

Protocolo de Alcalinidad



Objetivo General

Medir la alcalinidad de una muestra de agua.

Visión General

Los estudiantes usarán el “kit” de alcalinidad para medir la alcalinidad del agua de su sitio de estudio de Hidrología. El procedimiento exacto se especifica en las instrucciones del kit utilizado.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán a:

- Usar un kit de alcalinidad.
- Examinar las causas del cambio de alcalinidad de una masa de agua.
- Explicar las diferencias entre pH y alcalinidad.
- Compartir los resultados del proyecto con otras escuelas GLOBE.
- Colaborar con otras escuelas GLOBE (dentro de su país o en otros países).
- Compartir las observaciones utilizando los datos del archivo de GLOBE.

Conceptos de Ciencia

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Los materiales terrestres son las rocas sólidas, el suelo, el agua y la atmósfera.

El agua es un disolvente.

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (Biosfera, Litosfera, Atmósfera e Hidrosfera).

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos sólo pueden vivir en medios donde sus necesidades están cubiertas.

La Tierra tiene diversos entornos que soportan diferentes combinaciones de organismos.

Los humanos pueden cambiar el ambiente natural.

Todos los organismos deben ser capaces de obtener y usar los recursos mientras viven en un entorno en constante cambio.

Habilidades de Investigación Científica.

Usar un kit de test para medir la alcalinidad.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación científica.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones usando las evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

15 minutos.

Práctica de control de calidad: 20 minutos

Nivel: Medio y Avanzado.

Frecuencia

Semanalmente

Control de calidad: Dos veces al año.

Materiales y Herramientas

Kit de análisis de Alcalinidad

Hoja de Datos del Protocolo de Alcalinidad

Guía de Laboratorio (opcional) Fabricando el Estándar de Alcalinidad de Bicarbonato de Sodio.

Guía de Campo del Protocolo de Alcalinidad.

Frasco lavador (pizeta) con agua destilada

Guantes de látex

Gafas de protección

Para la práctica de control de calidad, todo lo mencionado arriba más:

- El Estándar de Alcalinidad

- *Hoja de Datos de Control del Procedimiento de Investigación de la Calidad del Agua.*

- *Guía de Laboratorio del Procedimiento del Control de Calidad para Alcalinidad.*

Preparación

Actividades propuestas: *Practicando los Protocolos de Hidrología : Alcalinidad (sólo en la guía electrónica)*

Requisitos Previos

Debate sobre la seguridad de los procedimientos cuando se usan kits de análisis químicos.

Protocolo de Alcalinidad: Introducción

La alcalinidad y pH son propiedades del agua que están relacionadas pero que no son lo mismo. La alcalinidad es la medida de la capacidad amortiguadora o tampón del agua. Por otro lado, el pH indica la acidez del agua (ver protocolo de pH). El pH es un parámetro muy importante de la calidad del agua. Muchas plantas y animales tienen unos requerimientos de pH muy específicos y son dañados por cambios repentinos de pH o por valores extremos. ¿Qué le ocurre al pH de la muestra de agua si se le añade un ácido? La respuesta depende de la alcalinidad del agua y de cuánto ácido se añade.

La alcalinidad se expresa en términos de la cantidad de carbonato de calcio (CaCO_3) presente en el agua, aunque hay otras sustancias que pueden contribuir a la alcalinidad también. La alcalinidad se mide en partes por millón (ppm) o en mg/l. Estas unidades son equivalentes $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l}$.

Diremos que el agua tiene una alta alcalinidad si al añadirle ácido, se neutraliza. Parte de la alcalinidad es utilizada, por lo que disminuirá. Si añadimos más ácido, la alcalinidad continuará disminuyendo. Finalmente, cuando la alcalinidad es suficientemente baja al añadir más ácido el pH disminuirá.

Cuando el agua tiene una alcalinidad alta, decimos que está bien tamponada (*well buffered*). Resiste un descenso de pH cuando se acidifica el agua por ejemplo con la lluvia o el deshielo. La alcalinidad proviene de la disolución de rocas, sobre todo calizas (CaCO_3), y suelos. Se añade de forma natural al agua por el contacto con las rocas y el suelo. El agua disuelve el CaCO_3 , transportándolo hasta arroyos y lagos. Los lagos y arroyos en zonas ricas en calizas tenderán a tener una alcalinidad más alta que aquellos de las regiones con rocas no carbonatadas.

