

Calidad del Agua y Variables Ambientales en Hábitats para Anfibios Amenazados en la Zona Urbana de Cuenca

Water Quality and Environmental Variables on Endangered Amphibious' Habitats in Cuenca's City Urban Area

Lorena Abad^{1*}, Danilo Mejía¹, Paúl León², Iván Cárdenas³, Belén Pacheco⁴, María Tonón¹

1 Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca

2 Maestría en Toxicología Industrial y Ambiental, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca

3 Unidad de Recursos Naturales y Biodiversidad, Comisión de Gestión Ambiental, GAD Municipal de Cuenca

4 Unidad Técnica, Comisión de Gestión Ambiental, GAD Municipal de Cuenca

*lorena.abadc@ucuenca.ec

Recibido: 12-05-2017. Aceptado después de revisión: 16-11-2017

Resumen: Con el fin de monitorear la calidad del agua y las variables ambientales de 10 hábitats construidos para el rescate de las poblaciones de anfibios de la ciudad de Cuenca, se analizaron parámetros fisicoquímicos del agua (pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos y concentración de plomo), además de un análisis de calidad del aire a través de la medición de material sedimentable, y de condiciones meteorológicas como temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica y precipitación. Los resultados indican ciertos indicios de deterioro de algunas de las pozas analizadas en lo referente a calidad del agua, sin embargo, en ningún hábitat se encontró concentraciones plomo en el agua. Las variables meteorológicas permitieron relacionar eventos de lluvia con algunas de las variables fisicoquímicas así como con las mediciones de material sedimentable. Aún si la investigación resume un protocolo de muestreo y análisis de las variables abióticas de los hábitats construidos, urge un monitoreo biológico contemporáneo que permita evaluar efectivamente la funcionalidad de las pozas como sitios de conservación de anfibios urbanos amenazados.

Palabras claves: anfibios urbanos, hábitats artificiales, calidad del agua, calidad del aire, variables meteorológicas

Abstract: Aiming to monitor water quality and Environmental variables of ten (10) artificial habitats for amphibious populations rescue in Cuenca city, physicochemical variables (pH, conductivity, water temperature, dissolved oxygen, nitrites, nitrates, and lead), along with an air quality analysis based on suspended particles determination and meteorological variables (air temperature, relative humidity, atmospheric pressure, and rainfall). The results show certain water quality deterioration signs for some habitats, noticing, however that any sampling spot presented lead concentrations as a heavy metal. Meteorological variables contribute with a habitats' global vision which allows to relate rainfall events with certain physicochemical attributes along with suspended particles measurements. Even if this research outlines a sampling and analysis protocol of abiotic variables for the habitats, a contemporaneous biological monitoring is urgent to evaluate the functionality of the habitats as conservation sites for urban threatened amphibious.

Keywords: urban amphibious, artificial habitats, water quality, air quality, meteorological variables.

1. Introducción

La urbanización es una amenaza creciente para la población de anfibios a nivel mundial, ya que los asentamientos se desplazan cada vez más hacia las periferias de las urbes, interfiriendo sitios de alta biodiversidad [1]. Cuenca presenta un crecimiento urbano y demográfico acelerado, que, junto con la expansión de la frontera agrícola y la degradación de su calidad del aire, limitan en gran medida las áreas verdes afectando a la diversidad que en esta se refugia.

A pesar de este desarrollo y consolidación, Cuenca continúa siendo un sitio favorecido en diversidad de anfibios [2]. Esto se debe principalmente a que la ciudad se encuentra asentada en áreas que previo a la colonización del ser humano, eran habitadas por especies naturales, algunas de las cuales han logrado sobrevivir a la urbanización, encontrando refugio, por ejemplo, en parques urbanos y orillas de ríos [3]. Sin embargo, varios de estos anfibios se encuentran amenazados o en peligro de extinción por sus patrones de distribución [4].

El interés hacia los anfibios se ha incrementado en los últimos 30 años a nivel mundial, existiendo especies que se encuentran en proceso de descripción, e incluso se estima que todavía muchas de ellas están por describir [2]. La importancia de su estudio radica en su sensibilidad a perturbaciones como, por ejemplo, contaminantes en el ecosistema, tomando así un papel de especies indicadoras de los mismos. Además, estudios han descubierto que ciertas toxinas y venenos en su piel presentan principios activos que pueden procesarse para posteriores usos médicos [5]. Los anfibios desarrollan su ciclo de vida en zonas naturales, que generalmente se encuentran en áreas periurbanas de la ciudad, sin embargo, los hábitats urbanos son de gran importancia para el desarrollo de estos individuos, considerando que a pesar de ser artificiales y de reciente creación actúan como un hábitat de conservación para los mismos [6].

Hamer & Parris [7] encontraron en Greater Melbourne, Australia que las pozas ubicadas junto a zonas residenciales densamente pobladas tienen menor riqueza y abundancia de especies de anfibios, mientras que en espacios verdes abiertos se presentó el fenómeno contrario. Además, el mismo estudio concluyó que hábitats sombreados y presencia de peces depredadores puede perjudicar directamente el desarrollo de larvas, mientras que la vegetación acuática favorece las comunidades presentes en las pozas. Aunque en Ecuador, los anfibios se adaptan a diversos tipos de ecosistemas [8] sus hábitats se ven directamente alterados por el uso de suelo a sus alrededores, interactuando con sus complejos ciclos de vida, especialmente al ser el lugar de desove y desarrollo de larvas. Los adultos y juveniles además utilizan los hábitats terrestres cercanos para forrajeo y refugio. La actividad antropogénica puede afectar las propiedades fisicoquímicas de estos hábitats, pudiendo influenciar en la dinámica de las poblaciones de anfibios. [9].

Con este antecedente, la presente investigación se enmarca en el programa que realiza la Comisión de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Cuenca, “Conservación de la Biodiversidad Silvestre en el Área Urbana de Cuenca con la construcción de 10 hábitats para los anfibios amenazados”, implementado en el año 2012 y financiado por el “Premio Verde” del Banco del Estado. En estas pozas fueron traslocados aquellos individuos de *Hyloxalus vertebralis* rescatados de sitios en la ciudad donde sus probabilidades de supervivencia eran escasas [8].

En este marco, el presente estudio pretende monitorear la calidad del agua y variables ambientales de 10 hábitats construidos para el rescate de las poblaciones de anfibios de la ciudad de Cuenca, a fin de establecer una línea base de la contaminación urbana y sus potenciales efectos en el desarrollo de los anfibios en estos sitios.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de Estudio

El área de estudio comprende el casco urbano de la ciudad de Cuenca donde se encuentran 10 hábitats construidos para las especies de anfibios amenazados (Figura 1). La ciudad de Cuenca está ubicada al sur de la república del Ecuador, entre los 2°49' y 2°56' de latitud sur y 79°04' y 78°53' de longitud oeste. Su altitud varía entre los 2.400 a 2.500 metros sobre el nivel del mar. El clima en la ciudad es templado, con una precipitación anual promedio de 850 mm y temperatura promedio anual de 15°C. En términos fisiográficos, la ciudad se localiza en el valle de los Andes, y estos últimos años la ciudad se ha expandido en todas las direcciones, interviniendo hábitats naturales de varias especies nativas entre las cuales se encuentran géneros de anfibios, que se han adaptado a la urbanización. La ciudad tiene una extensión urbana aproximada de 7800 hectáreas, con una población de 331000 habitantes [10].

