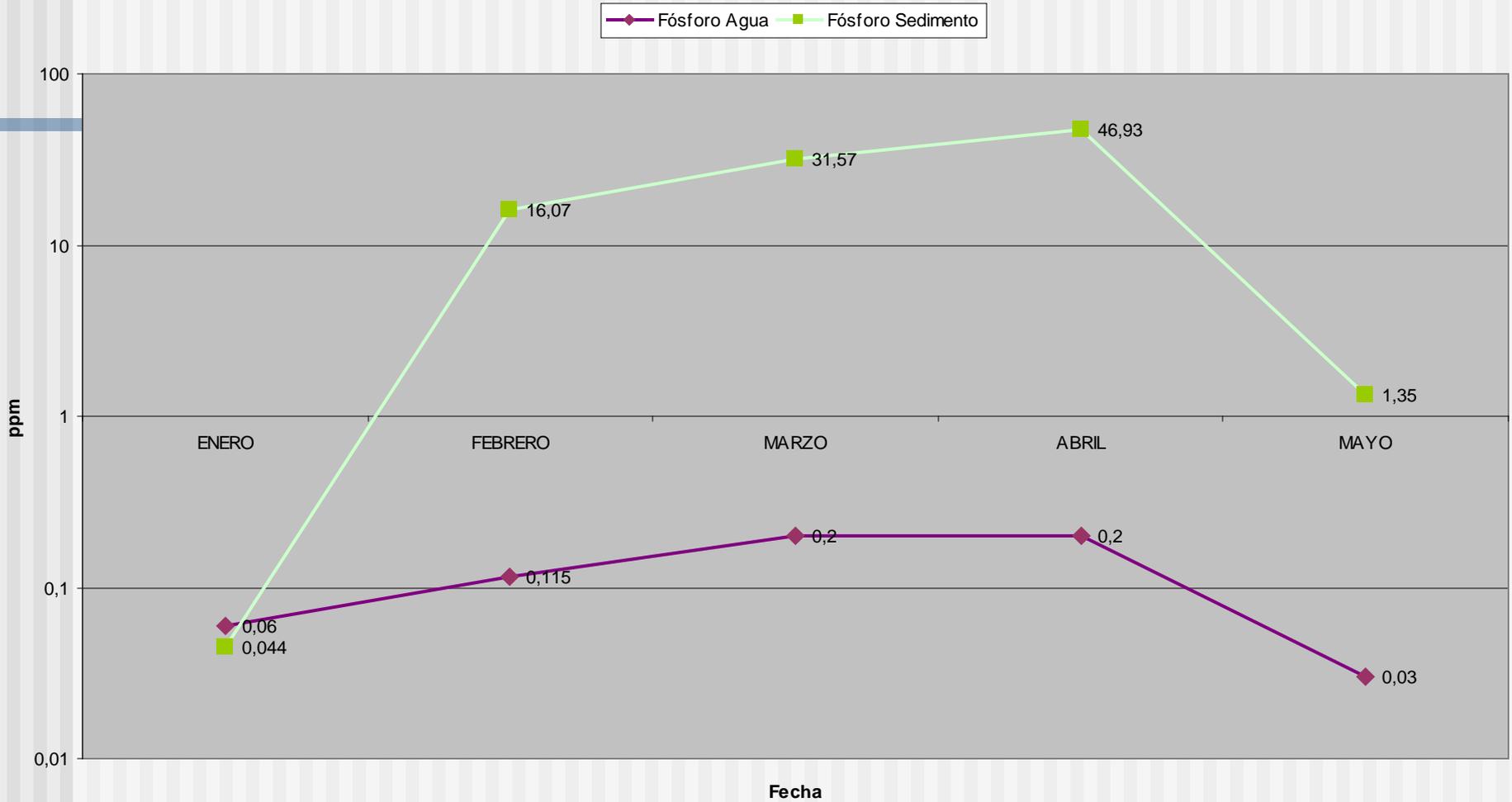
Relación fósforo en agua-fósforo en sedimento Laguna(Pishira)



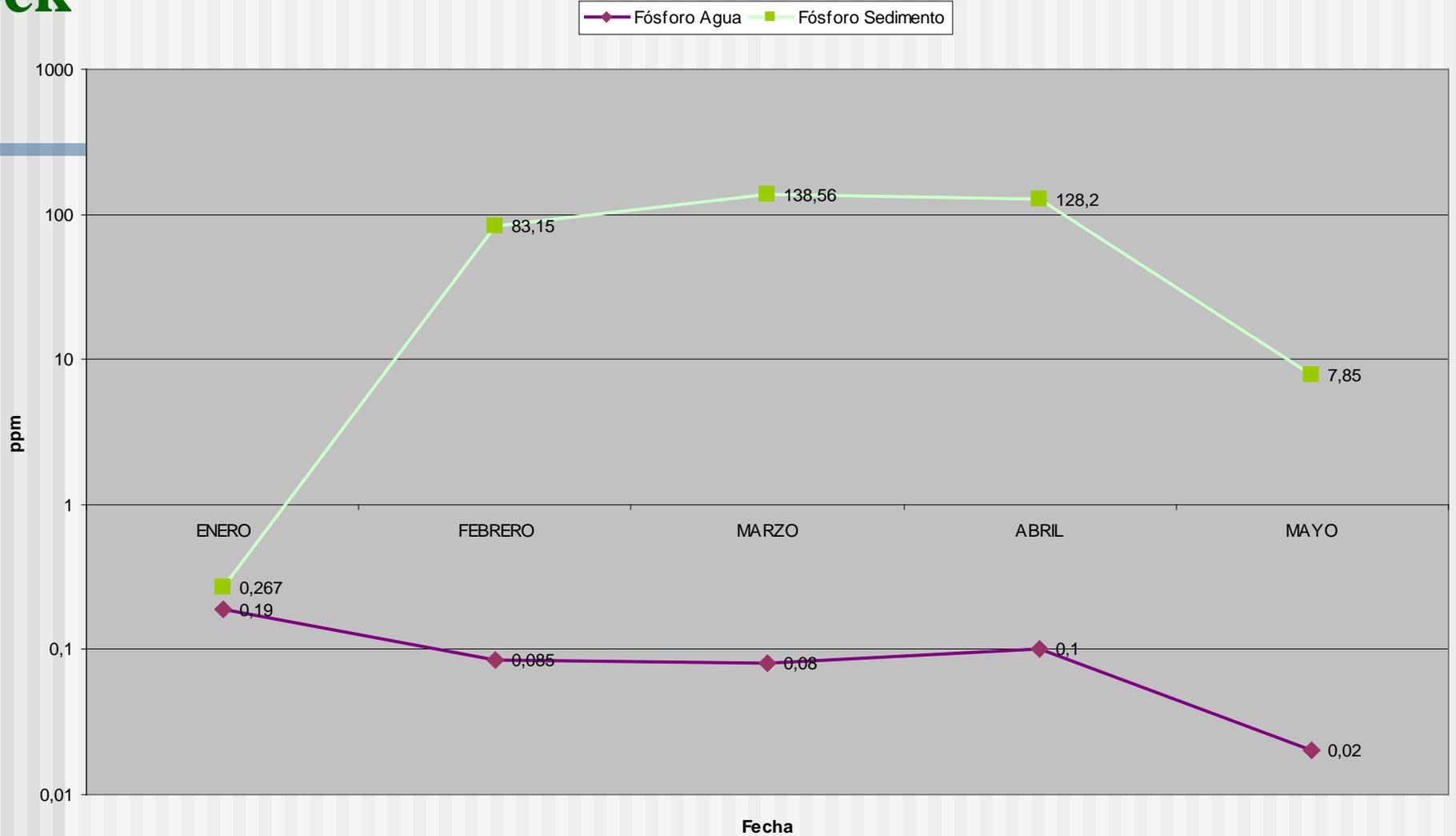
Relación fósforo en agua-fósforo en sedimento Río Pishira



Relación fósforo en agua-fósforo en sedimento Río Playayacu



Relación fósforo en agua-fósforo en sedimento Río Sek



Relación Bario Fósforo con oxígeno disuelto y pH en agua



Relación Bario Fósforo con oxígeno disuelto y pH en agua

Según lo expuesto en los apartados 9.3.3 y 9.3.4 para definir una relación entre el fósforo y el bario debemos tomar en cuenta dos aspectos fundamentales:

- 1) Las concentraciones de bario dependen de la cantidad de material orgánico en el cuerpo de agua y el pH
- 2) Las concentraciones de fósforo dependen de la actividad biológica por ser parte fundamental de los organismos vivos, en especial de aquellos que se encargan de la producción primaria.