Si el agua tiene una alcalinidad por debajo de 100 mg/l de CaCO_3 , está poco tamponada (*poorly buffered*) y el pH es muy sensible a cualquier variación. Una lluvia intensa o un periodo de deshielo puede añadir suficiente ácido para bajar el pH en un sistema “sensible”. Esto sería perjudicial para las plantas y los animales que viven allí, sobre todo en determinadas épocas del año (por ejemplo época de incubación de huevos o larvas).

Apoyo al Profesorado *Preparación Previa*

Practicando los Protocolos de Hidrología: : Actividades de Aprendizaje sobre Alcalinidad, este material ayudará a los estudiantes a entender las variables que pueden afectar sus mediciones.

Desarrollar el Protocolo de Control de Calidad si no se ha hecho en seis meses.

Procedimiento de Medición.

Este kit está basado en la técnica de añadir a la muestra de pH sensible un indicador y después añadir una solución ácida de valoración, gota a gota, hasta que haya un cambio de color observable.

Hay una serie de procesos que el alumnado debe seguir para poder tomar datos de calidad:

1. Leer las instrucciones hasta que esté seguro de que ha entendido el proceso a seguir.
2. Medir cuidadosamente: Leer el volumen de la muestra en el frasco de muestras a la altura de los ojos, y en la parte baja del “menisco”.
3. Si se usa un titulador estar seguro de que se valora correctamente. La mayoría de los kits incluyen instrucciones para el uso adecuado de tituladores. Esté seguro de que los estudiantes están familiarizados con las unidades del titulador.
4. Si el kit de alcalinidad usa cuentagotas, colgar la botella verticalmente para que todas las gotas sean del mismo tamaño.
5. Durante el proceso de Control de Calidad y el análisis real de agua, asegurarse de que el cambio de color indica la alcalinidad de forma correcta. En algunos kits, es un cambio de color intermedio el que indica la correcta alcalinidad y no el color final. Para kits con un color intermedio como indicador (tales como el kit La Motte), si no se está seguro de cuando tiene lugar el cambio de color intermedio, leer el titulador o escribir el número de gotas cuando se piense que ha ocurrido el cambio por primera vez. Para kits con sólo un cambio de color durante la titulación, añadir una gota más para ver si el color sigue cambiando. Si no cambia más utilizar el número de gotas anterior a la última.

Procedimiento de Control de Calidad

Para este Protocolo se debe tener la propia solución de referencia o estándar de Bicarbonato sódico (*Guía de Laboratorio Fabricando el Estándar de Alcalinidad de Bicarbonato Sódico*). Independientemente debe adquirir una solución estándar para hacer la lectura de la alcalinidad. Por favor, asegúrese de anotar, en la Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología, cuál es el estándar que utiliza.

La alcalinidad de la solución estándar de bicarbonato sódico estándar es aproximadamente 84 mg/l. Es la suma de la alcalinidad real del bicarbonato sódico añadido (70 mg/l) más la alcalinidad del agua destilada utilizada (normalmente 14 mg/l o menos):

$$70 \text{ mg/l} + 14 \text{ mg/l} = 84 \text{ mg/l.}$$

La pureza del agua destilada disponible en todo el mundo varía significativamente. Por lo tanto su alcalinidad también varía. Desafortunadamente la mayoría de los kits de análisis de alcalinidad no son capaces de dar medidas exactas para muestras de muy baja alcalinidad, (por ejemplo, menos de 30 mg/l). Por eso resulta muy difícil determinar la alcalinidad exacta del agua destilada que se ha usado, así como la alcalinidad de la solución estándar de bicarbonato sódico. Teniendo en cuenta todo esto, el valor real de la solución estándar de Bicarbonato sódico que usemos debe ser 84 mg/l \pm 10 mg/l. Si la alcalinidad de la solución es menor de 74 mg/l o mayor de 94 mg/l, debe preparar una nueva solución asegurándose de que las cantidades y disoluciones son las adecuadas. Si el valor sigue estando por encima o por debajo más de 10 mg/l, se necesitará reemplazar los productos del kit.