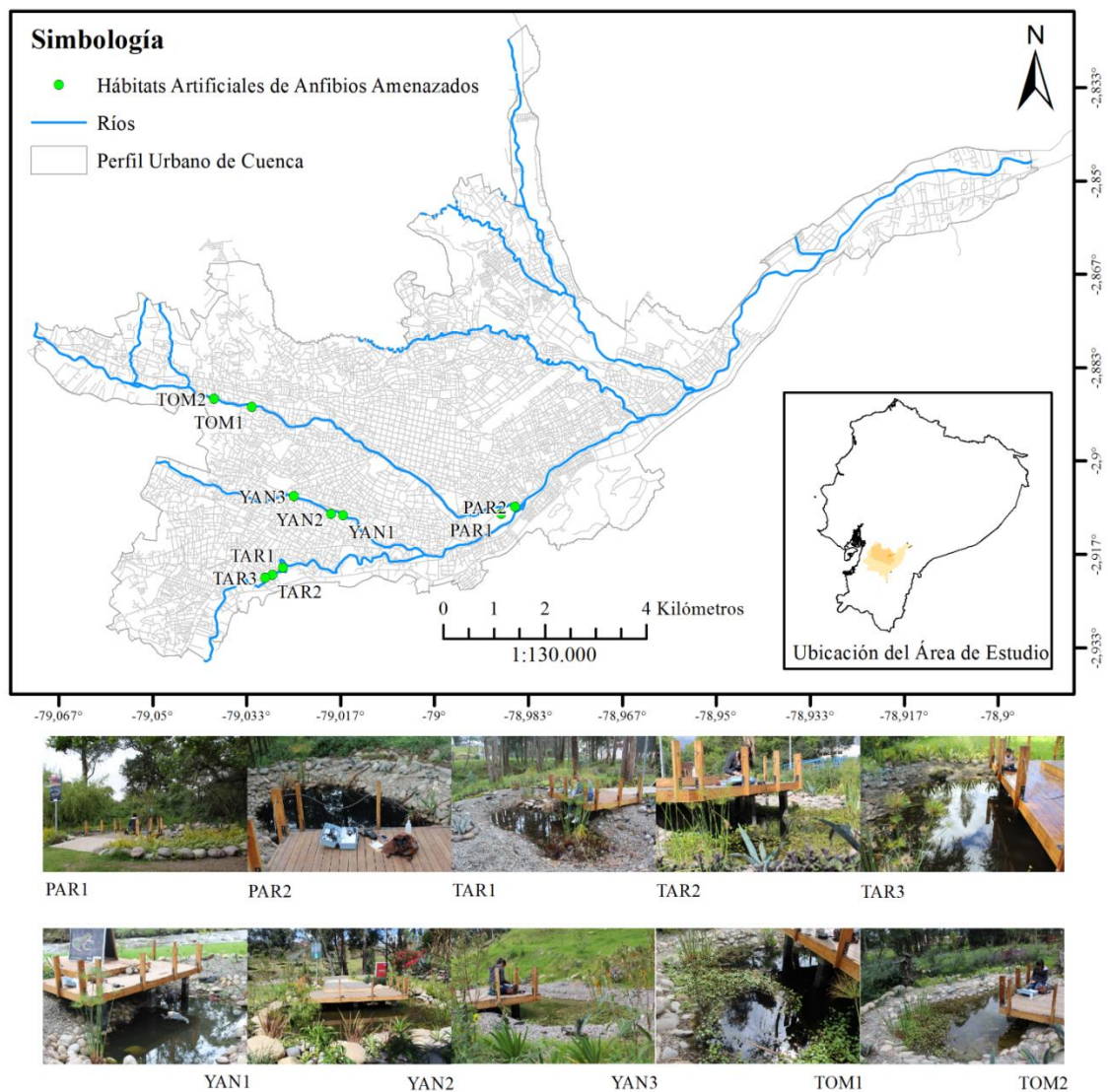


Figura 1: Sitios de Monitoreo de Hábitats de Anfibios Amenazados

2.2 Descripción de variables analizadas

Las variables analizadas se pueden categorizar en tres grupos: calidad del agua, calidad del aire, y variables meteorológicas. La descripción respectiva de cada una se puede apreciar en la tabla a continuación.

Tabla 1: Descripción de variables analizadas

Categoría	Variable	Descripción
Calidad del agua	pH	Potencial de hidrógeno. Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.
	Conductividad	Propiedad natural del agua que permite el paso a través de sí de la electricidad. Aumenta cuando se incrementa la concentración de iones. Se mide en micro Siemens por centímetro cuadrado.
	Oxígeno disuelto	Cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en una solución acuosa, el cual se introduce en el agua por difusión desde el aire que rodea la mezcla por aireación y como un producto de desecho de la fotosíntesis. Se mide en miligramos por litro.
	Temperatura del agua	Magnitud física que refleja la cantidad de calor del agua, se mide en grados centígrados.
	Nitritos	Formas inorgánicas de nitrógeno que se miden en miligramos por litro. Los nitritos se oxidan en nitratos y los nitratos se reducen a nitritos.
	Nitratos	Formas inorgánicas de nitrógeno que se miden en miligramos por litro. Los nitratos se oxidan en nitratos y los nitratos se reducen a nitritos.
Calidad del aire	Plomo	Metal gris-azulado presente en cantidades pequeñas en la corteza terrestre pero que aumenta por actividades mineras o industriales, siendo tóxico para el ambiente. Se mide en miligramos por litro.
	Material sedimentable	Material particulado, sólido o líquido, en general de tamaño mayor a 10 micrones, y que es capaz de permanecer en suspensión temporal en el aire ambiente.
Variables meteorológicas	Temperatura ambiente	Magnitud física que refleja la cantidad de calor del ambiente, se mide en grados centígrados.
	Humedad relativa	Cantidad de humedad en el aire, comparado con la humedad que el aire puede mantener a esa temperatura. Se expresa en porcentaje.
	Presión atmosférica	Fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. Se mide en milibares.
	Precipitación	Caída de agua sólida o líquida debido a la condensación del vapor sobre la superficie terrestre. Se mide en milímetros.

2.3 Toma de muestras

El muestreo de calidad de agua tanto para el análisis de variables fisicoquímicas como metales pesados (plomo), se realiza en agua estancada por lo que la muestra se tomó de manera directa. Para el análisis de nitritos y nitratos se requirió al menos 100 mililitros de muestra, mientras que para el análisis de plomo en agua se colectó un litro [11]. Para el caso de material sedimentable, se utilizó un envase a una altura de al menos 1,2 metros sobre el nivel del suelo, con un diámetro mínimo de 15 centímetros, y una altura de dos o tres veces su diámetro. El envase se dejó en el sitio de monitoreo, con 10 mililitros de agua por 30 días. Una vez cumplido este tiempo, se recolectó, selló y etiquetó los envases para su traslado a laboratorio donde se procedió a la medición. [12].

Se realizaron 12 campañas de monitoreo (CM) para variables fisicoquímicas, una semanal a excepción de la campaña 11 y 12 que se realiza en la misma semana (Tabla 2), 7 campañas para análisis de plomo en agua (Tabla 3) y 3 campañas de muestreo de partículas sedimentables (Tabla 4). Los monitoreos fueron realizados desde el mes de noviembre de 2016 hasta enero de 2017.

Tabla 2: Fechas de campañas de monitoreo de variables fisicoquímicas

Campaña de Monitoreo	Fecha
1	24-25/11/2016
2	29-30/11/2016
3	06-08/12/2016
4	14-15/12/2016
5	20/12/2016
6	30/12/2016
7	04/01/2017
8	10/01/2017
9	19/01/2017
10	26/01/2017
11	31/01/2017
12	02/02/2017

Tabla 3: Fechas de campañas de monitoreo de plomo

Campaña de Monitoreo	Fecha
1	24-25/11/2016
2	29-30/11/2016
3	06-08/12/2016
4	14-15/12/2016
5	20/12/2016
6	04/01/2017
7	19/01/2017

Tabla 4: Fechas de campañas de monitoreo de material sedimentable

Campaña de Monitoreo	Fecha
1	16-30/12/2016
2	15/01-06/02/2017
3	14/02-07/03/2017

2.4 Análisis de variables

2.4.1 Variables fisicoquímicas

Las mediciones de las variables de pH, conductividad, temperatura del agua y oxígeno disuelto se realizaron *in situ*, mientras que para el análisis de nitritos y nitratos se utilizó un espectrofotómetro en laboratorio, el cual requiere los reactivos Nitriver 3 y Nitraver 5.

