

I-328 - AVALIAÇÃO E GESTÃO DAS CONDIÇÕES TRÓFICAS NA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RESERVATÓRIO NEOTROPICAL UTILIZADO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM AREQUIPA (PERU)

Ana Maria Moreira Batista⁽¹⁾

Bióloga. Pós-doutoranda e mestre em Engenharia Sanitária, Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMG. Doutora em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela UFMG.

Andrés Felipe Torres Franco⁽²⁾

Engenheiro ambiental. Doutorando em Engenharia Sanitária, Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMG. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade del Valle, Colômbia.

Lucas Vassalle de Castro⁽³⁾

Engenheiro ambiental. Doutorando em Engenharia Sanitária, Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMG. Mestre em Engenharia Sanitária, Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMG. Especialista em engenharia sanitária pela Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Giovani Alatrística Góngora⁽⁴⁾

Biólogo. Auxiliar de Laboratório do IEM-Universidade Católica de San Pablo, Peru.

Cesar Rossas Mota Filho⁽⁵⁾

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Doutor em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade do Estado da Carolina do Norte, EUA. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade de Nevada, EUA.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, 31270-010, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Tel.: +55 3409 1018; fax: +55 3409 1882 (E-mail: ana_mb7@yahoo.com.br).

RESUMO

O presente estudo avaliou o estado trófico de um reservatório neo-tropical localizado em uma bacia seca localizada nos Andes peruanos (Arequipa), e sua relação com a composição da comunidade de cianobactérias. O reservatório é parte de um sistema de água com múltiplas finalidades e utilizado como fonte de captação para abastecimento de água para Região Metropolitana da cidade de Arequipa. Os outros usos são; irrigação, indústria e cultivo de trutas pelos habitantes locais. Embora esta atividade de aquicultura seja aceita pelos órgãos ambientais e gestores por ser mantida por uma população carente que tem ocupado a área desde antes da construção do reservatório, esta atividade tem se tornado um problema para todo o sistema hídrico devido ao considerável aumento das concentrações de nutrientes (N e P) e a consequente eutrofização e ocorrência de florações de cianobactérias, que são potencialmente tóxicas para animais e seres humanos. Os resultados confirmaram o aumento do estado trófico da água relacionado à cultura de trutas no reservatório. Foram detectados elevadas concentrações de N, P e Clorofila-*a*, baixa transparência do disco Secchi e um predomínio de *Microcystis aeruginosa* e *Dolichospermum* sp. A qualidade da água e informações hidrobiológicas foram interpretados padrões de pensamento do Peru, Brasil, índice trófico e OMS Orientação, que classificaria este reservatório em Nível 1 de Alerta. Foram propostas estratégias de manejo para manter a qualidade da água para distintas finalidades e bem-estar socioeconômico dos produtores de trutas.

PALAVRAS-CHAVE: Estado trófico, aquicultura, floração de cianobactérias, reservatório, qualidade da água.

INTRODUÇÃO

A eutrofização caracteriza-se como um fenômeno em que o corpo hídrico sofre um enriquecimento de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, podendo ter como resultado o crescimento exacerbado da produtividade primária, especialmente em ambientes aquáticos lênticos com elevado tempo de residência da água, como reservatórios e lagos. Contudo, a eutrofização pode ocorrer também em sistemas aquáticos lóticos, como os rios, devido a temperaturas elevadas e presença de nutrientes (N e P), sendo acelerada com o aumento da urbanização, de atividades antrópicas como a agricultura e piscicultura que contribuem com a elevação do aporte de nitrogênio e fósforo nos corpos d'água (Smith et al., 2006, Shapiro, 1973).