Las soluciones estándar de alcalinidad ya preparadas tienen una alcalinidad conocida con precisión. A lo largo de este estudio, las medidas resultantes deben ser la alcalinidad real de la estándar más o menos la diferencia máxima aceptable para el equipo de análisis utilizado.

Precisión del kit de Alcalinidad.

Los diferentes kits para medir Alcalinidad tienen diferente grado de precisión. En la siguiente tabla están los valores de las diferencias máximas aceptables para los equipos más comunes.

La Motte	$\pm 8 \text{ mg/l}$
Hach	$\pm 6,8 \text{ mg/l}$ (rango inferior, 0–10 mg/l)
	$\pm 17 \text{ mg/l}$ (rango superior, 0-50 mg/l)

Si su equipo no está en la tabla y no sabe con certeza cómo calcular su precisión, por favor contacte con la coordinación nacional de su país o con GLOBE Help Desk y menciónese el nombre de la empresa y el modelo del kit que utiliza.

Medidas de Seguridad

- Los estudiantes deben llevar guantes cuando manejan productos químicos y agua que podría tener sustancias potencialmente peligrosas.
- Los estudiantes deben llevar gafas de seguridad cuando trabajan con productos químicos.
- Hay que consultar a las autoridades locales sobre la apropiada eliminación de los productos químicos usados.

Protocolos de Apoyo

pH: La alcalinidad está directamente relacionada con el pH; aguas con alcalinidad muy alta son más resistentes a variar el pH por la llegada de ácidos. Es, por lo tanto, importante tomar el dato exacto del pH para compararlo con el dato de alcalinidad.

Atmósfera: Las medidas de atmósfera, especialmente las de temperatura y precipitación, son también importantes para interpretar el dato de alcalinidad. Las lluvias fuertes o el deshielo producen la entrada de una gran cantidad de agua dulce al sistema, disminuyendo la alcalinidad del agua.

Además es importante conocer la geología y el tipo de suelo del área de estudio para poder interpretar el dato de alcalinidad.

Consejos Útiles.

- Si sus estudiantes están usando varios kits, marque todos los componentes de cada kit con un punto del mismo color. Use distintos colores para cada kit. Así ayudará a evitar contaminación de los kits por intercambio de reactivos.

Mantenimiento del Instrumental

1. El kit de alcalinidad debe guardarse en un lugar seco, alejado de fuentes directas de calor.
2. Todos los productos químicos deben guardarse perfectamente tapados.
3. Los productos químicos de los kits tienen una duración de un año si no se contaminan, y son almacenados en lugares secos y alejados de calor extremo.
4. La disolución de alcalinidad estándar debe guardarse en un refrigerador después de haber sido abierta y desecharla después de un año.
5. Guardar el titulador con el cuentagotas retirado para evitar que la goma se pegue al tubo.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cuál es la relación entre el cambio del pH y el Cambio de alcalinidad en su lugar de estudio?

¿Cómo debería influir en el valor de la alcalinidad del agua de su sitio de estudio, el tipo de roca y de suelo?

¿Qué factores de su ambiente piensa que podrían causar un cambio en la alcalinidad de su sitio de estudio?

Elaborando la Solución Estándar de Bicarbonato de Sodio

Guía de Laboratorio

Qué se Necesita

- Bicarbonato de sodio (1,9 g)
- Balanza
- Probeta de 500 ml
- Agua destilada
- Varilla para remover
- Probeta de 100 ml
- Lápiz o bolígrafo
- Vaso de precipitación de 500 ml

En el Laboratorio

1. Pesar 1,9 g de bicarbonato de sodio y echarlo a la probeta grande.
2. Añadir agua destilada a la probeta hasta la marca de 500 ml.
3. Poner la solución en el vaso de precipitación y moverlo con la varilla para estar seguro de que todo el bicarbonato se ha disuelto.
4. Lavar la probeta de 500 ml con agua destilada. Medir 15 ml de la solución de bicarbonato de sodio con la probeta de 100 ml y ponerla en la probeta limpia de 500 ml.
5. Añadir agua destilada hasta la marca de 500 ml.
6. Esta solución es la estándar y tiene una alcalinidad de aproximadamente 84 mg/l.