El análisis se realizó en el laboratorio CESEMIN de la Universidad de Cuenca, donde la muestra sin filtrar fue sometida a digestión ácida. La digestión ácida se llevó a cabo con

ácido nítrico y peróxido de hidrógeno para lograr la oxidación completa y reducir las interferencias causadas por la materia orgánica. Posterior a este proceso, se determinó la concentración de plomo del agua, a través de espectrofotometría de absorción atómica [13]. El mínimo detectable fue de 0,25 mg/L.

El análisis de laboratorio de material sedimentable se realizó en el laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad de Cuenca. El procedimiento se basó en el método gravimétrico para determinación de material sedimentable soluble e insoluble, ajustado a las condiciones de presión y temperatura del área de estudio [12].

2.4.2 Variables meteorológicas

Para generar la información rasterizada de variables meteorológicas se utilizó información proveniente de la Red de Monitoreo de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes cuentan con estaciones en el cantón Cuenca (Figura 2). Se descargó información desde octubre de 2016 para una caracterización de las pozas de estudio, hasta enero de 2017 para comparación de los tres últimos meses con los resultados generados. Las variables descargadas corresponden a temperatura ambiente, presión atmosférica, humedad relativa, precipitación y temperatura del suelo. Se descargó información para cada mes de monitoreo en formato diario. Esta información fue procesada en el software ArcGIS 10.4 en donde se realizaron interpolaciones para la generación de datos meteorológicos correspondientes al área de estudio. El método utilizado para este propósito es la interpolación CoKriging tomando como covariable la altura de las estaciones para generar datos con mayor precisión geoestadística.

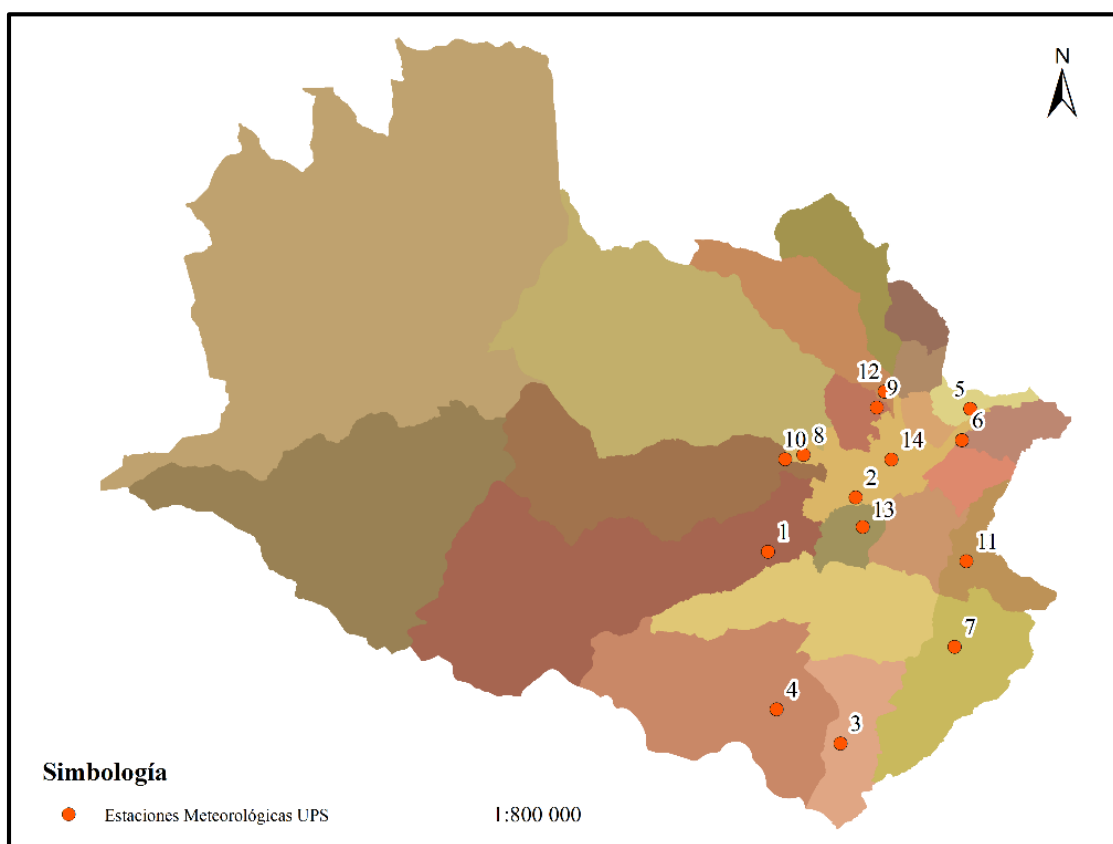


Figura 2: Ubicación de estaciones meteorológicas del cantón Cuenca

3. Resultados y Discusión

3.1 Análisis de Variables Fisicoquímicas

3.1.1 pH

Para las doce campañas de monitoreo, las mediciones de pH en las diez pozas analizadas presentaron un pH alcalino manteniéndose en promedio en valores de 7,87. El mínimo promedio fue para la poza PAR2 de 7,52 y un registro de promedio máximo de 8,09 para TOM2. La dispersión varía, teniendo una desviación estándar mínima en la poza YAN2 con 0,12 mientras que la que presenta mayor variación es TAR2 con 0,37. En la Figura 3a se observa que en la campaña 7 se da un aumento de pH en la mayoría de las pozas. De igual manera se observa que la poza YAN1 presenta un valor elevado para CM4 y para CM8 aumenta nuevamente. Las pozas que presentan anfibios (YAN2, PAR1 y TAR3) presentan promedios de pH de 7,89. Los rangos de pH presentados para las pozas se encuentran dentro del rango normado de 6,5 a 9 unidades de pH. Analizando los cambios dentro de la misma semana de toma de muestra para CM11 y CM12, se observa que en general las medidas de pH se mantienen constantes en la mayoría de pozas; sin embargo, TOM2 presenta un aumento marcado de 7,7 a 8,5 unidades de pH, mientras que PAR1 tras registrar un aumento notable de pH para CM11 de 9,3 unidades, baja a 8,8 para la última medición.

3.1.2 Temperatura del agua

La temperatura del agua presentó variaciones, aumentando los promedios iniciales y manejando un rango entre 13,8 y 20,9 °C. Es importante tomar en cuenta que las mediciones se realizaron a diferentes horas del día debido al tiempo que toman los traslados de un sitio a otro, por lo que se pudo observar por ejemplo que pozas como PAR1 y PAR2 que se registran entre las 8:00 y 9:00, mantuvieron promedios bajos, a comparación de las pozas TOM1 y TOM2 cuyas mediciones se realizaron entre las 10:30 y 11:00, aumentando la temperatura promedio registrada en las mismas. No obstante, la poza PAR2, presentó los menores promedios (15,13 °C) debido a que constantemente se encuentra a la sombra. Por otra parte, TOM2 presenta los mayores promedios, considerando que se encuentra bajo directa influencia de radiación solar, además de que sus mediciones se realizan en momentos de máxima exposición. La dispersión mayor se observa para TAR2 (1,51 °C) mientras que la menor es PAR1 (0,90 °C). En la Figura 3b se observa un aumento significativo de temperatura para la CM7, disminuyendo a sus valores promedio para la CM8, pero notando un aumento a partir de la CM6. A partir de la campaña 9, los valores disminuyen notablemente. Las variaciones de temperatura entre las campañas 11 y 12 tienden a aumentar ligeramente (~1 °C) en la mayoría de pozas, mostrándose únicamente un aumento brusco de 17,1 °C a 19,6 °C en TOM2, relacionándose al aumento de pH. La poza TAR1 es la única que presenta una disminución de temperatura de alrededor de un grado centígrado. Es importante observar el desfase que existe entre las mediciones de temperatura respecto a las horas y las variaciones de radiación solar por lo que se recomienda el uso de equipos *in situ* que permitan registrar continuamente la temperatura del agua.