O reservatório estudado é um dos principais reservatórios da bacia Quilca-Chili, a qual fornece a água para a região de Arequipa e está localizado em uma altura média de 4.580 M; tem uma capacidade de 98.40 MMC e um volume de mutação de 41.3 MMC, com uma profundidade máxima próxima aos 13 m (CRHCQCH, 2013). Durante os últimos anos, estão sendo desenvolvidas atividades de aquicultura no reservatório as quais incrementam a carga de nutrientes e, conseqüentemente, o risco de eutrofização do mesmo. Embora os principais reservatórios da bacia (Aguadablanca e dique Los Españoles) parecem ter aumentado seus níveis tróficos durante os últimos anos, sendo mais propensos à ocorrência de florações de cianobactérias devido ao aumento das temperaturas e a intensificação da contaminação ambiental da Bacia. Os eventos de degradação da qualidade de água em Arequipa durante 2014 eram relacionados com o fenômeno de eutrofização ocorrido, de forma particularmente intensa neste reservatório, chamando assim a atenção da necessidade de investigar mais a fundo com o objetivo de propor medidas de gestão adequadas.

No presente estudo, foi avaliado o processo de eutrofização do reservatório por meio do acompanhamento de parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade e sólidos totais), microbiológicos (Coliformes Totais e *E. coli*) e hidrobiológicos (clorofila-a, fitoplâncton e microcistina), monitorados durante o período compreendido entre outubro de 2016 e fevereiro de 2017. O estudo pretendeu ser um aporte inicial ao conhecimento deste importante corpo hídrico da região, uma vez que, a avaliação da qualidade da água, com base em distintos parâmetros permitirá a comparação com padrões de qualidade de água do Peru, Brasil, e o enquadramento em índices trófico e de guias da Organização Mundial da Saúde (OMS). Além da proposição de estratégias de manejo para manter a qualidade da água para distintas finalidades e bem-estar socioeconômico dos produtores de trutas.

OBJETIVO

Analisar o impacto do cultivo de trutas no estado trófico de um reservatório situado em Arequipa (Peru), com base em parâmetros bióticos e abióticos, índices de qualidades de água e do estado trófico, além de uma análise crítica dos padrões de qualidade de água do Peru correlacionando-os ao do Brasil. Além disso, propor medidas de gestão visando a o aumento da segurança sanitária e conseqüentemente, a redução dos potenciais riscos à saúde dos consumidores e produtores locais.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O Reservatório estudado pertence a uma bacia hidrográfica de 185 Km² (Quilca Chili), sobre o rio Negrillo, tributário do rio Colca (UH 1349 Alto Camaná), no departamento de Arequipa, na região sudoeste do território peruano, a uma altitude média de 4.601 m entre as coordenadas Sul 15°37'50" e 16°47'10" e longitude Oeste 70°49'15" e 72°26'35". Possui uma área de 13.457.01 km², correspondente a 100% do território da bacia Quilca Chili, que representa 21.24 % da área total da Região (63.418.34 km²). O reservatório é usado para abastecer o sistema Quilca-Chili, usado para potabilização de água, agricultura, mineração e outros usos industriais. Nas últimas décadas e como resultado de conflitos sociais causados derivados da construção do reservatório, o mesmo tem sido usado como criatório de trutas pelos moradores locais. A produção de truta varia entre 6.0 até 9.0 Tn/ano. Devido ao alto conteúdo de proteína na dieta do cultivo, tem-se uma entrada constante de nutrientes ao corpo d'água, aumentando o risco de eutrofização. Em 2014 as florações de cianobactérias ocorridas no reservatório apontaram para a deterioração da qualidade de água do sistema Quilca-Chili.

AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA

Realizaram-se amostragens para avaliar o impacto na qualidade de água dos cultivos de truta, por meio de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e hidrobiológicos em dois pontos de amostragens localizados à montante e à jusante do reservatório, sendo: 1) Ponto 1 (P1) – Área de Cultivo de Trutas, localizado na zona intermediária do reservatório, UTM 281115 Oeste e 8302734 Norte. A característica peculiar neste caso é a localização do criatório de trutas dentro do corpo do reservatório. 2) Ponto 2 (P2) ponto à jusante do reservatório, a uma altitude média de 4.596 m, nas coordenadas UTM 278206 Oeste e 8294568 Norte (Figura 1). As coletas se iniciaram em outubro de 2016 até janeiro de 2017, abrangendo assim o período de transição climático entre seca e chuva.