Debido a esto en los gráficos 26,27 y 28 se relaciona las concentraciones de bario

y fósforo en el agua con el pH y el oxígeno disuelto (relacionado directamente con la producción primaria y la actividad microbiana). De aquí que se puede ver que

existe una relación entre estos dos elementos que presumiblemente no es directa, pues

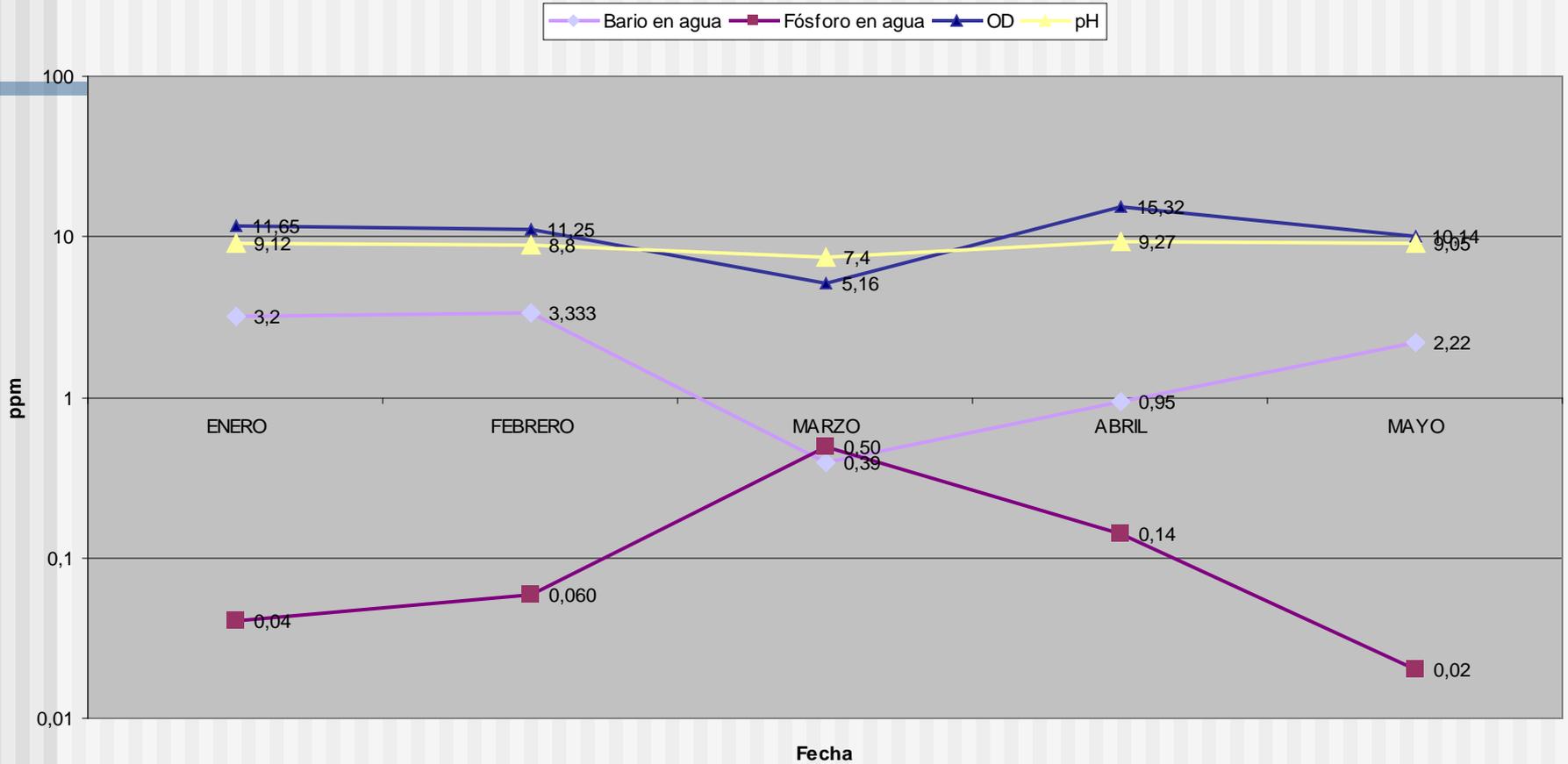
al parecer no reaccionan entre si para formar compuestos solubles o insolubles por lo que en la laguna podría cumplirse lo siguiente:

- a) Cuando el pH es ácido el bario sufre una complejación con la materia orgánica y sedimenta
- b) La complejación podría estar sujeta a cierta actividad microbiana, en especial la degradación de compuestos orgánicos complejos.
- c) La degradación de materia orgánica por vía aerobia consume oxígeno

- d) Al disminuir el oxígeno disuelto existe una disminución de la producción primaria
- e) Cuando disminuye la producción primaria existe una menor demanda de fósforo lo cual hace que su concentración aumente.
- f) Cuando el pH es básico el proceso descrito anteriormente se revierte.

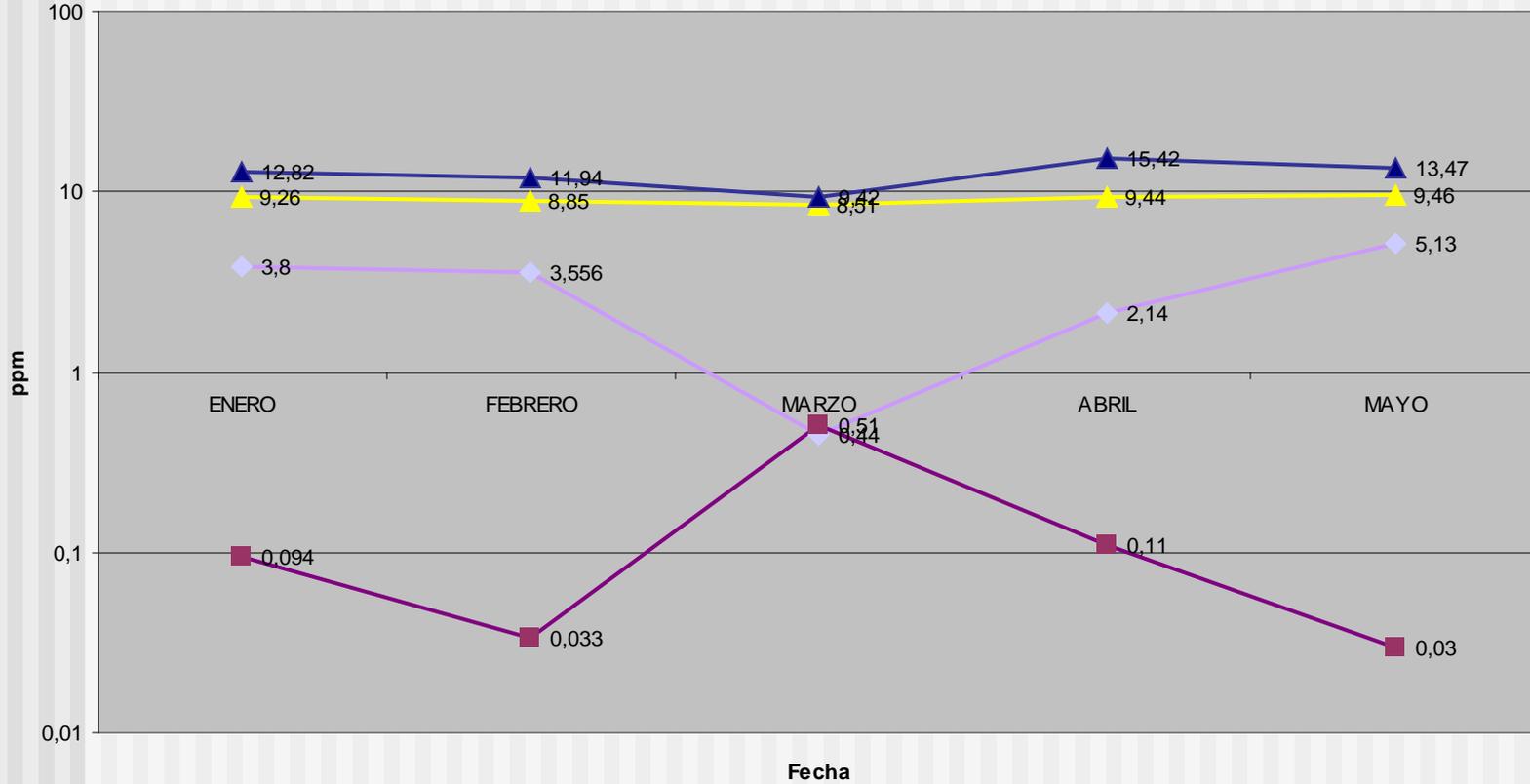
En el caso de los puntos muestreado en los ríos que se encuentran en los gráficos 29, 30, y 31 el proceso descrito anteriormente no se cumple debido a tratamos con cuerpos de agua en movimiento donde el proceso de complejación tiene dificultades para realizarse por su bajo tiempo de residencia, poca actividad microbiológica y alta turbulencia, en comparación con la laguna. Esto sugiere que se forman compuestos inorgánicos insolubles en lugar de compuestos orgánicos.