3.1.3 Oxígeno Disuelto

Durante el monitoreo se constató una recuperación de la oxigenación de las pozas a partir de CM6 debido a las lluvias que permiten la aireación del agua de la poza, sin embargo, para CM8, se observa la disminución de oxígeno en algunas pozas nuevamente, recuperándose hacia las últimas semanas de monitoreo. Las pozas TOM2 (5,03 mg/L – 71,92%), YAN3 (4,92 mg/L – 68,57%) y PAR1 (4,47 mg/L – 61,67%) presentan la mejor oxigenación, existiendo variaciones a lo largo del análisis. Es importante recalcar que, en promedio, ninguna de las pozas cumple con la normativa del Libro VI Anexo I del TULSMA que establece que el agua dulce fría debe contener no menos del 80% y 6 mg/L para este propósito.

En la Figura 3c se observa que las pozas TOM2 y YAN3 presentan fluctuaciones durante las campañas de monitoreo, comenzando con altos registros, pero disminuyendo en las semanas intermedias, para recuperarse completamente hacia las últimas semanas donde se registran valores superiores a 7 mg/L. La poza PAR1 por su parte, presenta una mejora significativa a partir de CM9, lo cual puede relacionarse con la presencia de una carpa (pez) en la poza.

El mayor déficit de oxígeno se presenta para las pozas YAN1, PAR2 y TAR3 con 1,6 mg/L (21,53%), 0,93 mg/L (12,57%) y 1,03 mg/L (14,11%) respectivamente. La poza YAN1 ha mantenido siempre un promedio bajo de OD que no supera los 2,5 mg/L. Los valores disminuyen a partir de CM6 pudiendo deberse principalmente a la presencia de materia orgánica en descomposición, la misma que fue retirada posteriormente por personal de aseo de la ciudad. En cuanto a la poza PAR2, de igual manera ha presentado valores bajos (< 1,5 mg/L), y aunque durante campañas intermedias se ha visto recuperación, se observa una disminución nuevamente de los registros, recalcando que esta poza presenta problemas de coloración. Por último, la poza TAR3 que inicialmente presentaba registros bajos de OD pero que hacia CM6 se recupera notablemente, para disminuir nuevamente como se observa en la mayoría de pozas hacia valores bajos para el final del monitoreo. Es importante mencionar que esta poza presenta una población alta de anfibios.

3.1.4 Conductividad

La conductividad de las pozas varía entre 186,9 y 378 $\mu\text{s/cm}$ con un promedio de 266,16 $\mu\text{s/cm}$. El mayor promedio se registra para la poza TOM1 (338,58 $\mu\text{s/cm}$) mientras que el menor corresponde a la poza YAN3 (224,34 $\mu\text{s/cm}$). La dispersión de los datos es alta para la poza PAR1 (34,95 $\mu\text{s/cm}$) mientras que para YAN3 es baja (29,5 $\mu\text{s/cm}$). Las pozas con presencia de anfibios (YAN2, PAR1 y TAR3) presentan un promedio de conductividad de 263,92 $\mu\text{s/cm}$, rodeando el promedio general. En la Figura 3d se observa además que la poza PAR1 presenta una disminución de conductividad mientras que TOM1, YAN2 y TAR3 un aumento. A pesar de que la mayoría de pozas presenta algas, su presencia no se ve reflejada en aumentos de conductividad.

Las tomas de muestra de CM11 y CM12 no presentan variaciones significativas manteniendo aproximadamente los mismos registros de monitoreo. En la mayoría de pozas se presenta un aumento mínimo de conductividad a excepción de TOM2 donde se registra una disminución.

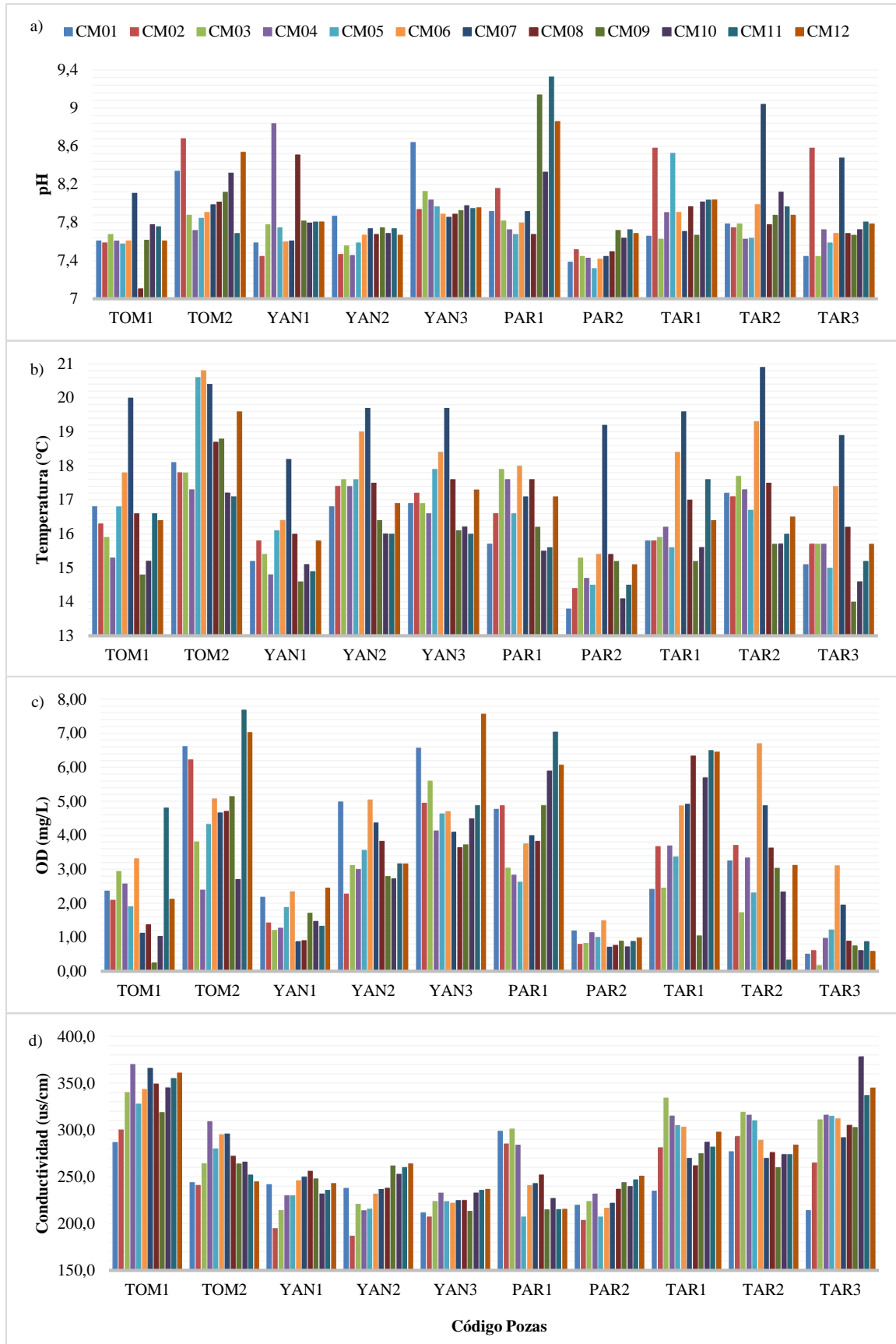


Figura 3: Comportamiento de variables fisicoquímicas durante las 12 campañas de monitoreo en los hábitats de anfibios amenazados. a) pH, b) Temperatura del agua, c) oxígeno disuelto, d) conductividad

3.1.5 Nitritos y nitratos

En las Tabla 5 y Tabla 6 se observa la estadística descriptiva para 9 pozas, excluyendo la poza PAR2, debido a los problemas de determinación de estas variables por condiciones de color de la muestra. Para el caso de la poza TAR3, se dificultan los registros, por un problema en aumento de coloración de la muestra, sin embargo, se incluyó dentro de la estadística descriptiva.