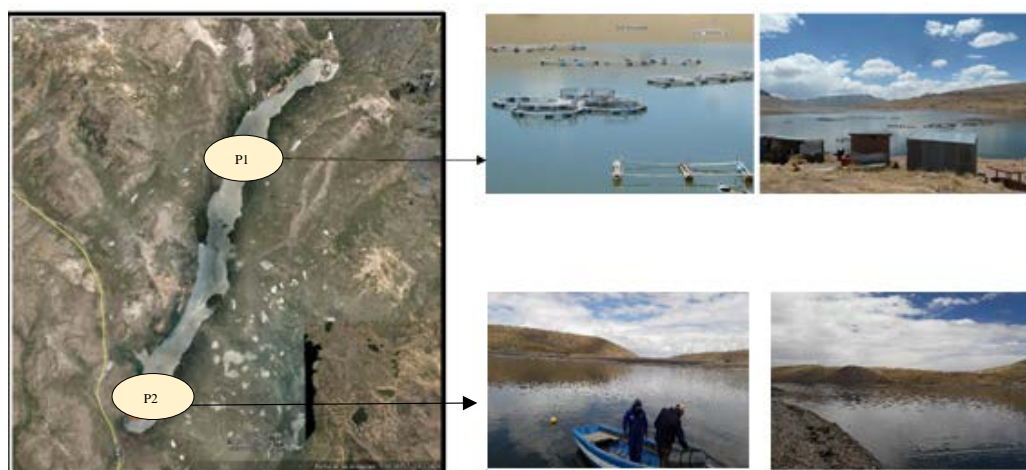


Figura 1: Localização das estações de amostragem no reservatório estudado.

Todos os parâmetros foram avaliados de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e “*Protocolo de Muestreo y Análisis para Fitoplancton*” desenvolvido pela Directiva *Marco del Agua* (2005). Antes de iniciar cada amostragem, a transparência da coluna d’água foi medida com auxílio de um disco de Secchi. O valor obtido foi multiplicado por 3 para determinar a profundidade da zona fótica (Z_{eu}), e com o auxílio de uma mangueira de silicone, foram obtidas amostras compostas ao longo da zona fótica. As determinações de temperatura, pH, turbidez e condutividade foram realizadas com auxílio de uma sonda YSI650. Os resultados obtidos foram analisados através da comparação dos resultados com os padrões de qualidade de água do Peru e Brasil, a aplicação do índice de qualidade de água (IQA) da NSF (1970) segundo os direcionamentos da Autoridade Nacional da Água (ANA) do Brasil, e dos Índices de Carlson (1977) e Lamparelli (2004) para avaliar o estado trófico nos pontos de amostragem.

Com relação a análise de microcistina, as amostras foram coletadas nos dois pontos e posteriormente concentradas em filtros de fibra de vidro com $45\mu\text{m}$. Após isso, as amostras foram processadas em ultrassom. Para extração da microcistina intracelular foi utilizado metanol 75%. Previamente a quantificação da toxina a amostra foi diluída em 1.000 vezes e a leitura feita por meio do kit ELISA QuantiPlate™ Kit for Microcystins - Envirologix®, com limite de detecção (LD) de $0,160\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, e limite de quantificação (LQ) validado em $2,5\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

RESULTADOS

A relação completa dos parâmetros analisados está listada na Tabela 1. A avaliação do Índice de Qualidade de água (IQA) permitiu classificar os dois pontos de amostragem como de boa qualidade (valores de IQA na faixa de 71-90). Em relação ao fósforo (Figura 2), a principal fonte de suprimento do nutriente parecem ser as descargas de matéria orgânica associadas ao cultivo de trutas (alimentos e fezes). As concentrações de fósforo total (P-Total) de todas as amostras estiveram abaixo dos valores estipulados na legislação peruana (ECA) ($0,15\ \text{mg P / L}$); no entanto, os resultados mostram que a concentração de fósforo é mais elevada em P1, local onde a criação de trutas se desenvolve, os valores foram mais elevados especialmente no fundo. No entanto, o P-Total aumentou nas amostragens de Dezembro-16 e Fevereiro-17, indicando, portanto, um nível trófico mais elevado durante este período. Finalmente, as concentrações relativamente elevadas de fosfato (fósforo dissolvido) sugerem a ocorrência de processos de hidrólise de fósforo orgânico. Esta forma de fósforo está prontamente disponível para metabolismo do fitoplâncton, e é um facilitador para o crescimento de algas e cianobactérias.