Procedimiento de Control de Calidad para la Alcalinidad

Guía de Laboratorio

Actividad

Revisar la precisión del kit de alcalinidad. Practicar usando el kit de análisis correctamente.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología
- Kit de análisis de alcalinidad
- Solución estándar de alcalinidad (comprada o hecha por ti)
- Frasco lavador con agua destilada.
- Gafas de protección
- Lápiz o bolígrafo.
- Guantes de látex
- Probeta de 100 ml

En el Laboratorio

1. Ponerse los guantes y las gafas protectoras.
2. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología*. Asegurarse de anotar el tipo de solución estándar que se está usando, así como la empresa y el modelo del kit.
3. Medir la alcalinidad de la solución estándar siguiendo las instrucciones del kit.
Nota: Usar la solución estándar como si fuera la muestra de agua.
4. Anotar los resultados en la *Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología*.
5. Comparar los resultados con el valor de la solución estándar:
 - Si se usa la propia solución estándar, los resultados deben ser de $84 \text{ mg/l} \pm 10 \text{ mg/l}$.
 - Si se está usando una solución estándar comprada, los resultados deben ser la alcalinidad real de la solución estándar más/menos el máximo aceptable de diferencia para el kit de análisis que se usa.

Diferencias máximas aceptables para los kits más comunes de análisis de alcalinidad.

LaMotte	$\pm 8 \text{ mg/l}$
Hach	$\pm 6,8 \text{ mg/l}$ (Rango inferior, 0–10 mg/l)
	$\pm 17 \text{ mg/l}$ (Rango superior, 0-50 mg/l)

6. Si los valores de las medidas no están dentro del rango esperado, repetir el proceso usando solución estándar nueva.
7. Si el valor continúa fuera del rango, comentarlo con el profesorado.

Protocolo de Alcalinidad

Guía de Campo

Actividad

Medir la alcalinidad de la muestra de agua.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Hidrología
- Kit de análisis de alcalinidad
- Guantes
- Frasco lavador con agua destilada
- Gafas de protección
- Bolígrafo o lápiz

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de Hidrología*.
2. Ponerse los guantes y las gafas de protección.
3. Seguir las instrucciones del kit para medir la alcalinidad del agua.
4. Anotar la medida en la *Hoja de Datos de Hidrología* como Observador 1.
5. Repetir la medida usando una muestra de agua nueva.
6. Anotar el dato como Observador 2 y repetir el proceso como Observador 3
7. Calcular la media de las tres medidas.
8. Cada una de las medidas individuales debe estar dentro del rango aceptable de la media.

Máxima diferencia aceptable para los kits más comunes de análisis de alcalinidad

La Motte	± 8 mg/l
Hach	± 6,8 mg/l (Rango inferior, 0–10 mg/l)
	± 17 mg/l (Rango superior, 0-50 mg/l)

9. Si una de las medidas está fuera de este rango, descartarla y hacer la media de las otras dos.
10. Si el resultado está dentro del rango, anotar sólo esas dos medidas.

Preguntas Frecuentes.

1. ¿Cómo puedo estar seguro de que el cambio de color ya ha tenido lugar ?

Familiarizándose con el cambio de color al practicar el procedimiento de control de calidad.



2. ¿Debería preocuparme si el agua de mi estudio tiene una alcalinidad muy baja?

Algunas zonas tendrán de forma natural una baja alcalinidad. Esto debería ser así en arroyos de montaña. Las aguas no han estado en suficiente contacto, a lo largo de su recorrido, con rocas o suelos como para haberlos disueltos.

Una baja alcalinidad sólo significa que esas áreas son más sensibles a la adición de ácidos.

Protocolo de Alcalinidad. Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

El rango de los valores de alcalinidad va desde casi 0,0 ppm a más de 500 ppm, aunque la mayoría de los cuerpos de agua tendrán valores entre 40-300 ppm. Descubrir valores inusuales depende del conocimiento del comportamiento típico del lugar de estudio. Si un sitio ha sido medido casi sin alcalinidad durante varios meses y de pronto tiene 300 ppm, los estudiantes deben reconocer una desviación del comportamiento normal y hacer una investigación posterior. Otros lugares pueden tener de forma natural grandes oscilaciones de alcalinidad en respuesta a las precipitaciones, deshielos u otras entradas al sistema.