Relación bario-fósforo en agua-oxígeno disuelto- pH Laguna(muelle)

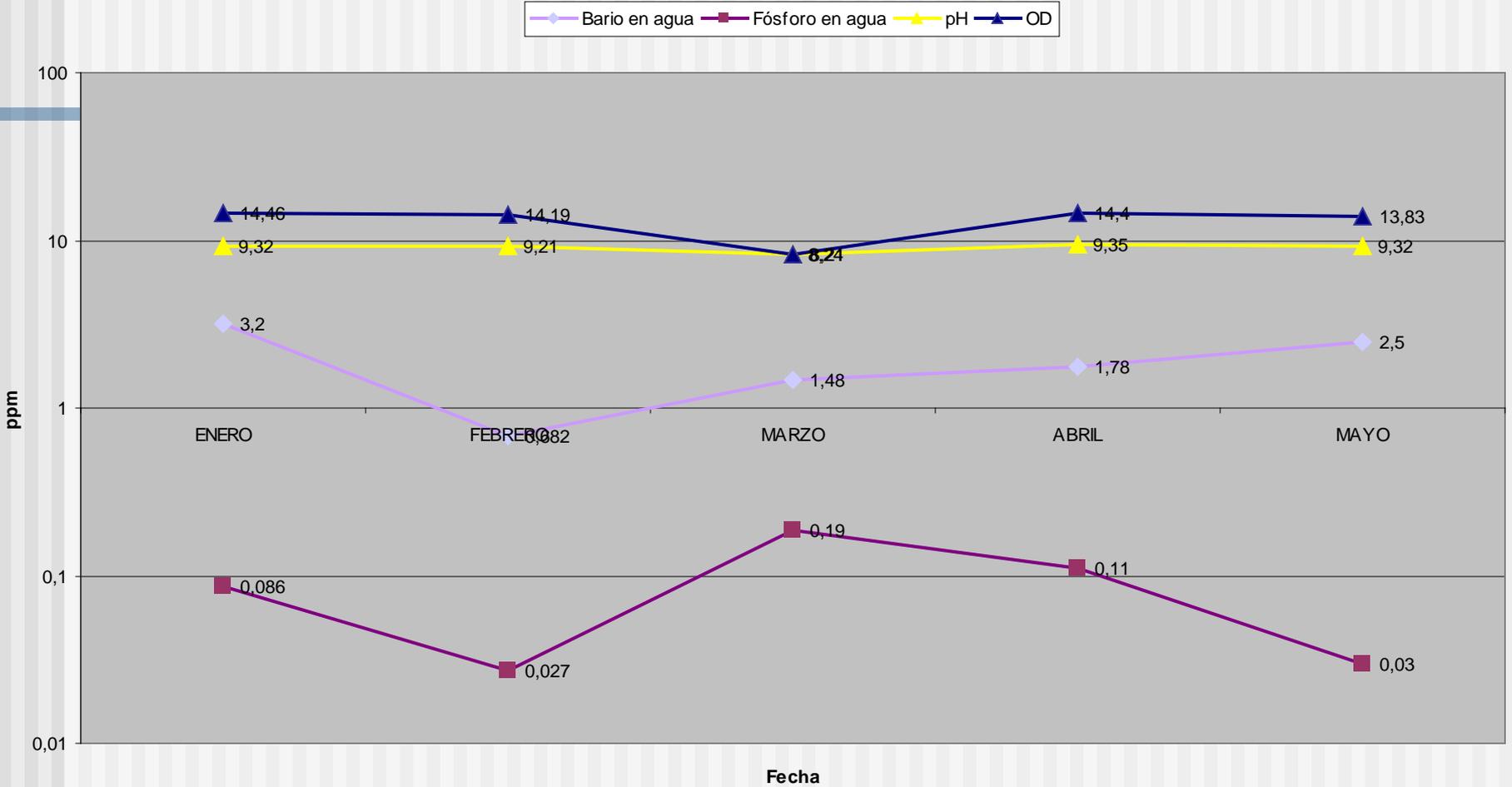


Relación bario-fósforo en agua-oxígeno disuelto- pH Laguna(antena)

Bario en Agua Fósforo en agua pH OD

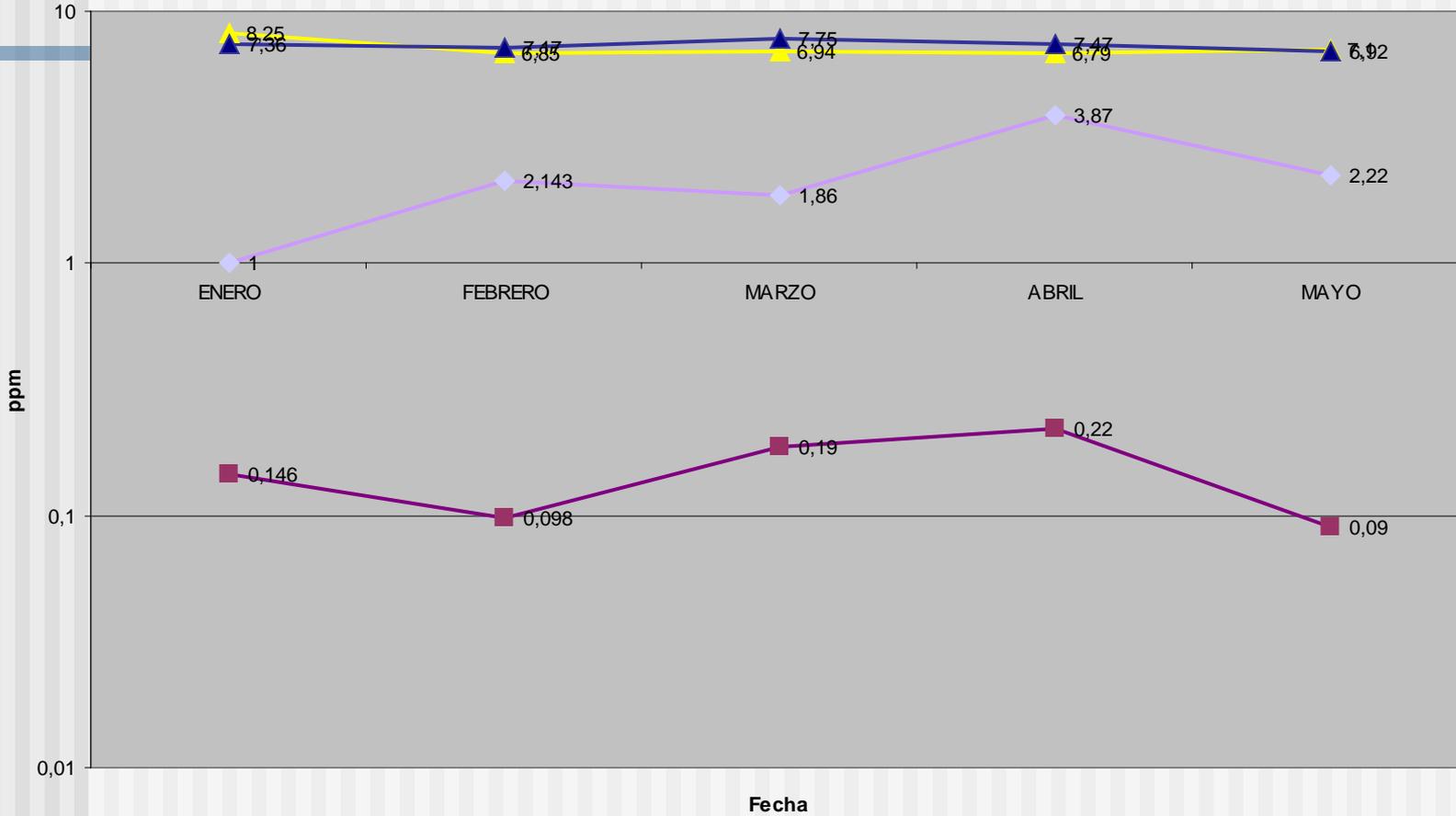


Relación bario-fósforo en agua-oxígeno disuelto- pH Laguna(Pishira)