Se observan en general valores que han ido en aumento desde el inicio del monitoreo. Sin embargo, no se puede asegurar que estos sean elevados o no, pues no se conocen los límites de tolerancia para los anfibios. Para este particular se tendría realizar bioensayos. Los rangos que se manejan para la variable nitritos comprenden valores desde 0,000 mg/L hasta 0,105 mg/L con un promedio general de 0,0051 mg/L. La poza con mayor concentración de nitritos es TOM1 (0,0134 mg/L) mientras que la menor es PAR1 (0,0031 mg/L). Para el caso de nitratos se manejan rangos entre 0,0 mg/L y 1,9 mg/L, con un promedio de 0,681 mg/L. El menor valor corresponde a TAR3 (0,286 mg/L) y el mayor a TOM2 (0,855 mg/L).

Tabla 5: Estadística descriptiva de nitritos

	TOM1	TOM2	YANI	YAN2	YAN3	PAR1	TAR1	TAR2	TAR3
Media	0,0134	0,0044	0,0043	0,0034	0,0037	0,0031	0,0035	0,0047	0,0055
Mediana	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,006
D. estándar	0,0344	0,0032	0,0039	0,0015	0,0024	0,0030	0,0046	0,0044	0,0042
Rango	0,105	0,012	0,013	0,005	0,008	0,009	0,016	0,014	0,010
Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Máximo	0,105	0,012	0,013	0,006	0,009	0,009	0,016	0,015	0,010
Cuenta	9	10	9	11	10	11	11	11	4

Tabla 6: Estadística descriptiva de nitratos

	TOM1	TOM2	YANI	YAN2	YAN3	PAR1	TAR1	TAR2	TAR3
Media	0,670	0,855	0,790	0,836	0,827	0,591	0,636	0,636	0,286
Mediana	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	0,6	0,5	0,6	0,1
D. estándar	0,445	0,505	0,465	0,375	0,269	0,311	0,406	0,326	0,426
Rango	1,5	1,5	1,6	1,4	0,9	1,0	1,5	1,2	1,2
Mínimo	0,0	0,4	0,3	0,4	0,5	0,0	0,2	0,2	0,0
Máximo	1,5	1,9	1,9	1,8	1,4	1,0	1,7	1,4	1,2
Cuenta	10	11	10	11	11	11	11	11	7

Se realizó una caracterización de la muestra PAR2 por los problemas presentados con la determinación del parámetro de nitritos y nitratos para la poza debido a la coloración del agua, permitiendo determinar cuál es la interferencia que se presenta al momento de analizar las variables mencionadas, En general se obtuvo la siguiente caracterización de la muestra:

Tabla 7: Caracterización de la muestra PAR2

Parámetro	Medida
Color Aparente	225 unidades de Color Pt-Co
Olor	Eucaliptol
Turbiedad	5 NTU
Hierro Total	0,9 mg/L

Según la normativa ecuatoriana referente al TULSMA Libro VI Anexo 1, la cantidad máxima de hierro permitida en agua para la preservación de flora y fauna en agua dulce y fría es de 0,3 mg/L, indicando que esta poza sobrepasa la normativa establecida. Además, según la metodología HACH utilizada para la determinación de nitritos y nitratos, el hierro viene a ser una interferencia grande al momento de realizar las mediciones.

Por tal motivo, se optó por la precipitación del componente férrico con distintas soluciones: hidróxido de potasio, ácido sulfúrico 5,25 normal, agua oxigenada y ácido clorhídrico concentrado. Las reacciones de las muestras en general fueron de clarificación, sin embargo, el agua oxigenada se aplica para determinar la presencia de materia orgánica en descomposición la cual se encuentra ausente. Se determina que el ácido sulfúrico presenta el mejor resultado al clarificar la muestra, además de ser un elemento precipitador de hierro formando sulfatos de hierro.

Con este método de clarificación se realizó mediciones de nitritos y nitratos tomando en cuenta el pH de la muestra, la cual baja a 2,5. Sin embargo, esta metodología limita en gran medida la determinación de nitritos y nitratos en la muestra pues la oxidación o reducción que genera la adición de estas sustancias altera los resultados generados. Aun así, se midió nitratos, obteniendo un valor de 6mg/L, aunque este es un valor poco confiable por lo que no se incluye en el análisis de la muestra. No obstante, el nivel de clarificación parece interferir con la determinación de nitritos, para el cual aún se buscan metodologías adecuadas.

No se observa una relación directa de las variables analizadas con aquellas pozas que presentan abundancia de anfibios (PAR1, YAN2, y TAR3), encontrándose anfibios en pozas con registros altos y bajos de nitritos, nitratos, OD, de temperatura del agua y conductividad, manteniéndose el pH entre los mismos rangos para la mayoría de pozas. Sin embargo, no se puede concluir directamente la afección de estas variables sin la correlación del monitoreo biológico, así como posibles bioensayos que permitan cuantificar los valores o concentraciones máximas o mínimas que toleran los anfibios para cada variable.

3.2 Análisis de material sedimentable

En la Figura 4 se observa que pozas como TOM1 supera los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ecuatoriana de un miligramo por centímetro cuadrado, con un gran exceso, sin embargo, esto se ve justificado debido a la presencia de materia orgánica fina en la muestra, que es difícilmente separada de los sedimentos pero que provienen de la corteza del árbol en la que el tacho se encuentra colocado. Algo similar sucede con la poza PAR1, aunque la cantidad de material disminuye notablemente para el segundo mes, sin siquiera sobrepasar la normativa. Por último, se da un caso similar en PAR2 ya que la poza se encuentra rodeada de árboles de eucalipto, cuyas hojas y residuos de corteza caen en el envase de material particulado elevando los niveles. En el segundo mes, sin embargo, no se puede realizar la medición debido a basura en descomposición dentro del envase. Para el tercer mes ambos envases del Parque Paraíso no se analizan ya que PAR1 es sustraído y PAR2 tiene su muestra dañada. Todas aquellas pozas en donde no se pudo conseguir información para todos los meses fueron estimadas a través de interpolación de los resultados del mismo mes de las pozas vecinas.