Tabela 1: Relação dos parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e hidrobiológicos contemplados durante a pesquisa.

Variáveis	Ponto de amostragem*		Unidades	Técnica de referência
	P1	P2		
Profundidade de Secchi	0.95±0.46	1.42±0.70	m	
Condutividade	62.5±4.4	51.5±2.4	µS	2510
pH	7.0±0.23	7.9±0.75	Und	4500-H+ B
Temperatura	10.7±1.2	10.4±0.8	° C	2550-A
Alcalinidade total**	17.1±2.40	18.5±1.75	mg.L ⁻¹	2320-B
Turbidez	29.3±17.57	57.6±18.02	UNT	5220-D
Nitrogênio Amoniacal Total (N-NAT) **	0.021±0.012	0.009±0.003	mg.L ⁻¹	4500-NH3+- F
Nitrogênio Total	0.40±0.32	0.33±0.26	mg.L ⁻¹	4500-N C
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	0.52±0.37	0.51±0.44	mg.L ⁻¹	4500- NO3- A, B
P-Total	0.10±0.14	0.11±0.16	mg.L ⁻¹	4500-P-D
Fosfato (P-PO ₄ ⁻³)	0.08±0.02	0.07±0.01	mg.L ⁻¹	4500-P-E
Oxigênio Dissolvido (OD)	5.0±0.85	6.7±0.65	mg.L ⁻¹	4500-O-G
Demanda Bioquímica de Oxigênio no dia 5 (DBO ₅) **	3.0±1.00	2.5±0.5	mg.L ⁻¹	5220-DBO
Coliformes totais e <i>E. coli</i> **	148.5±131.50	78.9±171.10	NMP100mL	9223B
Fitoplâncton	193.5	4069.275	Cel.mL ⁻¹	10200 C-1, F
Clorofila-a	12.60±9.94	12.15±9.16	µg.L ⁻¹	Nusch, 1980
Microcistina ***	8.3±1.3	5.8±2.8	µg.L ⁻¹	Kit ELISA

(*) Parâmetros avaliados na zona fótica,

Em relação ao nitrogênio, as concentrações nas formas de nitrogênio total, amoniacal, nitrito e nitrato (Figura 2b), os valores apresentaram uma tendência de aumento nos meses de Dezembro e Fevereiro, porém não excederam os limites máximos estabelecidos na ECA. Os valores de N-Total, NAT e N-NO₃ sugerem que a mineralização de azoto orgânico ocorre de forma relativamente rápida, e a nitrificação é possível devido aos elevados níveis de oxigênio dissolvido no reservatório.