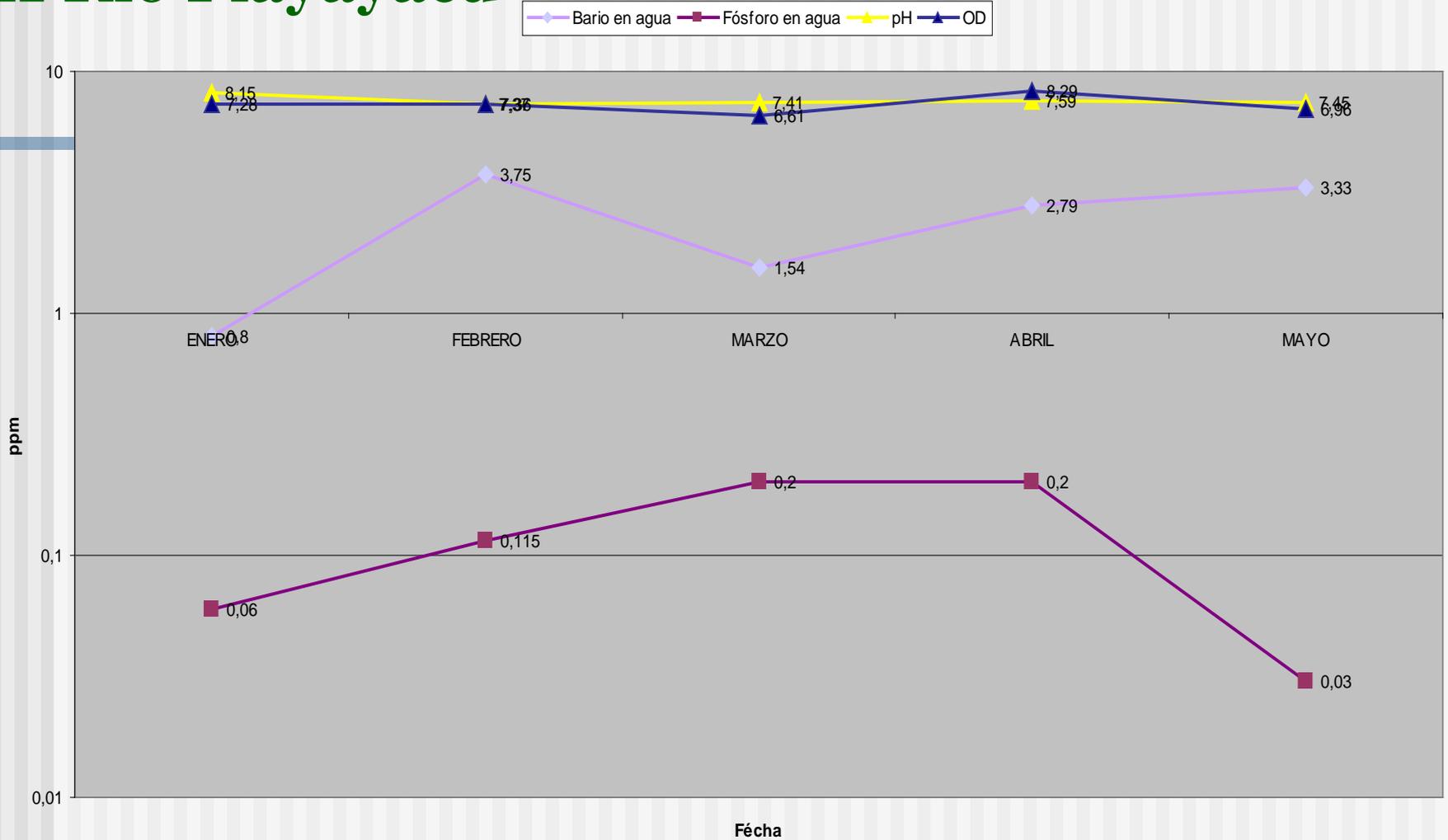


Relación bario-fósforo en agua-oxígeno disuelto- pH Río Pishira

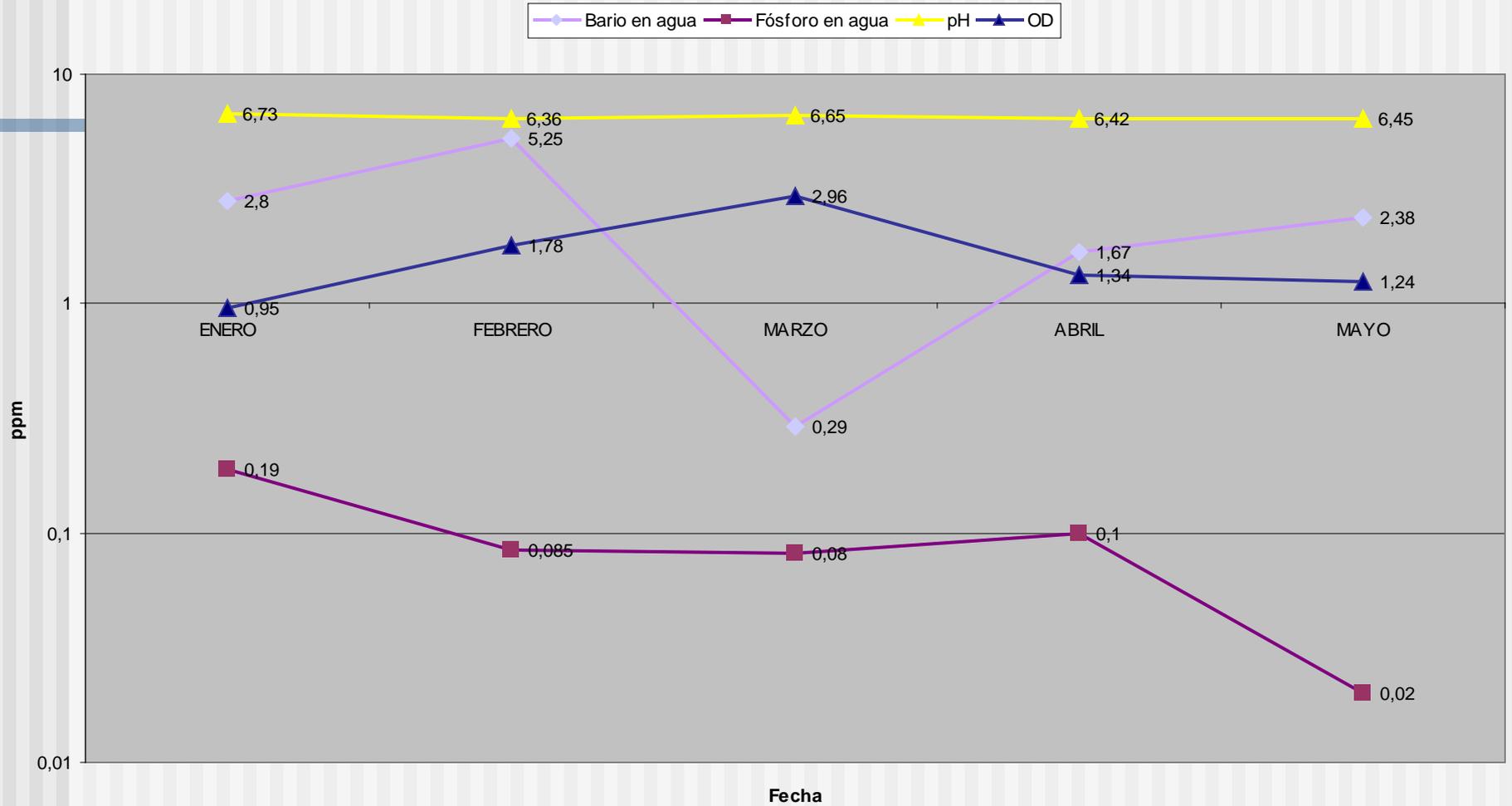
Bario en Agua Fósforo en agua pH OD



Relación bario-fósforo en agua-oxígeno disuelto- pH Río Playayacu



Relación bario-fósforo en agua-oxígeno disuelto- pH Río Sek



Relación Bario Fósforo en Sedimento



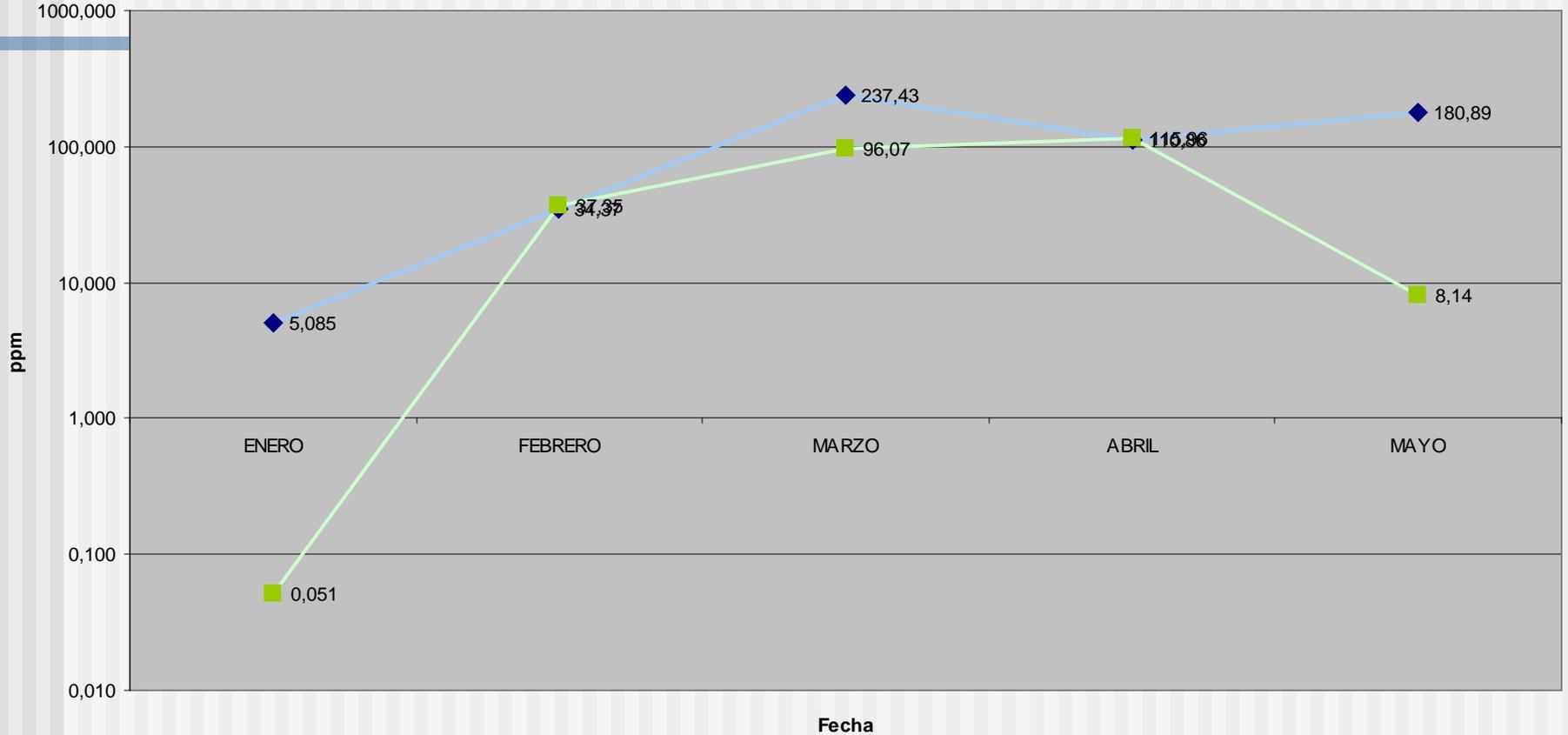
Relación Bario Fósforo en Sedimento

Al analizar los gráficos 32, 33, 34, 35, 36 y 37 podemos observar que, a pesar de que en ciertos puntos pareciera que las concentraciones de bario y fósforo tienen una relación directa, existen mediciones contradictorias que nos hacen pensar que es solamente una casualidad.