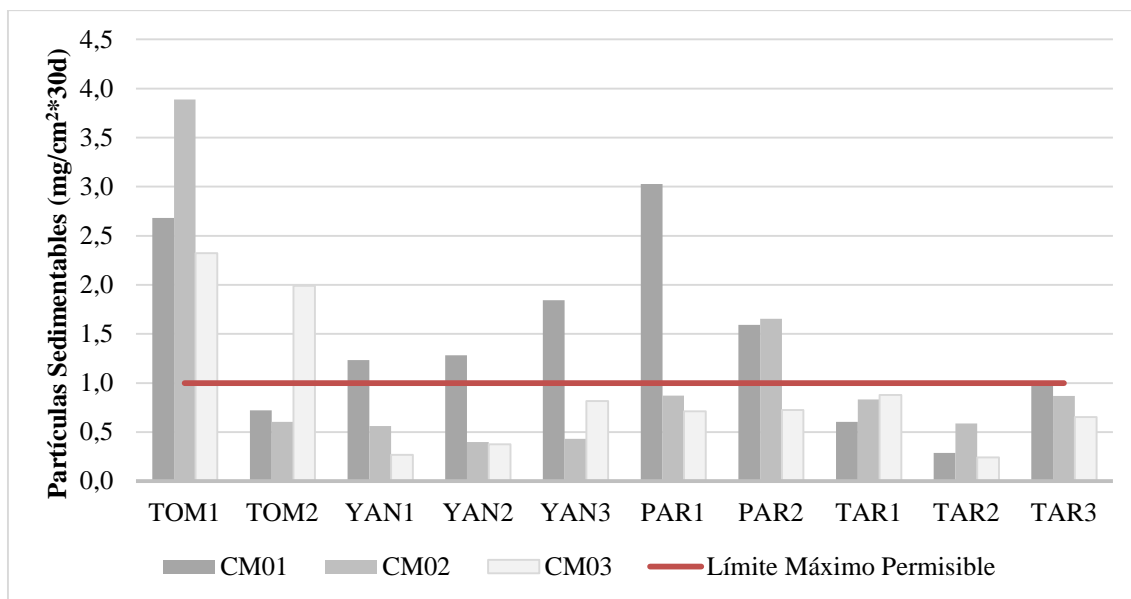


Figura 4: Concentración de Partículas Sedimentables para las 3 campañas de monitoreo

Por otro lado, las pozas de YAN1 y YAN3 presentan elevadas concentraciones para el mes 1, pero una disminución notable para el mes 2 y 3, considerando que estas se ubican junto a carreteros de tierra que podrían elevar esta concentración, pero considerando que, para el segundo mes, la presencia de lluvia asienta el polvo que puede presentarse.

Para el caso de TOM2, TAR1 y TAR3, no se observa una cantidad elevada de material particulado, y de igual forma para YAN2 y TAR2 de las cuales solo se obtiene una medición respectivamente, en el primer caso por daño de la muestra y en el segundo por sustracción del envase hacia finales del monitoreo. Para el caso de TOM2 la muestra del tercer mes se encuentra dañada por presencia de papel en la muestra.

Con los resultados obtenidos y las observaciones en campo, se puede concluir empíricamente, que el material sedimentable no tiene una incidencia directa sobre la adaptación y/o supervivencia de los anfibios de los sitios de monitoreo. Se puede sustentar esta suposición en el caso de la poza PAR1 que presentó durante semanas un aumento en la turbiedad y cantidad de sólidos suspendidos y disueltos en su agua, que no afectó a simple vista la presencia de anfibios. Sin embargo, estas conclusiones se las realiza sin haber correlacionado los datos con un monitoreo biológico y sin conocer directamente la incidencia de la variable de caracterización de la calidad del aire a través de un bioensayo. De todas maneras, se observa que los anfibios se desarrollan en un microclima ajeno a la contaminación atmosférica de su medio, por lo que la afección del mismo parece no ser significativa.

3.3 Análisis de plomo en agua estancada

Los resultados obtenidos del análisis de plomo presente en las pozas, indican que no alcanza el límite de detección del equipo utilizado de 0,25 mg/L, presentado únicamente valores no cuantificados como resultados de los análisis.

3.4 Análisis de variables meteorológicas

En las siguientes figuras se observa una comparación de variables meteorológicas para los meses de monitoreo, conteniendo información desde octubre hasta enero en cada

una de las pozas de anfibios analizadas. Esta información de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y precipitación es interpolada para cada sitio.

Los datos referentes a precipitación no registran los valores acumulados mensuales por un error en el reporte de los datos en el servidor de la UPS, entregando en este, promedios diarios, los cuales son acumulados para su análisis, dando una aproximación de la realidad de precipitación en la ciudad.

Analizando la temperatura ambiente de los cuatro meses de monitoreo, se observa que en general las pozas TAR1, TAR2 y TAR3 presentan los menores promedios mensuales de temperatura ambiente bordeando valores entre 13,91 °C y 14,71 °C. De igual manera se observa que las pozas PAR1 y PAR2 presentan los máximos promedios para esta variable registrando valores entre los 14,85 °C y 15,23°C, sin embargo, la mayor temperatura se registra en la poza YAN1 (15,28 °C). Espacialmente se observa que la temperatura se concentra en el centro de la ciudad, respondiendo a procesos de formación de islas de calor, pero que disminuyen hacia la periferia, donde se ubican la mayoría de pozas. La temperatura se mantiene constante alrededor de los promedios considerados para la ciudad de Cuenca.

Esta variable guarda una relación aparente con la presión atmosférica, considerando los meses de mayor temperatura, para PAR1 y PAR2, que coinciden con valores de mayor presión atmosférica, entre los 746,9 hPa hasta los 751,96 hPa. Sin embargo, las pozas TOM1 y TOM2 son las que presentan menores valores (entre 739,64 hPa y 744,55 hPa). Se observan que los valores no presentan variaciones representativas dentro del mismo sitio y que espacialmente se presentan valores bajos al oeste de la ciudad (donde se ubican la mayoría de pozas), aumentando hacia el este.

La humedad relativa presenta variaciones notables, entre los dos primeros meses de monitoreo, correspondientes a octubre y noviembre hacia un aumento notable para los meses de diciembre y enero con un aumento de alrededor del 10% de la misma. La humedad relativa se correlaciona inversamente con la temperatura ambiente. Por lo tanto, las menores humedades se presentarán en la parte céntrica de la ciudad y aumenta hacia la periferia, donde las pozas TAR1, TAR2 y TAR3 presentan mayores valores de humedad relativa (entre 69,93% y 79,06%) y las pozas PAR 1 y PAR2 y YAN1, YAN2 y YAN3 presentan los valores más bajos (66,02% y 76,92%).

Se observa además que la humedad relativa se correlaciona directamente con la precipitación, donde al igual que para los registros de humedad, se presentan valores bajos de precipitación para octubre y noviembre que aumentan para diciembre y enero. Se conoce que en la ciudad de Cuenca la precipitación se divide por zonas, demostrándose espacialmente la tendencia de disminución de esta variable del este hacia el oeste de la ciudad. Por esa razón se observa que las pozas TOM1 y TOM2 registran los menores valores de precipitación (entre 1,35 mm y 3,02) mientras que PAR1 y PAR2 presentan los mayores valores (entre 2,17 mm y 4,5 mm). Además, se registra una disminución de precipitación para el mes de enero con respecto al mes de diciembre de alrededor de 0,6 mm a excepción de las pozas TOM1 y TOM2 donde se registra un aumento de 0,8 mm.