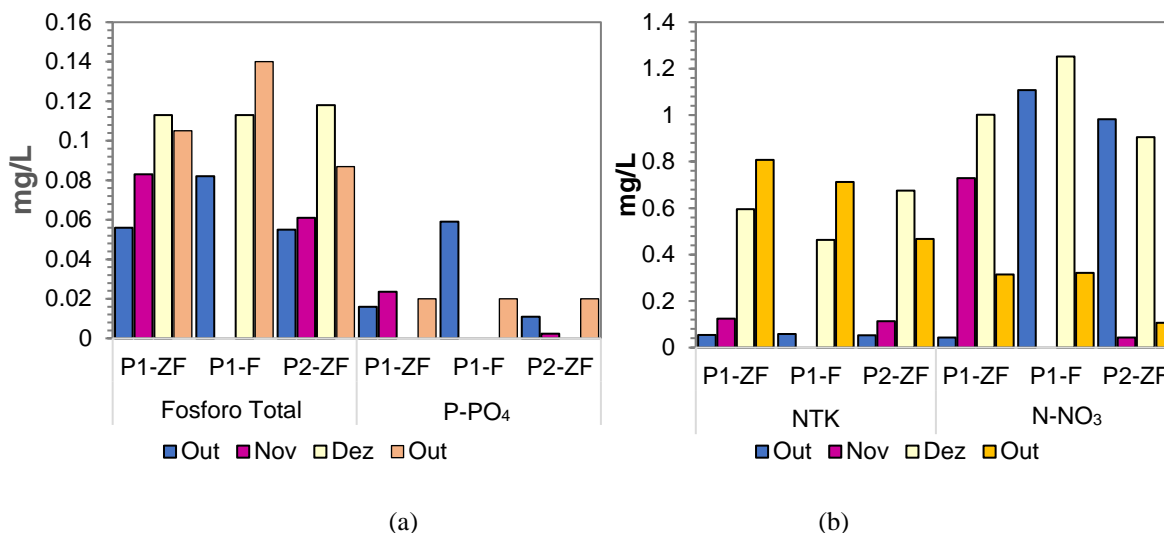


Figura 2: Formas e variações de (a) Fósforo e (b) Nitrogênio para os pontos 1 e 2.

A PCA (Figura 3) revelou que a clorofila-a e a turbidez foram as variáveis com a maior influência na variabilidade total dos dados, com uma menor influência do NTK, P-Total e temperatura. No eixo 1 (86.1%), a turbidez e a Clorofila-a estiveram inversamente relacionadas e apresentaram valores de -0.8 e 0.6, enquanto no eixo 2 (16.6%), estiveram relacionadas positivamente, com valores de 0.6 e 0.8, respectivamente. Observou-se uma correlação significativa de Spearman entre o Temperatura e NTK com a Clorofila-a (r_s 0.84 e 0.77, $p < 0.05$ para os dois), sendo que o aumento de ambos relacionou-se diretamente o aumento na Clorofila-a, resultado

esperado, uma vez que os nutrientes fósforo e nitrogênio são utilizados para metabolismo e crescimento da biomassa algal. Os perfis de Clorofila-a (Figura 4), obtidos com auxílio da sonda, demonstraram um rápido decaimento de acordo com a profundidade no ponto P2, o qual apresentou valores relativamente constantes durante todas as amostragens; enquanto que no ponto P1, embora os valores tenham sido relativamente constantes durante todos os meses de amostragem, observou-se pouca variação de acordo com a profundidade, isso devido ao fato da zona fótica ter abrangido grande parte da coluna d'água possibilitando a fotossíntese ao longo da mesma. Cabe mencionar que os níveis de clorofila-a detectados nos pontos P1 e P2, mais especialmente os detectados no P2, estiveram acima dos limites estabelecidos nas Guias OMS.

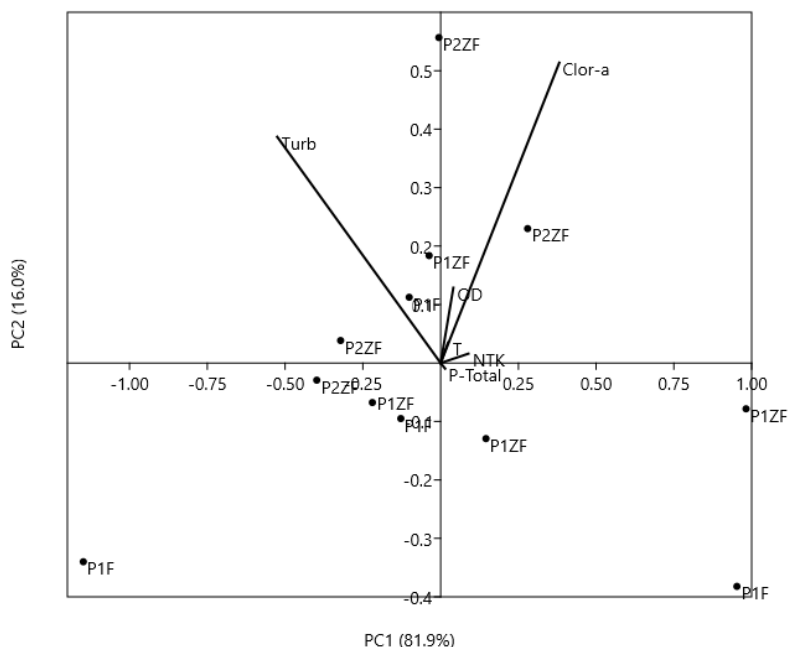


Figura 3: Análise de Componentes principais com as variáveis OD, Turbidez, P-Total, NTK, Temperatura, Condutividade e Clorofila nos pontos P2 e P3.