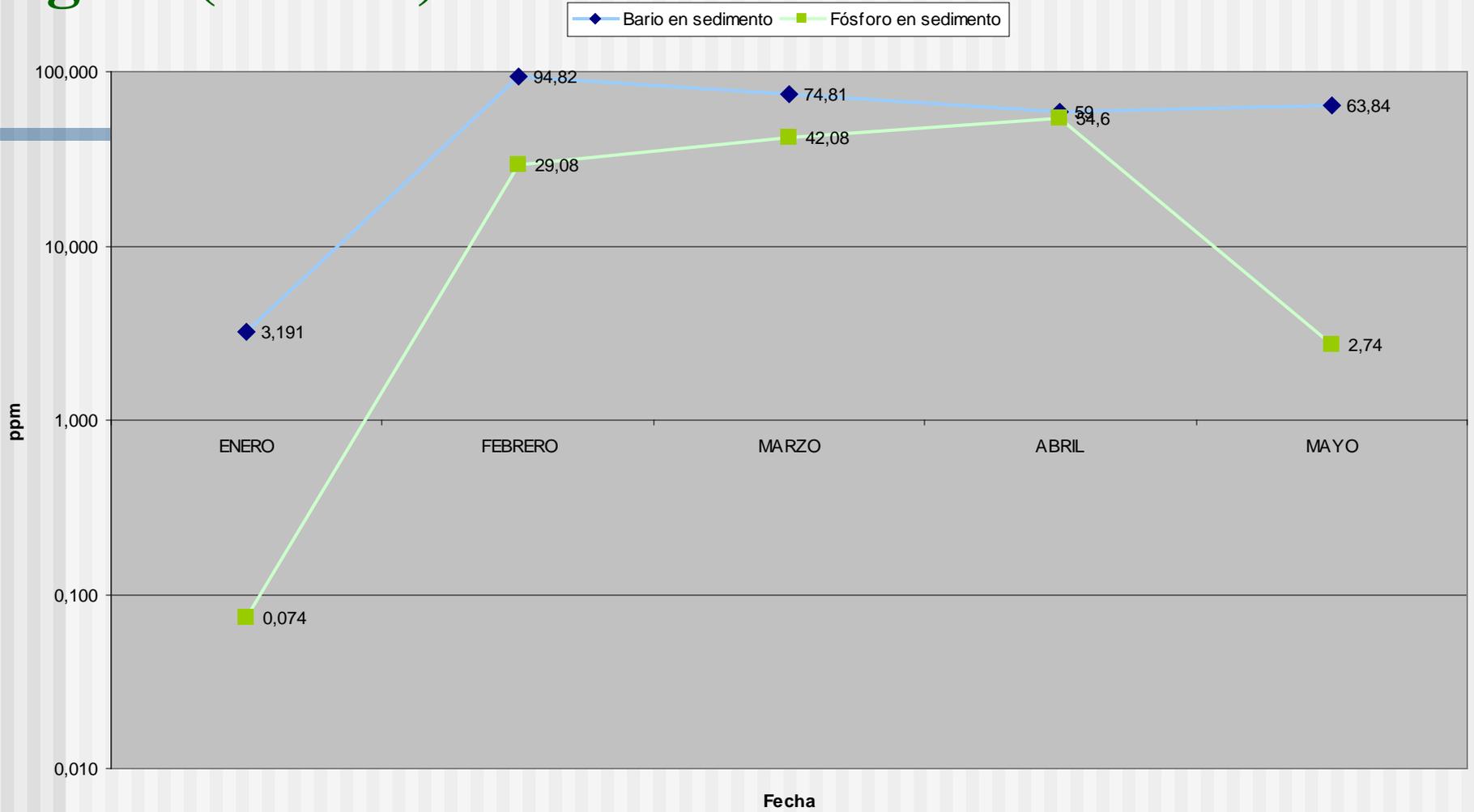
Por esta razón no se puede interpretar que se presente un mecanismo químico o biológico que gobierne una relación entre estos dos elementos en esta fase de la laguna. Debe recordarse que son los sedimentos el repositorio de una variedad de especies químicas donde se llevan a cabo una serie de reacciones que permiten almacenar o disponer de estas sustancias, lo cual explica las variaciones en las curvas de concentración y no siempre un incremento o disminución constante.

Relación bario en sedimento-fósforo en sedimento Laguna(muelle)