¿Qué buscan los científicos en los datos?

Los científicos están interesados en saber cómo puede un cuerpo de agua compensar la entrada de ácido. Arroyos con baja alcalinidad son más sensibles, el pH puede llegar a ser peligrosamente bajo con la entrada de una cantidad, relativamente pequeña, de ácido. Los científicos deberían también estar interesados en investigar áreas que muestren grandes oscilaciones de alcalinidad. Estas áreas pueden estar recibiendo cantidades muy grandes de ácido, incluso aunque el curso de agua tenga una alcalinidad que ayude a compensar la entrada de ácido, ésta sería, eventualmente, neutralizada por el ácido resultando un pH más bajo.

Ejemplo de Proyectos de Investigación de los Estudiantes

Formulando una Hipótesis

Una estudiante, observando los datos de alcalinidad en la tabla SWS-02 de Crescent Elk School en California, (el cuerpo de agua es un pequeño riachuelo de agua dulce, el Elk), se da cuenta de que, aunque hay mucha dispersión en los datos, los valores parecen ser más altos en verano y bajos en invierno. Ella sabe que la precipitación a veces puede afectar a la alcalinidad, así que cruza precipitación y alcalinidad como gráficas superpuestas, (Figura HI-AL-1). La precipitación es claramente más alta desde noviembre hasta marzo, y más baja en julio y agosto.

Formula una hipótesis: *En el riachuelo Elk la alcalinidad es más alta cuando las precipitacio-*

nes son más bajas y la alcalinidad es más baja cuando las precipitaciones son más altas.

Tomando datos

La estudiante analiza los datos diariamente. Tres de los puntos de datos de alcalinidad parecen muy bajos. El 15 de agosto de 1997 el dato enviado de alcalinidad fue 1 mg/l y el 15 y 18 de septiembre de 1998 fue de 9 mg/l. Esos valores parecen muy bajos comparados con el resto de los valores. Sin embargo, ella decide ir adelante con su análisis y espera que los datos sean correctos.

Ella quiere eliminar algunos de los “ruidos” dispersión en el gráfico para ver la relación más claramente. Representa la media mensual total de precipitaciones y la media de alcalinidad para los cinco años completos del registro 1997-2001. Figura HI-AL-2. Después descargó los datos mensuales (total de precipitaciones, número de días en los que se midió, media de alcalinidad y número de días en los que se midió la alcalinidad) y los llevó a la hoja de cálculo.

Análisis de Datos

La estudiante vio que no todos los meses tenían registro de datos de cada día. En lugar de mirar el total de precipitaciones en cada mes decidió que sería más apropiado mirar la media de precipitaciones por cada día. Haciendo esto ella supuso que los días que faltaban tendrían en torno a la misma media de precipitaciones que el resto de los días del mes. Calculó la media dividiendo el total de precipitaciones (mm) por el número de días de mediciones que fue enviado el dato. [Por ejemplo, el total de precipitaciones en abril 1997 fue 113,4 mm, las medidas fueron enviadas los 30 días, y así la media de precipitación era 3,78 mm/día].

Entonces eliminó los meses para los cuales no había valor ni del total de precipitaciones ni de la media de alcalinidad. Seis de los 60 meses no tienen datos de media de alcalinidad, tres meses no tienen datos del total de precipitaciones y un mes, oct de 2001, no tiene ninguno. Después de hacer esto tiene 50 meses con datos.

Clasifica sus datos para precipitaciones como muestra la tabla HI-AL-1 y después calcula la media de precipitaciones y alcalinidad para bloques de cada 10 meses. Los diez meses con la media mas alta de precipitaciones incluyen 1 noviembre, 2 diciembres, 3 febreros y 1 marzo con una media de precipitación de 12,7 mm/día.