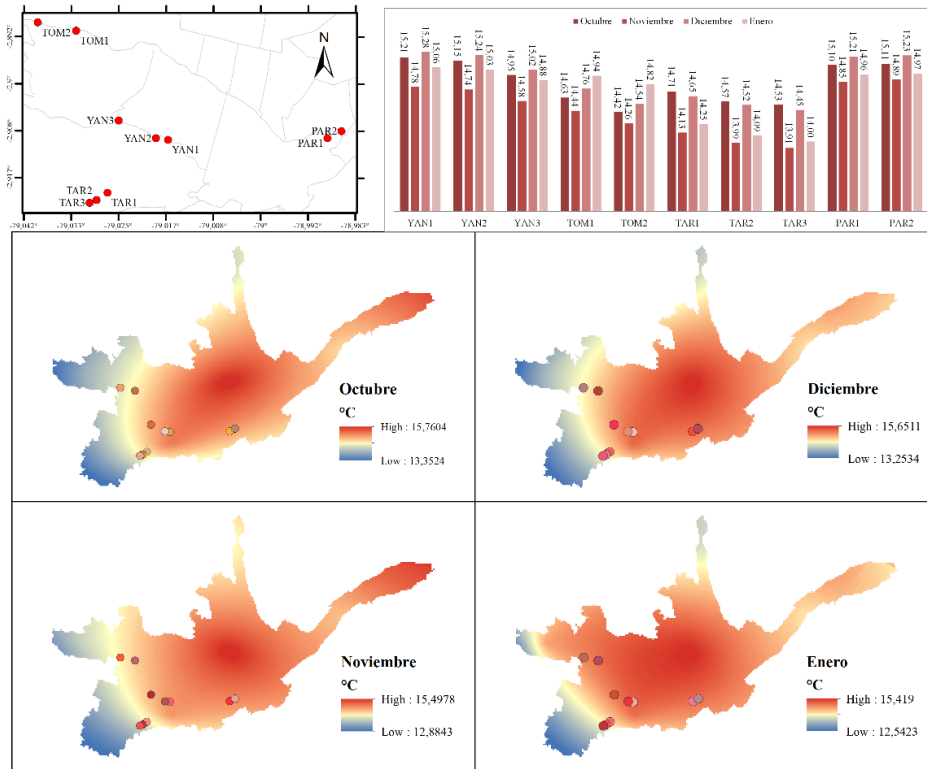


Figura 5: Temperatura ambiente para los cuatro meses de monitoreo

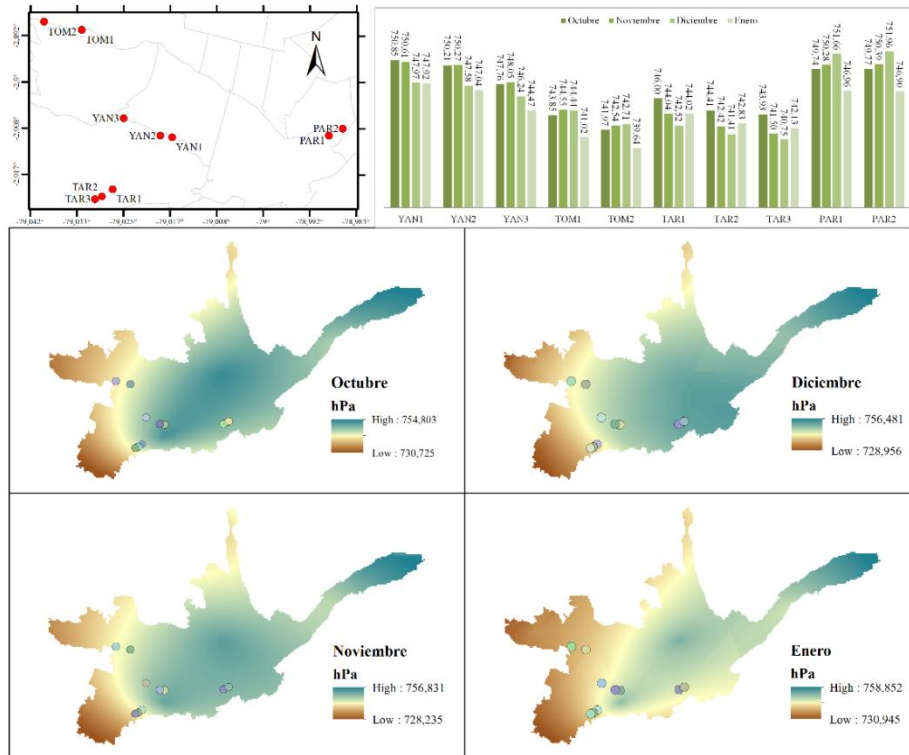


Figura 6: Presión atmosférica para los cuatro meses de monitoreo

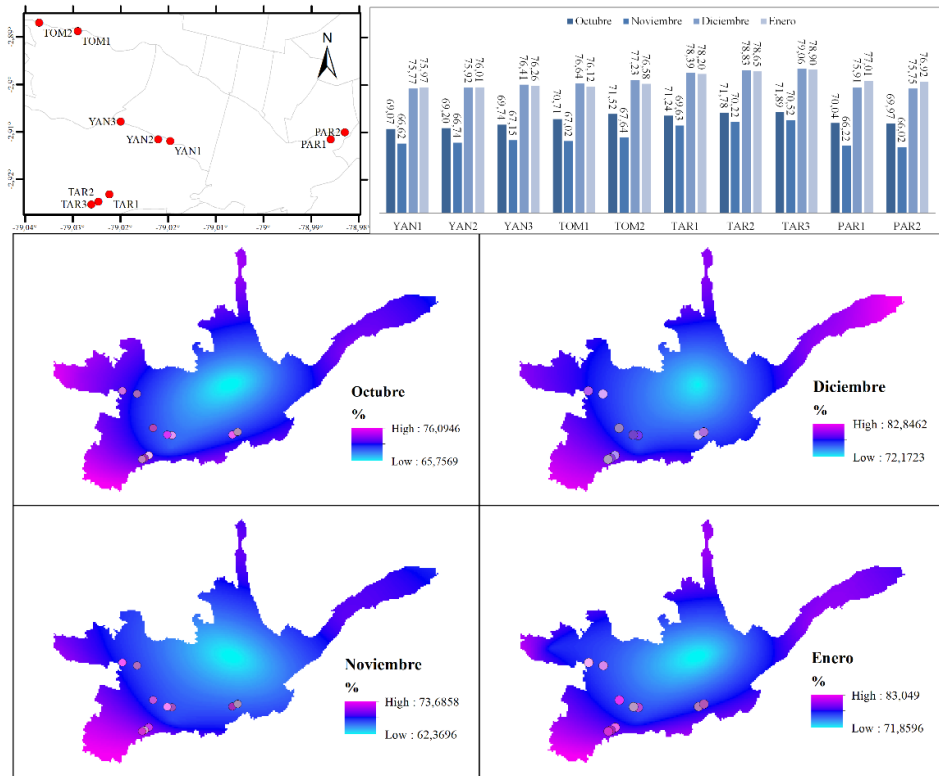


Figura 7: Humedad Relativa para los cuatro meses de monitoreo

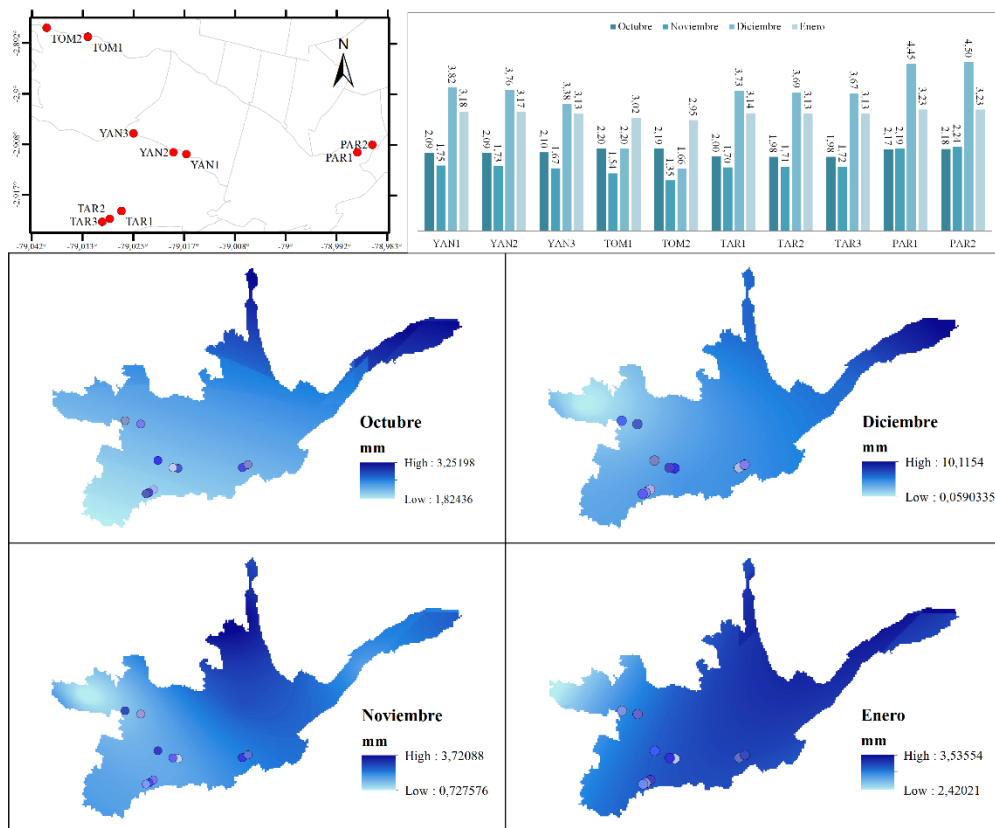


Figura 8: Precipitación para los cuatro meses de monitoreo

Con respecto a aquellas pozas en donde se presenta una abundancia en la reproducción y adaptación de renacuajos en las pozas, correspondientes a YAN2, TAR3 y PAR1, no se identifica una tendencia clara con respecto a las variables meteorológicas analizadas, pudiendo encontrarse en realidad influenciadas directamente por factores del microclima de la poza y mas no del clima global. Sin embargo, vale la pena recalcar que el monitoreo de estas variables apoya indirectamente a la relación encontrada entre épocas de reproducción de anfibios, correspondientes a los meses de diciembre y enero, así como a explicar la mejores de los parámetros fisicoquímicos en los meses de aumento de lluvia para las pozas analizadas. Es por esto, que las interpolaciones meteorológicas pueden continuar siendo de utilidad para el análisis de la funcionalidad de las pozas, de manera provisional, hasta que se puedan conseguir sensores de estas variables climáticas que puedan colocarse directamente en los sitios de monitoreo, como es el caso de los sensores de temperatura.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado han permitido en líneas generales caracterizar las pozas monitoreadas, obteniendo valores que a través de bioensayos pudieran cuantificarse para determinar límites máximos de tolerancia de los anfibios ante, por ejemplo, bajas concentraciones de OD. Además, se puede determinar su buen o mal estado en relación a la calidad del agua. Se recomienda que se realicen campañas de concientización de la gente, en especial de los niños para que tomen en sus manos la labor de cuidado hacia estos sitios de rescate.

Del material sedimentable, se puede concluir que, sus altos o bajos registros no afectan aparentemente al desarrollo de anfibios. Las concentraciones de plomo en agua son incuantificables según el límite de detección de la técnica utilizada. Se recomienda realizar una valoración de otros metales pesados que puedan presentarse en el agua, con una sola muestra por metal para cada poza, para identificar únicamente su presencia o ausencia, y a partir de estos resultados, planificar un monitoreo constante de aquellos metales que presenten posibles concentraciones nocivas para el desarrollo de los anfibios.

Las variables ambientales relacionadas a la meteorología están sujetas a variaciones más generales de la ciudad, antes que condiciones específicas del micro-clima generado en las pozas. Sin embargo, al no existir los equipos necesarios, siguen siendo una buena aproximación a estas condiciones. Se recomienda utilizar sensores *in situ* para la determinación de la temperatura del agua, pero tomando las precauciones respectivas de seguridad para evitar sustracciones de los mismos, y la posibilidad de adquirir equipos que midan presión atmosférica y radiación de las pozas continuamente y que permitan caracterizar los hábitats construidos a través de parámetros físicos.

Es importante recalcar que este estudio describe una fase exploratoria de las pozas para el rescate de anfibios amenazados, que permitió caracterizar las mismas tanto en aspectos fisicoquímicos como meteorológicos. Se puede concluir que las variables medidas otorgan una noción del estado de las pozas, pudiendo decir que valdría la pena mantener estas mediciones como indicadores para evaluar los hábitats artificiales.