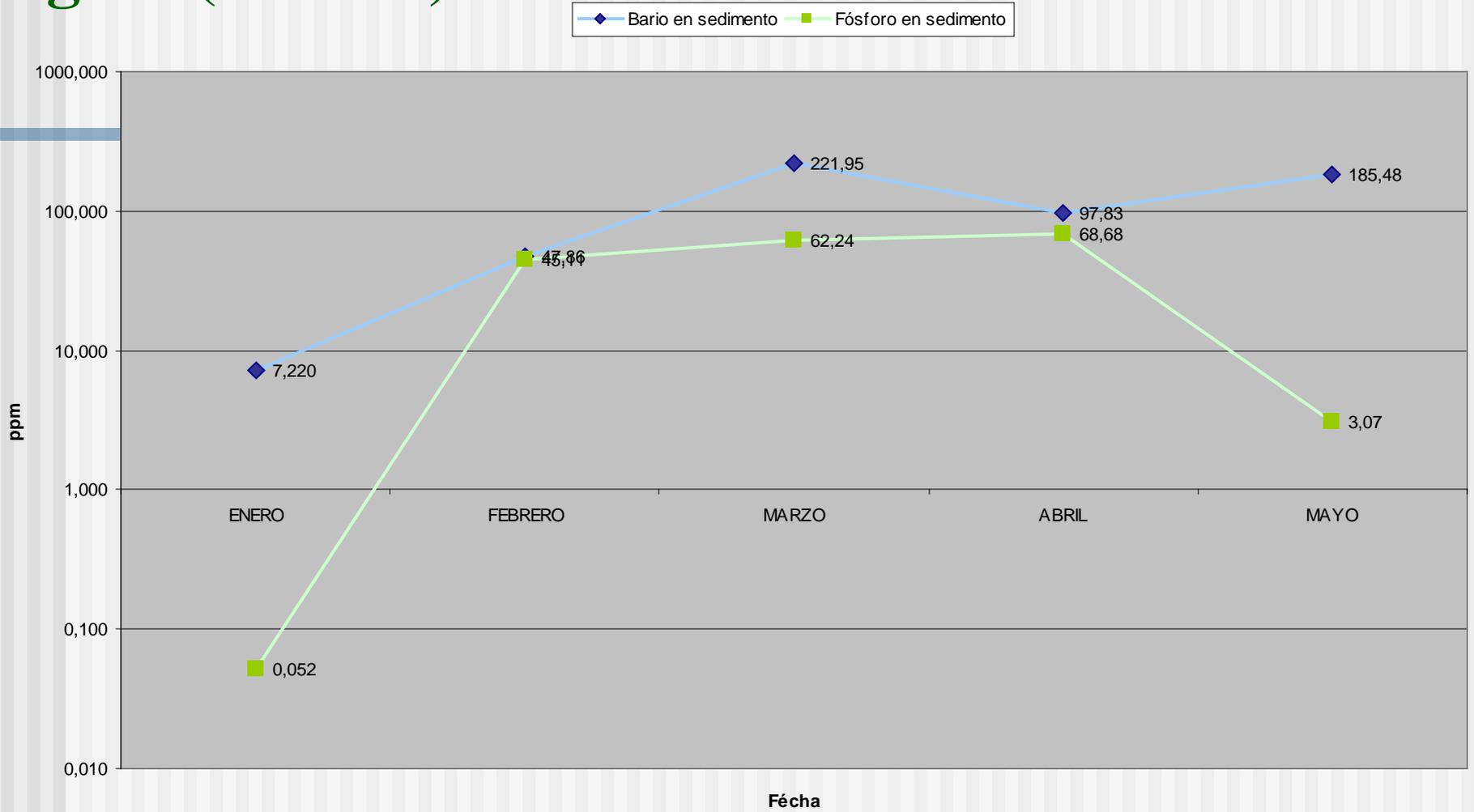
◆ Bario en sedimento ■ Fósforo en sedimento



Relación bario en sedimento-fósforo en sedimento Laguna(antena)

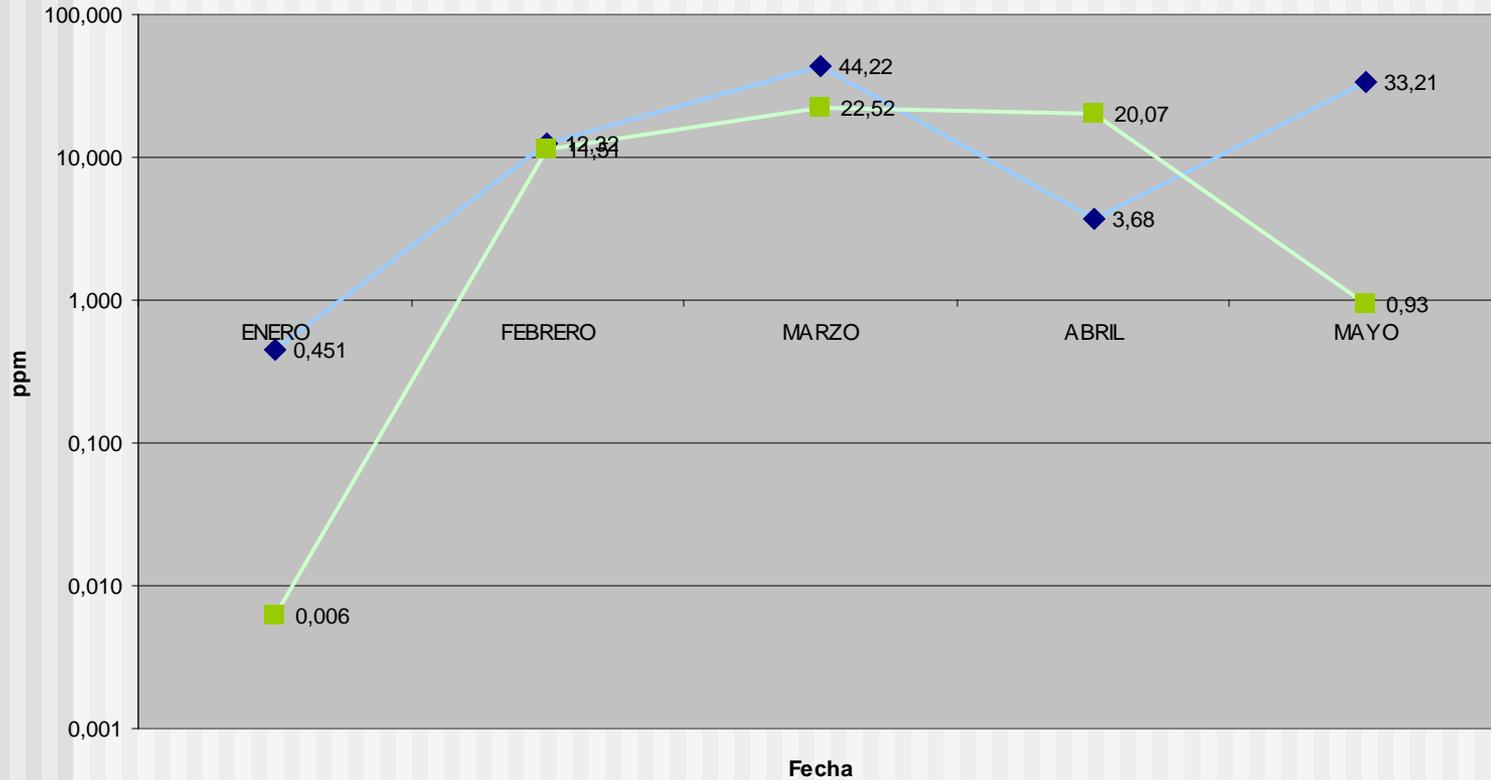


Relación bario en sedimento-fósforo en sedimento Laguna(Pishira)