El rango de alcalinidad va desde 55 a 72 ppm, con una media de 66 durante esos meses. Como las precipitaciones disminuyen para los próximos tres bloques de meses (desde 5,5 a 3,3 a 1,4 mm/día). La media de alcalinidad para los 10 meses está en torno a los 70s: 74, 79 y 76 mg/l. Durante los 10 meses con la menor precipitación (media de 10-meses de solo 0,1 mm/día), los rangos de alcalinidad van desde 66 a 99, con una media de 6 mg/l. Esos meses incluyen 1 junio, 3 julio, 4 agosto y 2 septiembre. Así ella está satisfecha ya que en la media, la alcalinidad es más alta en los meses con muy poca precipitación que en los meses con altas precipitaciones.

Siguiente paso, toma los mismos datos y los ordena, en este caso por alcalinidad en lugar de por precipitaciones, y de nuevo calcula la media de 10 meses como muestra la tabla HI-AL-2. La media de los 10 meses ordenada muestra una buena tendencia. Para la media de alcalinidad de 94, 81, 75, 70 y 61 mg/l, la media de precipitaciones es de 1,6; 2,7; 3,5; 6,5 y 8,7 mm/día, respectivamente. De los 10 valores más altos de alcalinidad, la mayoría tienen lugar desde junio hasta septiembre, aunque hay 1 en marzo y 1 en abril. La media mensual de precipitación asociada con los 10 valores más altos muestra que el rango va desde 0,0 a 4,4 mm/día. Ocho de los 10 valores más bajos fueron recogidos entre noviembre y marzo, los otros dos meses fueron mayo y agosto, los cuales tuvieron bajas precipitaciones. El rango de la media mensual de precipitaciones va de 0,0 a 16,9 mm/día (el valor más bajo y el más alto) a pesar de la media alta de 10 meses.

La estudiante pensó que tenía suficientes datos para apoyar su hipótesis. Dibujó sus gráficas y tablas y escribió sus resultados como un informe y lo presentó en la Web de GLOBE dentro del apartado Investigaciones de estudiantes.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

Hay algunos otros aspectos que ésta estudiante necesita considerar. ¿Qué extensión de la corriente de agua es afectada por el deshielo? ¿Cuánta precipitación en forma de nieve contribuye al total de la precipitación en esta cuenca? ¿Cómo puede el deshielo, durante la primavera, afectar a la alcalinidad incluso en meses con pocas precipitaciones?

Este sitio tiene bastante poca alcalinidad todo el año (menos de 100 mg/l de CaCO_3). ¿Mostraría un sitio con una alcalinidad más alta tantos cambios? ¿Qué ocurriría en un sitio con más precipitaciones estacionales?