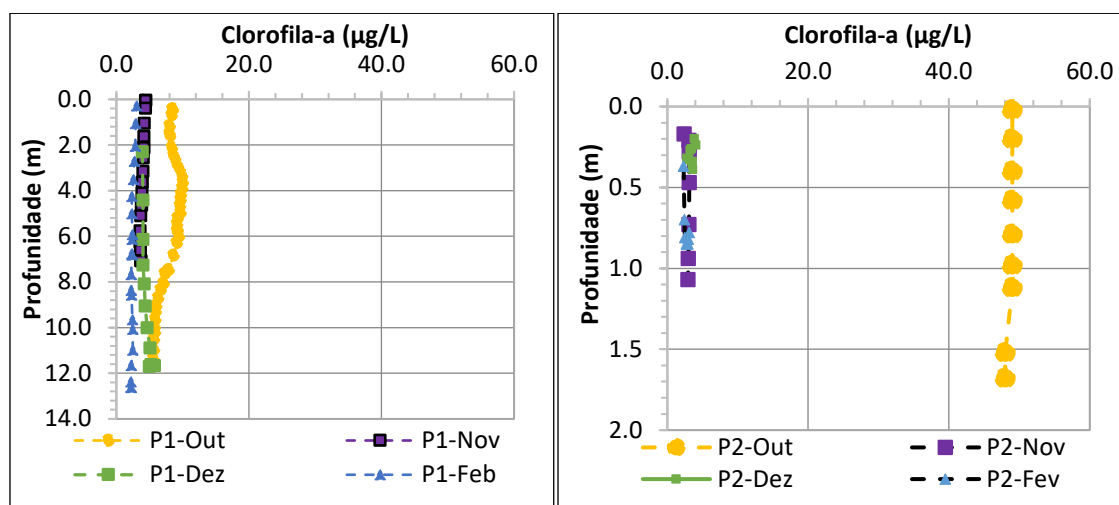


Figura 4: Perfis de Clorofila nos pontos (a) P1 e (b) P2

A densidade total de Fitoplâncton (células / mL), foi representada quase que exclusivamente pelo Domínio Cyanobacteria, *Microcystis aeruginosa* e *Dolichospermum* sp. (anteriormente denominada *Anabaena*) em P2, e estritamente por *Dolichospermum* sp. em P3, confirmando assim os resultados da análise qualitativa, Figura 5.

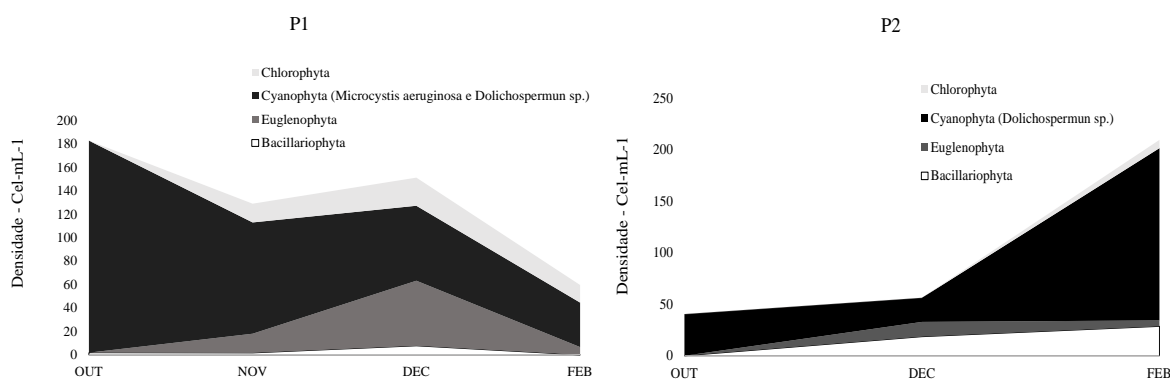


Figura 5: Densidade do Fitoplâncton durante o período de monitoramento nos pontos P1 e P2. *Mês de novembro P3, amostra perdida.