Se recomienda realizar un proyecto que monitoree el desarrollo biológico de las especies junto con el monitoreo de la parte abiótica del mismo, de manera que los resultados que se generen permitan evidenciar realmente la funcionalidad de los hábitats de estudio. Además de ello, el acompañamiento de estos estudios con bioensayos podría establecer una línea base que permita caracterizar las pozas desde el punto de vista de la toxicidad de sus especies frente a diversos contaminantes o condiciones *in situ* y *ex situ*.

Agradecimientos

La presente investigación fue financiada por la Comisión de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca, quienes a través del Premio Verde del Banco del Estado emprenden el Proyecto de “Conservación de la Biodiversidad Silvestre en el Área Urbana de Cuenca con la construcción de 10 hábitats para los anfibios amenazados”.

Referencias

- [1] B. R. Scheffers. & C. A. Paszkowski. (2012). The effects of urbanization on North American amphibian species: Identifying new directions for urban conservation. *Urban Ecosystems*. 15(1). 133–147. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0199-y>
- [2] CGA. (2016). Conservación de la biodiversidad urbana: monitoreo y reubicación de los anfibios amenazados. Recuperado el 22 de febrero de 2017. de <http://cga.cuenca.gob.ec/content/conservacion-de-la-biodiversidad-urbana-monitoreo-y-reubicacion-de-los-anfibios-amenazados>
- [3] A. Gosá. & A. Arias. (2009). Estado de las poblaciones de anfibios en un parque urbano de Pamplona. *Munibe Ciencias Naturales*. 57. 169–183. Recuperado de <http://www.aranzadizientziak.org/fileadmin/docs/Munibe/2009169183CN.pdf>
- [4] IUCN. (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 22 de febrero de 2017. de <http://www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians>
- [5] L. A. Amador Oyola. (2016). Fauna urbana de Guayaquil: el caso de los anfibios y reptiles. nuestros vecinos menospreciados. 4(70). 1–8. Recuperado de <https://www.google.com/%5Cnpapers3://publication/uuid/CCA5994D-FC9B-4F03-A4DE-123135BB4D23>
- [6] A. Sánchez. A. Talavera. A. Hinckley. (2015). Descripción y conservación de una población urbana de *Discoglossus galganoi*. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.* 26(1).
- [7] A. J. Hamer. & K. M. Parris. (2011). Local and landscape determinants of amphibian communities in urban ponds. *Ecological Applications*. 21(2). 378–390. <https://doi.org/10.1890/10-0390.1>
- [8] F. Siavichay-Pesántez. G. Maldonado-Cedeño & D. Mejía-Coronel. (2016). Anfibios urbanos de Cuenca. Recuperado de http://cga.cuenca.gob.ec/sites/default/files/MANUAL_DE_ANFIBIOS_URBANOS_DE_CUENCA.pdf
- [9] J. A. Simon. J. W. Snodgrass. R. E. Casey. & D. W. Sparling (2009). Spatial correlates of amphibian use of constructed wetlands in an urban landscape. *Landscape Ecology*. 24(3). 361–373. <https://doi.org/10.1007/s10980-008-9311-y>
- [10] INEC. (2010). Información Censal. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- [11] Instituto Ecuatoriano de Normalización. Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo. NTE INEN 2176:1998 (1998). Quito. Ecuador: Registro Oficial No. 376 de 1998-08-05.
- [12] Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad de Aire Ambiente (2004). Recuperado de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/47/LIBRO_VI_Anexo_4_Calidad_de_aire.pdf
- [13] American Public Health Association. American Water Works Association. & Water Pollution Control Federation. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (20th ed.). New York.
- [14] Ministerio del Ambiente. Libro VI Anexo 1 De Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Quito: Texto Unificado de Legislación Secundaria; Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>.