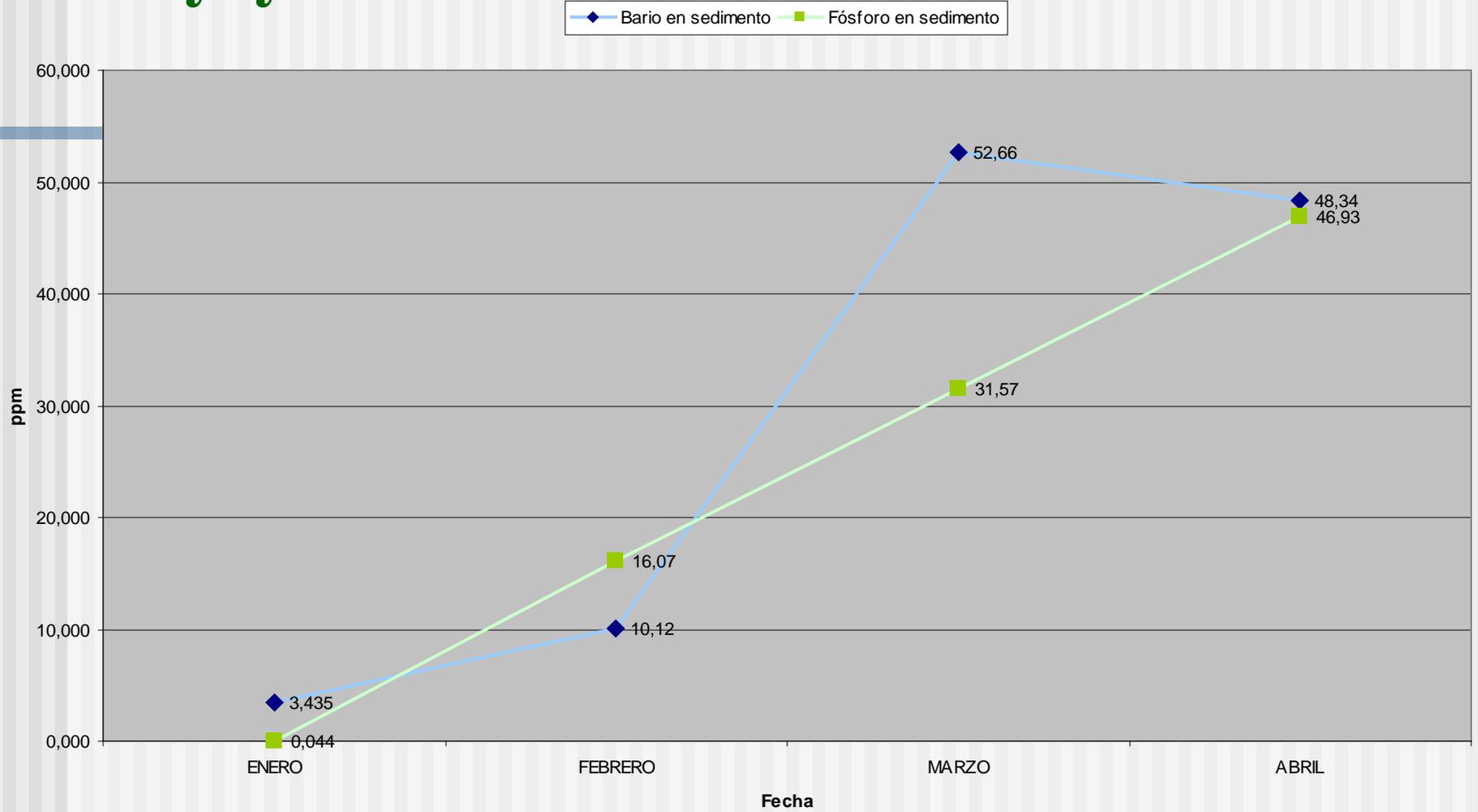


Relación bario en sedimento-fósforo en sedimento Río Pishira

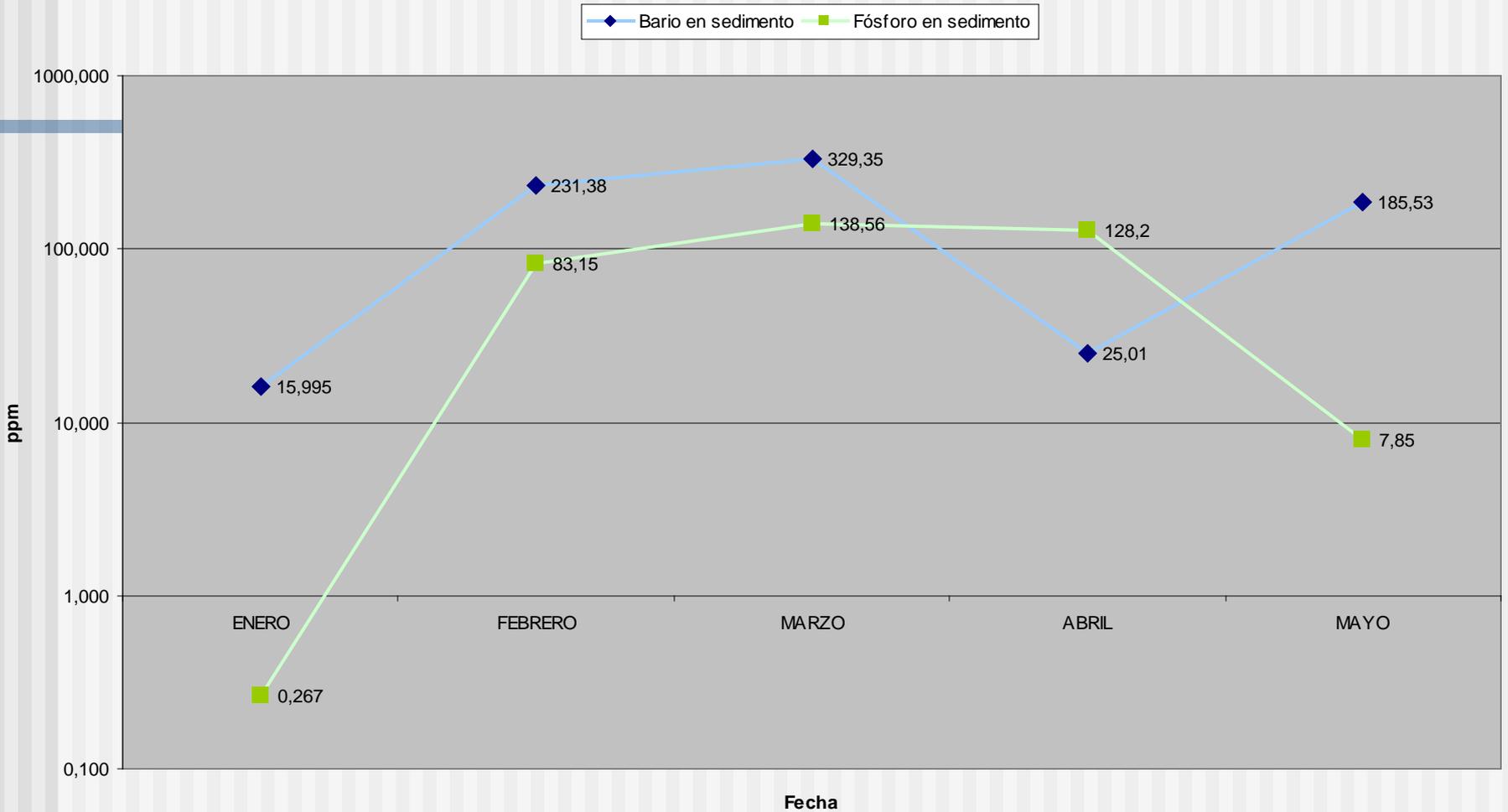
◆ Bario en sedimento ■ Fósforo en sedimento



Relación bario en sedimento-fósforo en sedimento Río Playayacu



Relación bario en sedimento-fósforo en sedimento Río Sek





Índice de Carlson

Índice de Carlson

Una vez de aplicado el Índice del Estado Trófico de Carlson modificado

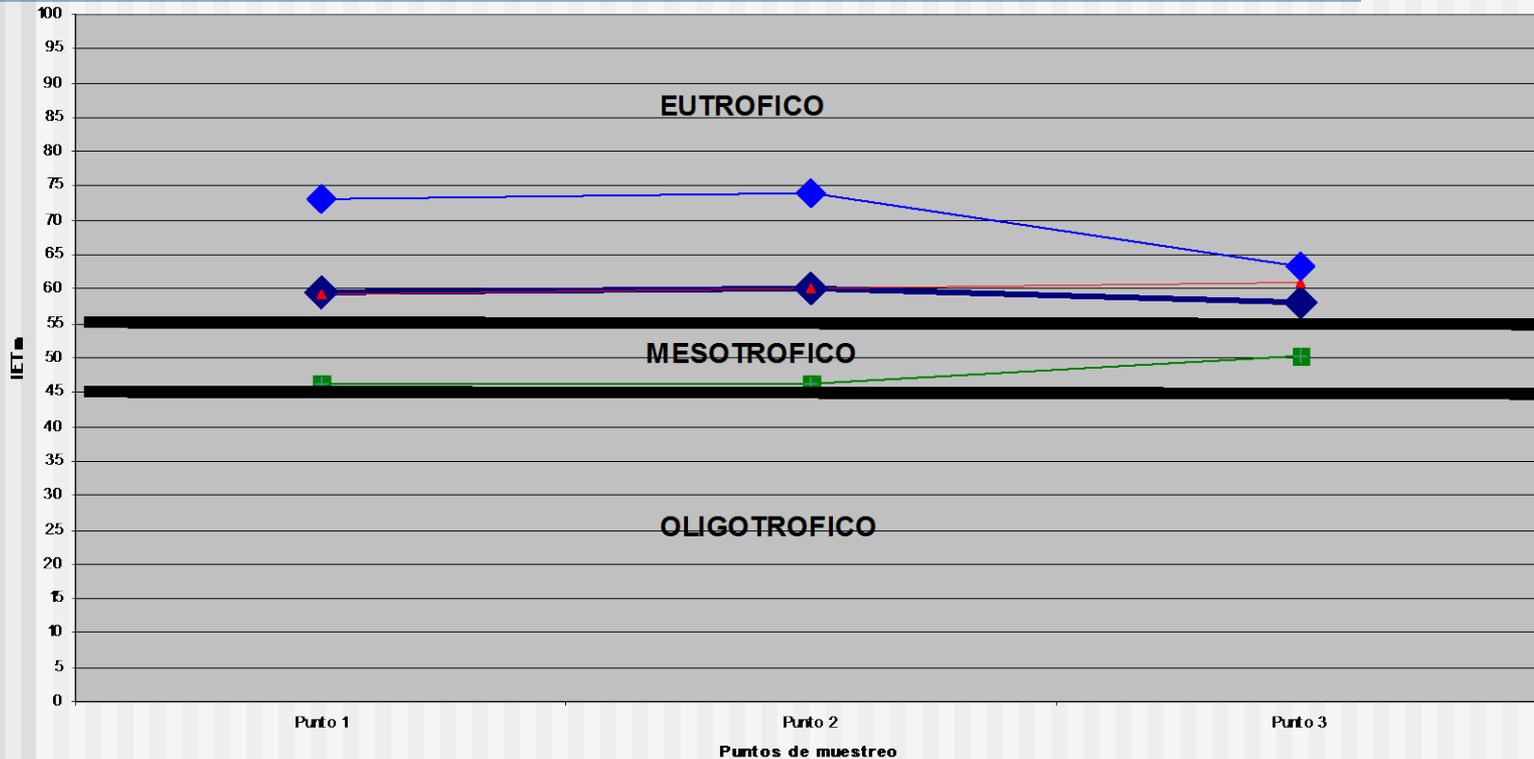
por Toledo (IETm) para lagos tropicales en el apartado 8.4 para los valores de transparencia, clorofila A, fósforo total y la media de estos se tiene como resultado los gráficos 38 y 39 en los cuales, si comparamos con la siguiente tabla tenemos que:

- 1) Para los meses de enero a marzo se tienen valores de IETm (media) sobre 55 lo cual indica que la laguna se encuentra en un estado eutrófico cerca a mesotrófico.
- 2) Para los meses de abril y mayo se tienen valores de IETm (media) sobre 55 lo cual indica que la laguna se encuentra en un e

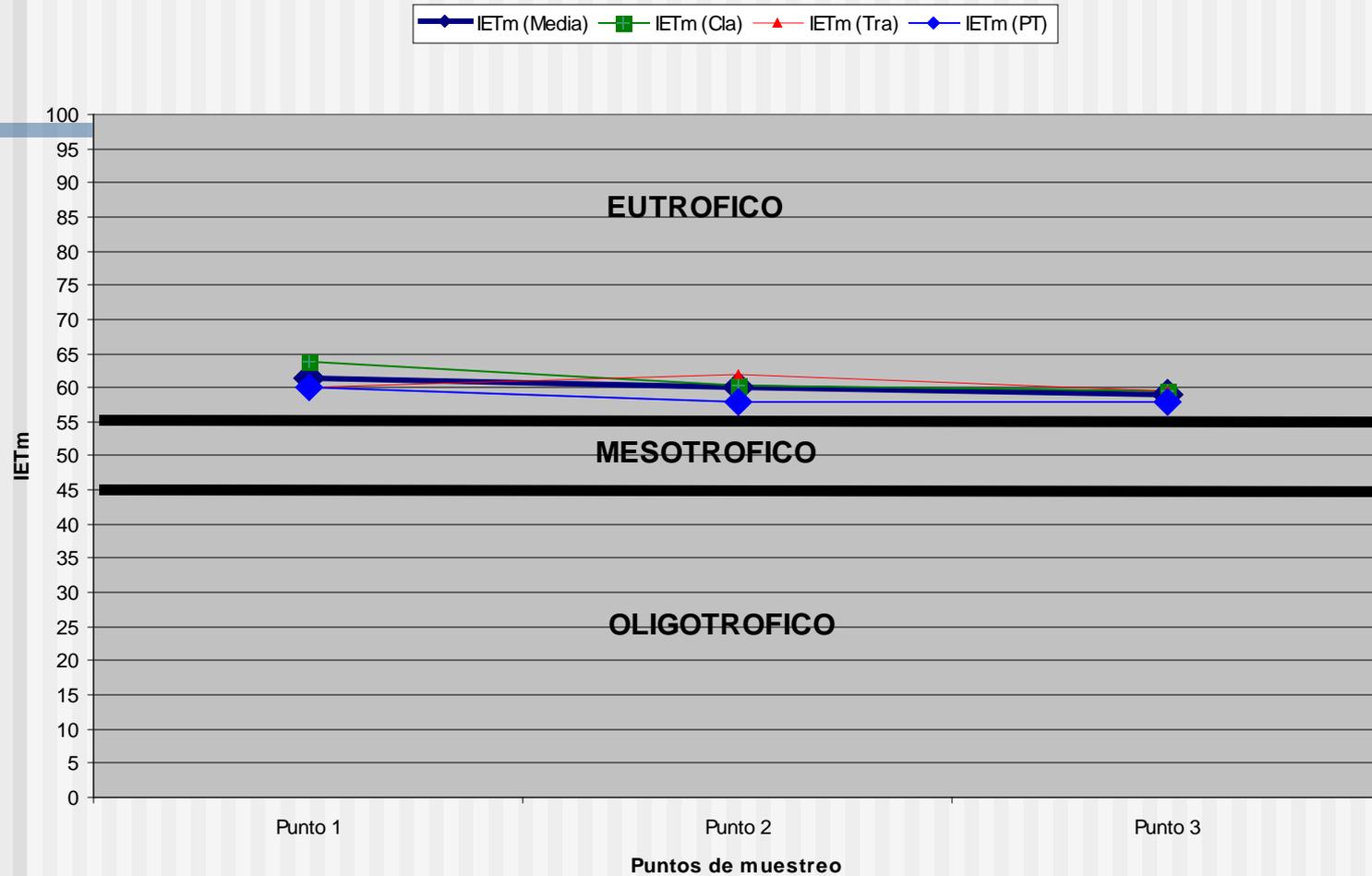
Índice	Clasificación
<45	Oligotrófico
45-55	Mesotrófico
>55	Eutrófico

Índice del Estado Trófico Modificado (De Enero, Febrero y Marzo)

—◆ IETm (Media) —■ IETm (Cla) —▲ IETm (Tra) —◆ IETm (PT)



Índice del Estado Tráfico modificado (marzo y abril)



Conclusiones

- Se puede observar en los análisis realizados de difracción que los sedimentos se encuentran constituidos por andesina (43.5%), muscovita (28.0%), cuarzo (15.0%) y grupo caolinita (13.5%).
- En los resultados obtenidos del análisis granulométrico, demuestra que los sedimentos son limo-arenosos. Pero su gran mayoría es arenosa.
- La relación oxígeno disuelto-temperatura, se puede explicar con la aplicación de la constante de Henry, mediante esto podría decir que en los gráficos de la laguna y de los ríos, generalmente funciona esta relación teórica, sin embargo en algunos puntos de la laguna ésta se invierte. Uno de los motivos, para explicar esta situación es, que existe una relación directa entre la producción primaria y el oxígeno disuelto.

➤ Con relación a la dureza y alcalinidad analizada en la laguna y los ríos, se pudo constatar que existe una relación directa, dado que al aumentar

la dureza aumenta la alcalinidad. Esto tiene sus excepciones en la laguna (Pishira) y el río Pishira aproximadamente en el mes de Abril.

➤ Se puede identificar que la relación de bario en agua y bario en sedimento en los puntos muestreados en la laguna, es directa, dado que al disminuir el bario en el agua aumenta en los sedimentos, esto se podría explicar teniendo en cuenta el pH del agua gobierna al comportamiento de este metal en medios acuosos.

➤ Al contrario del punto anteriormente mencionado, en los ríos sucede una relación inversa, pues al disminuir el pH aumenta las concentraciones de bario soluble y disminuye en los sedimentos.

➤ La relación de fósforo en agua y en sedimento, tiene el mismo comportamiento en la laguna como en los ríos; esta relación no es muy clara. Se tiene una mayor concentración de fósforo en los sedimentos que en el agua.

- La relación antes mencionada en los ríos, es diferente debido al movimiento de agua.
- Se observó que el bario en sedimentos y fósforo en sedimentos, no presenta una clara relación, esto puede deberse a que los sedimentos son el depósitos de una variedad de especies químicas donde se lleva a cabo una serie de reacciones que permiten almacenar o disponer de estas sustancias.
- En la aplicación del Índice del Estado Trófico de Carlson modificado, dio como resultado que la laguna de Limoncocha se encuentra en un estado eutrófico próximo a mesotrófico.
- Con respecto a los hidrocarburos, estos se encuentran bajo el límite de detección, el método que se aplico para esto es el Gravimétrico. Este método es por diferencias de masas y vale destacar que presenta un gran índice de error, por lo cual sería aconsejable realizar los mismos análisis aplicando otros métodos.

Recomendaciones

- Se sugiere realizar un estudio más detallado de los sedimentos, con medidas de pH, OD y temperatura de los mismos.
- Es necesario investigar en detalle la constante de equilibrio del oxígeno en la laguna para tener una mejor conclusión sobre lo que esta sucediendo en este cuerpo de agua con relación al Oxígeno disuelto, temperatura y la producción primaria.
- Estudiar los ecosistemas (bióticos y no bióticos) de la laguna de Limoncocha.
- En lo que se refiere a la detección de hidrocarburos se debería realizar un análisis mas exacto que el aplicado en la presente tesis de grado.
- Se debería investigar más sobre el bario presente en la laguna debido a que existen estudios realizados (no documentados) en los que demuestran, que las aguas del oriente ecuatoriano son ricas en