

MODELO HIDROGEOLÓGICO E HIDROGEOQUÍMICO DE LOS ARROYOS SAN CARLOS Y SAN ANTONIO EN MANUEL BENAVIDES, CHIHUAHUA, MÉXICO

El Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) en el Cañón de Santa Elena es una zona representativa de la región árida del Estado de Chihuahua. El APFF comprende aproximadamente un 2% de la zona desértica del estado y se considera que incluye entre el 85% y 93% de las especies de flora y fauna representativas del desierto chihuahuense (Cotera et al. 2004). El objetivo de este trabajo se relaciona con la condición de la especie en extinción del pez *Cyprinodon eximius*, el cual ha sido depredado por especies invasoras.

El modelo hidrogeológico-hidrogeoquímico conceptual caracteriza la calidad del agua en los arroyos San Carlos y San Antonio dentro del APFF, proporcionando información relevante acerca de la naturaleza de su contaminación, fuentes potenciales y acciones de mitigación. Los modelos se generaron a partir del análisis químico del agua resulta de una campaña de muestreo en el mes de junio del 2014. Se considera que las concentraciones son el resultado de la interacción del agua-roca y del comportamiento entre las especies minerales en equilibrio y desequilibrio determinado por la influencia de la materia orgánica, los flujos de retorno, efluentes del agua subterránea a lo largo de los cauces, la actividad humana en el área y en particular los cambios de temperatura y humedad en el espacio y el tiempo. Todo ello para definir e identificar las condiciones hidrogeológicas e hidrogeoquímicas idóneas donde se puedan restablecer las condiciones iniciales y anidar el hábitat de las especies en riesgo, en especial para conocer la influencia del riesgo de extinción de una especie nativa como el *Cyprinodon eximius* obligado a desplazarse por la presencia del *Fundulus zebrinus* (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CNANP 2013).



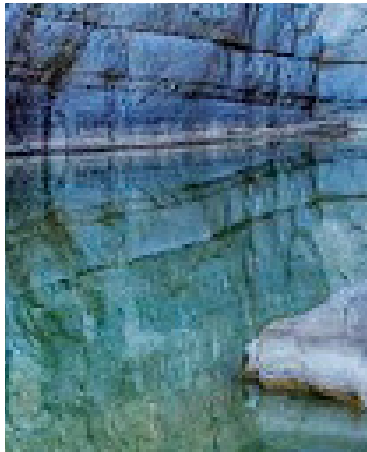
La toma de muestras se realizó de acuerdo a los procedimientos normalizados según las especificaciones del Manual para Operaciones de Campo emitido por la *Environmental Protection Agency* (EPA) en 2004. Se tomaron muestras para medir parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Se midieron parámetros fisicoquímicos generales del agua como: temperatura (T), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD) y conductividad eléctrica (CE), con un medidor multiparamétrico HANNA HI 9828 con GPS. También se utilizaron un molinete marca *JDC-Flowatch* para medir la velocidad del flujo y un termómetro para temperatura ambiente.

Los análisis químicos y bacteriológicos se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería perteneciente a la Universidad Autónoma de Chihuahua. Todos los parámetros se ensayaron bajo los métodos descritos en la Normatividad Mexicana vigente.

La temperatura en los puntos 4, 5, 6, 7, 9 y 14 es mayor a los 35°C y muchos compuestos en organismos vivos son inestables a temperaturas dentro de la escala de 35° a 150° C. A determinadas temperaturas existe la energía cinética como para comenzar a descomponer ciertos compuestos químicos necesarios para la vida del organismo.

Las algas, los sedimentos en suspensión (arcillas, limos, partículas de sílice) y la materia orgánica en el agua pueden aumentar la turbidez hasta niveles peligrosos para ciertos organismos (Chapman y Kimstach, 1992). Las partículas en suspensión dispersan la luz, lo que provoca una disminución de la actividad fotosintética en plantas y algas, que trae como consecuencia una baja en la concentración de oxígeno. El oxígeno disuelto en la mayoría de los puntos se encuentra por debajo de los 5mg/lit, representando un peligro para las especies acuáticas; lo que se relacionó directamente con la cantidad de sólidos suspendidos y la materia orgánica presente. Solo un punto marcó los 1.5mg/lit de oxígeno, alcanzando un estado de casi completa anoxia al ecosistema, condición que puede provocar grandes mortalidades en los organismos en el agua.

La conductividad eléctrica elevada (por encima de los 1300 ms/cm) puede ocasionar estrés e incluso la muerte de algunas de las especies acuáticas. La mayoría de los puntos muestreados sobrepasa este límite, incluso algunos puntos se duplican (2692 ms/cm).



El APFF incluye entre el 85% y 93% de las especies de flora y fauna representativas del desierto chihuahuense.



Los parámetros de la calidad del agua medidos están asociados a la geología presente. La litología dominante imprime las características fisicoquímicas al agua. La alta tasa de evaporación por exposición a temperaturas elevadas y la dilución de sales por un flujo reducido de la corriente en temporada de estiaje exacerbaban las concentraciones de algunas especies minerales, al grado de llevarlas a la sobresaturación.

Entre los factores que ponen en peligro el hábitat de las especies acuáticas en los arroyos mencionados, se consideran la cercanía de posibles fuentes de alteración al equilibrio químico del agua, por ejemplo los flujos de retorno de las actividades agropecuarias. Aun cuando las aguas residuales de las poblaciones riverleñas son vertidas directamente y sin tratamiento previo al cauce, no representan riesgo significativo por sus volúmenes. El sobrepastoreo es otro de los factores que se consideran significativos en las condiciones que prevalecen dentro de los cauces y planicies de inundación de los arroyos San Carlos y San Antonio.

Si a estos factores se le añaden las condiciones climáticas desérticas, una mínima disponibilidad de agua durante la mayor parte del año, las condiciones de interacción agua-roca impactada por las condiciones geológicas y químicas que conforman condiciones ambientales adversas para las especies acuáticas y la existencia de un alto contenido de sustancias disueltas se puede provocar la pérdida o desplazamiento de algunas especies, así como la llegada y adaptación de otras. Esto no sólo pone en peligro a las especies ictiológicas nativas, sino a toda la flora y fauna representativa del desierto chihuahuense.

El estudio se realizó al final del estiaje y los resultados obtenidos son críticos, por las concentraciones obtenidas en las mediciones de los puntos de muestreo. Por lo tanto, se recomienda otro muestreo al final del tiempo de lluvias para comparar las condiciones del ambiente y verificar las condiciones físico-químicas de los arroyos en diferentes épocas del año, además de determinar los extremos de las variables a las que son sometidas los peces en los arroyos estudiados.