Em relação a Riqueza de espécies o Filo Bacillariophyta apresentou o maior número de *taxa* (9), seguido por Euglenophyta (3) e Chlorophyta (2). A ordem Cyanophyta também com duas espécies. No total foram detectados os seguintes *taxa*: Bacillariophyta (*Nitzschia*, *Navicula*, *Melosira*, *Gomphonema*, *Asterionella*, *Rhoicosphenia*, *Eolimna*, *Cocconeis* e *Encyonema*), Euglenophyta (*Euglena*, *Phacus* e *Trachelomonas*), Chlorophyta (*Ankira* e *Botryococcus*), Cyanophyta (*Dolichospermum*, *Microcystis*, *Etetramorus*). As espécies de cianobactérias detectadas representam um alto risco para a saúde humana e animal, pois produzem cianotoxinas neurotóxicas, hepatotóxicas e dermatotóxicas, além de colmatar filtros e alterar o odor e/ou sabor da água tratada.

A microcistina (de ação hepatotóxica) foi detectada no reservatório nos dois pontos de amostragem (P1 e P2). Para P1, a concentração encontrada foi de 7,98 µg.L⁻¹, valor quase 8 vezes maior que o recomendado pela Portaria MS 2914/2011 (1,0 µg.L⁻¹). Para P2 a quantidade encontrada foi de 3,29 µg.L⁻¹, valor 3 vezes maior que o recomendado pela portaria 2914/2011. Com relação a legislação Peruana, observou-se que o *Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM*, não versa sobre a quantificação das cianotoxinas para avaliação da qualidade das águas peruanas. É importante observar que para a OMS o limite máximo aceitável também é de 1µg/L de microcistinas em água para consumo humano.

ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO

Com base nas concentrações de fósforo e clorofila registradas, realizou-se o cálculo dos índices de Carlson e Lamparelli para a avaliação do nível trófico do reservatório a partir das concentrações de fósforo. Os resultados de IET (Lamparelli, 2004) e TSI (Carlson, 1977) apresentados na Tabela 2 sugerem que o reservatório no primeiro monitoramento e em todos os pontos apresentou um estado de Mesotrófico a Eutrófico na Zona Fótica do P1, enquanto que o fundo do P1 e o P2 apresentou uma condição de Eutrófico a Hipereutrófico. Cabe mencionar que os níveis de oxigênio dissolvido detectados no corpo d'água sugerem que o reservatório apresenta certa capacidade de autodepuração que pode contribuir com a mitigação dos efeitos de seu estado eutrófico.

Tabela 5: Índices de estado trófico para Fósforo Total (Out 2016-Jan 2017).

Parâmetro	IET Lamparelli (2004)			TSI Carlson (1977)		
	P2ZF	P2F	P3ZF	P2ZF	P2F	P3ZF
Fósforo	59-63	61-63	59-63	61-70	66-70	61-70
	Mesotrófico a eutrófico	Eutrófico a Hipereutrófico	Eutrófico a Hipereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Clorofila	58-61	58-61	63	41-48	41-47	51-52
	Mesotrófico a eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico

ANÁLISE DOS RESULTADOS

EUTROFIZAÇÃO E RISCOS ASSOCIADOS À SAÚDE

Observou-se um comportamento dos parâmetros físico-químicos dentro dos limites estabelecidos pela norma peruana de qualidade de água para potabilização (Decreto Supremo 015-2015 do Ministério Nacional do Ambiente do Peru), porém o Fósforo Total nos dois pontos e o Oxigênio Dissolvido no P1 apresentaram níveis acima e abaixo, respectivamente, dos limites permitidos, assim como o Fitoplâncton. De acordo com a normativa peruana, as Estações de tratamento de água (ETA) abastecidas pelo reservatório precisam de sistemas com ciclo convencional e tratamento avançado, especialmente para o controle dos riscos derivados do fitoplâncton, especialmente das cianobactérias. Na atualidade, a principal ETA que abastece a cidade de Arequipa apresenta um tratamento com ciclo convencional, mas com pouca resiliência ante o aumento das concentrações de cianobactérias, produto de eventos de eutrofização, o qual traz a atenção nas medidas de gestão para o controle e resposta. Os índices de Lamparelli (2004) e Carlson (1977) confirmam o elevado risco do reservatório relacionado a queda da qualidade de água devido aos altos níveis tróficos estabelecidos, uma consequência dos criatórios de truta, os quais são a única fonte de poluentes que afluem o reservatório. Em relação à presença de microcistina, observou-se uma concentração significativa dessa toxina no reservatório avaliado, o que coloca em estado de alerta o uso do mesmo para captação de água.

MEDIDAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DOS RISCOS À SAÚDE DERIVADOS DA EUTROFIZAÇÃO

Conforme já mencionado, o cultivo de trutas dentro do reservatório tem uma relação direta com o aporte de nutrientes que elevam os níveis tróficos do mesmo. É conhecido também que o aporte de P-Total produto dos criatórios permanece nos sedimentos, os quais funcionam como uma fonte de retroalimentação de fósforo para as camadas superiores. Nesse sentido, a diminuição das concentrações de Fósforo e, em geral, a diminuição do estado trófico do reservatório serão dificilmente possíveis, a menos que os cultivos de truta sejam extintos, essa redução poderá ocorrer ao longo dos anos.

Dada a importância do reservatório para o sistema Quilca-Chili, onde as fontes de abastecimento e a oferta de água são consideravelmente limitadas em comparação com a demanda de água, é recomendável que os atores encarregados do sistema adotem as medidas necessárias para continuar o uso do reservatório, ademais a cenário geral de qualidade de água (IQA) sugere que é possível adotar medidas de controle dos riscos à saúde derivados da eutrofização. Estas medidas incluem necessariamente a desativação dos criatórios de trutas, o uso de barreiras físicas para limitar a entrada de águas superficiais na estrutura de captação, ou possível modificação, e a avaliação de uso de possíveis agentes químicos sequestrantes do fósforo dissolvido na água.

Finalmente, a continuidade de programas de monitoramento, utilizando bioindicadores de qualidade de água permitirão a tomada de decisões em relação às medidas mitigadoras que podem ser implementadas, uma vez que foi confirmada a toxicidade das cepas de *Microcystis aeruginosa* e *Dolichospermum* sp. encontradas nesse reservatório. A princípio, para garantir a qualidade da água de abastecimento à população será necessária a dosagem de carvão ativado no tratamento ou inserido algum tratamento específico para remoção das cianotoxinas, até que os níveis dessa substância se normalizem na captação.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados confirmaram o elevado risco do reservatório e a deterioração da qualidade de água devido ao alto estado trófico estabelecido nos pontos de amostragem como consequência dos criatórios de truta, os quais são a única fonte de poluentes do mesmo. Embora os níveis de clorofila detectados classificassem o reservatório em Nível de Alerta I, os resultados de microcistina indicaram um relativo baixo risco para saúde, porém caso a deterioração da qualidade de água continue, as concentrações de microcistina podem aumentar juntamente com o aumento da biomassa de cianobactérias. Além disso, o escasso e espaçado monitoramento e controle de parâmetros hidrobiológicos e microcistina nos corpos hídricos da bacia tem dificultado o controle real do risco no sistema Chili.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento de forma mensal com a inclusão da análise de outras formas de cianotoxinas (saxitoxina e cilindrospermopsina), que são produzidas pelas espécies detectadas así como a

revisão da legislação vigente no país comparando com padrões internacionais mais conservadores e restritivos, que incluam de forma clara os parâmetros que comprometem a utilização da água para consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 22.ed. Washington: APHA: AWWA: WEF, 2012.
2. BRASIL. Portaria n 2914 de 12 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial, Poder Executivo, Brasília, DF, 2011.
3. CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr., 22 (1977), pp. 361–369, 1977.
4. CRHCQCH – Concejo de Recursos Hídricos Cuenca Quilca Chili. Formulación de los planes participativos de gestion de recursos hidricos en cuencas piloto. Arequipa (Peru), 2013.
5. PERU. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. El peruano 569076– Normas Legales, 2015.
6. LAMPARELLI, M. C. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.
7. OMS. CHORUS, E. I., & BARTRAM, J. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management, 1999.
8. SHAPIRO, J. Blue-green algae: why they become dominant. Science 179: 382-384, 1973.
9. SMITH, V. H., JOYE, S. B. AND HOWARTH, R. W. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. Limnology and Oceanography 51: 351-355, 2006.