Figura HI-AL-1

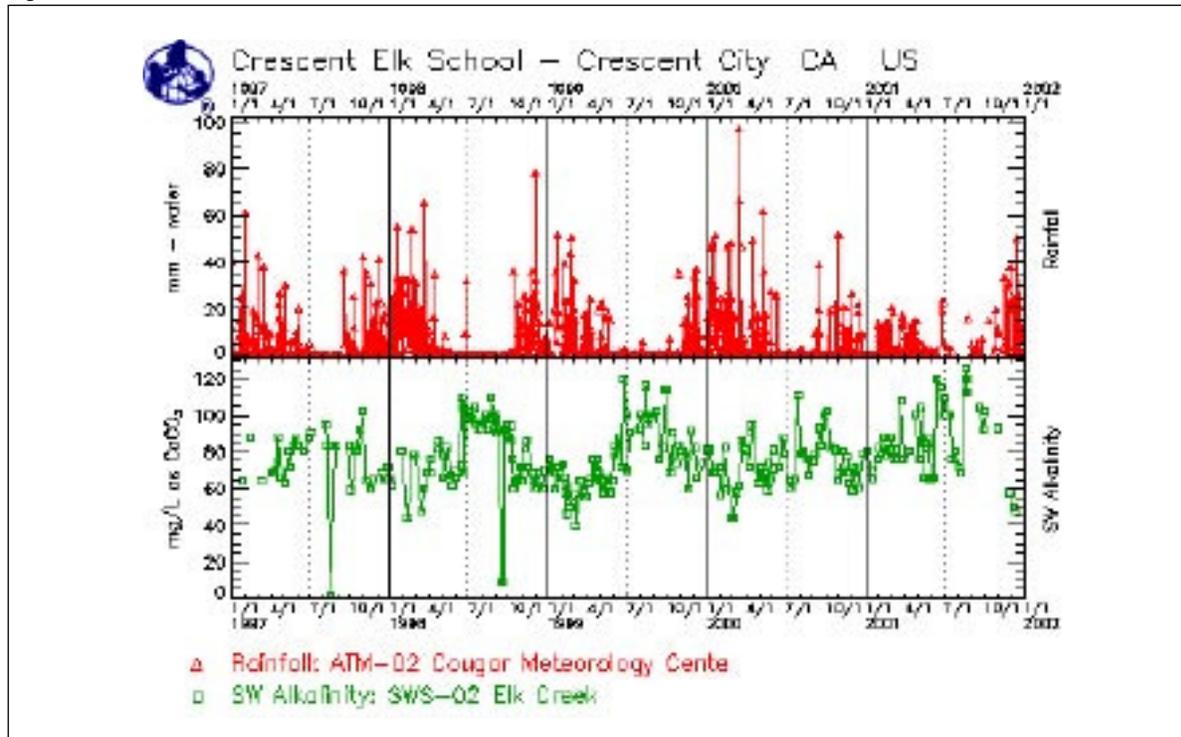


Figura HI-AL-2

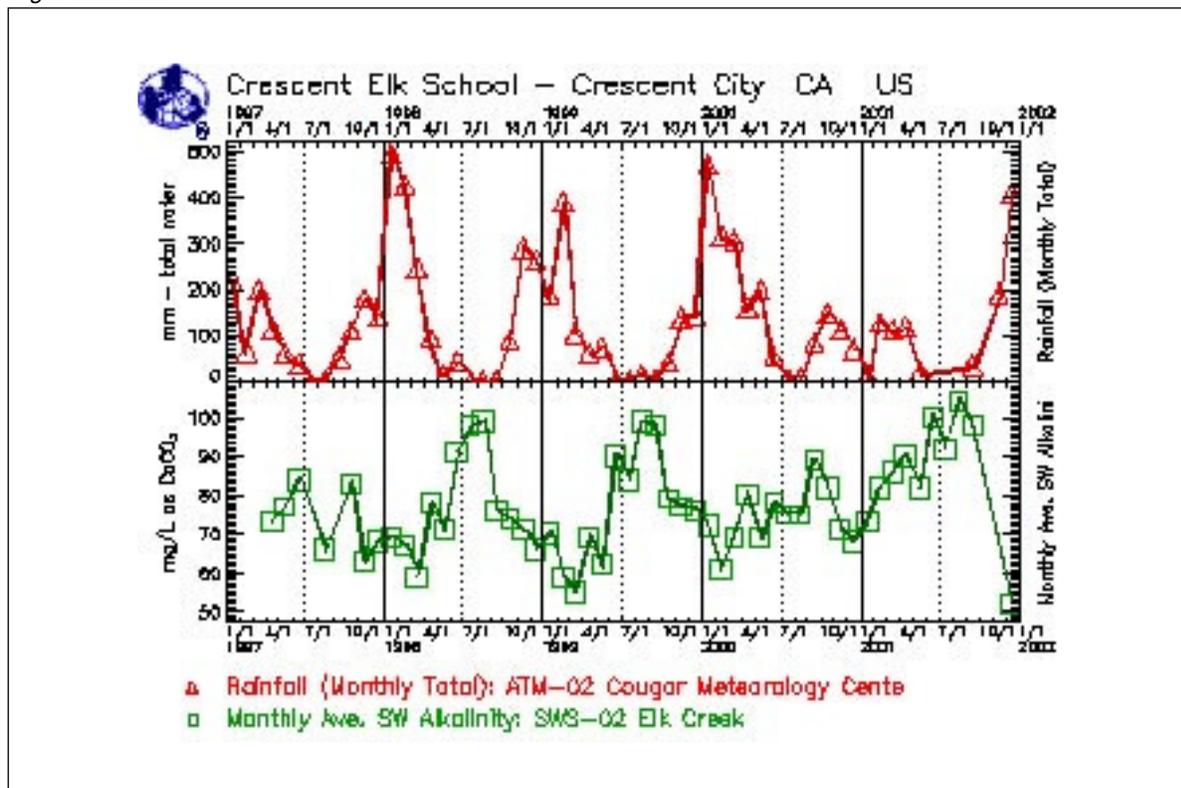


Tabla HI-AL-1: 1997-2001 Media Mensual de Precipitaciones y Alcalinidad, Clasificado por Descenso de la Media de las Precipitaciones

Mes	Media Diaria Precipitaciones (mm/day)	Media de Precipitaciones de 10 meses	Media Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Media Alcalinidad de 10 meses	Mes	Media Diaria Precipitaciones (mm/day)	Media de Precipitaciones de 10 meses	Media Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Media Alcalinidad de 10 meses
Dic-01	16,9	12,7	52	66	May-99	2,3	1,4	62	76
Ene-98	16,0		69		Dic-00	2,2		68	
Feb-98	15,8		67		Abr-99	1,9		69	
Ene-00	15,2		72		Jun-00	1,8		78	
Feb-99	13,9		59		Oct-99	1,5		79	
Feb-00	10,9		61		Jun-98	1,4		91	
Nov-98	10,7		71		Jun-97	1,4		84	
Mar-00	10,2		69		May-01	0,8		82	
Ene-99	9,0		70		May-98	0,4		71	
Dic-98	8,8		66		Ene-01	0,4		73	
Mar-98	7,7	5,5	59	74	Ago-99	0,4	0,1	99	86
May-00	6,4		69		Ago-00	0,3		75	
Nov-97	6,4		63		Jun-99	0,2		90	
Abr-00	5,3		80		Sep-99	0,1		98	
Nov-99	5,3		77		Jul-00	0,1		75	
Dic-99	4,9		76		Jul-99	0,0		84	
Oct-00	4,9		82		Ago-97	0,0		66	
Dic-97	4,7		68		Jul-98	0,0		98	
Feb-01	4,5		82		Ago-98	0,0		99	
Mar-01	4,4		86		Sep-98	0,0		76	
Mar-99	4,3	3,3	55	79					
Abr-01	3,9		90						
Abr-97	3,8		73						
Nov-00	3,7		71						
Oct-97	3,5		83						
Oct-98	3,2		74						
Abr-98	3,1		78						
Sep-00	2,8		89						
Sep-01	2,4		98						
May-97	2,3		77						

Tabla HI-AL-2: 1997-2001 Media Mensual de Precipitaciones y Alcalinidad, Clasificado por el Descenso de la Alcalinidad.

Mes	Media Diaria Precipitaciones (mm/day)	Media de Precipitaciones de 10 meses	Media Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Media Alcalinidad de 10 meses	Mes	Media Diaria Precipitaciones (mm/day)	Media de Precipitaciones de 10 meses	Media Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Media de Alcalinidad de 10 meses
Ago-99	0,4	1,6	99	94	Nov-98	10,7	6,5	71	70
Ago-98	0,0		99		Nov-00	3,7		71	
Sep-01	2,4		98		May-98	0,4		71	
Sep-99	0,1		98		Ene-99	9,0		70	
Jul-98	0,0		98		Ene-98	16,0		69	
Jun-98	1,4		91		Mar-00	10,2		69	
Abr-01	3,9		90		May-00	6,4		69	
Jun-99	0,2		90		Abr-99	1,9		69	
Sep-00	2,8		89		Dic-97	4,7		68	
Mar-01	4,4		86		Dic-00	2,2		68	
Jun-97	1,4	2,7	84	81	Feb-98	15,8	8,7	67	61
Jul-99	0,0		84		Dic-98	8,8		66	
Oct-97	3,5		83		Ago-97	0,0		66	
Oct-00	4,9		82		Nov-97	6,4		63	
Feb-01	4,5		82		May-99	2,3		62	
May-01	0,8		82		Feb-00	10,9		61	
Abr-00	5,3		80		Feb-99	13,9		59	
Oct-99	1,5		79		Mar-98	7,7		59	
Abr-98	3,1		78		Mar-99	4,3		55	
Jun-00	1,8		78		Dic-01	16,9		52	
Nov-99	5,3	3,5	77	75					
May-97	2,3		77						
Dic-99	4,9		76						
Sep-98	0,0		76						
Ago-00	0,3		75						
Jul-00	0,1		75						
Oct-98	3,2		74						
Abr-97	3,8		73						
Ene-01	0,4		73						
Ene-00	15,2		72						