

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária



Daniel Sant'Ana
(Organizador)

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária



Daniel Sant'Ana
(Organizador)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Daniel Sant'Ana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B299 Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-744-4

DOI 10.22533/at.ed.444211901

1. Engenharia. 2. Conhecimento. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A coleção *“Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária”* tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

Com o crescimento desordenado das cidades brasileiras, observamos, cada vez mais, os impactos de ocupações urbanas sobre o meio ambiente. Com isso, os primeiros capítulos deste livro debatem sobre a importância da legislação no controle do crescimento desordenado das cidades e na proteção ambiental de bacias hidrográficas, seja pela proteção e a recuperação de matas ciliares ou pela gestão sustentável de águas pluviais urbanas.

E na medida em que as cidades crescem, a demanda por água potável aumenta. Com isso, torna-se crucial promover o controle da demanda urbana de água por meio de medidas que estimulem o uso racional de água, seja por meio de uma revisão tarifária (Capítulo 5) ou pela otimização das redes de distribuição de água (Capítulos 6 e 7).

O uso de fontes alternativas de água, como o aproveitamento de águas pluviais em usos não potáveis, é capaz de promover reduções significativas no consumo de água potável em edificações (Capítulo 8). Porém, para garantir a saúde e o bem-estar de usuários, toda água deve passar por um processo de tratamento capaz de atingir os padrões de qualidade estabelecidos em legislação ou instrumentos normativos (Capítulos 9 e 10).

Evidentemente, para qualquer tomada de ação, é necessário um diagnóstico preliminar para avaliar as condições das águas. Os Capítulos 11 e 12 realizam diagnósticos da qualidade de águas subterrâneas, enquanto os capítulos subsequentes apresentam resultados de análises da qualidade de água do Rio Piabinha (Capítulo 13), Córrego Mirasol (Capítulo 14) e do Rio Chumbao, Peru (Capítulo 15).

A evolução da inovação tecnológica vem auxiliando tomadores de decisão na gestão de recursos hídricos (Capítulos 16 e 17) para garantir a segurança hídrica no abastecimento de água e na preservação ambiental. Os capítulos finais deste volume discorrem a importância de promover a conscientização da população e a educação ambiental para reduzir os impactos ambientais causados pelas ações do ser humano.

Este primeiro volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país, Argentina e Peru, trazendo de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à legislação, abastecimento de água, diagnóstico de qualidade das águas, inovação tecnológica e educação ambiental. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS JURÍDICOS QUE NORTEIAM O DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL, DAS OBRAS DE HABITAÇÃO, INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE, EM LAGES-SC

Mayara Rafaeli Lemos
Daniely Neckel Rosini
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino

DOI 10.22533/at.ed.4442119011

CAPÍTULO 2..... 20

CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS DA APLICAÇÃO DO DECRETO ESTADUAL Nº 42.356/2010 NA DELIMITAÇÃO DE FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO EM ÁREA URBANA CONSOLIDADA. ESTUDO DE CASO: RIO PIABANHA/RJ - TRECHO 4

Jorge Chaves Junior
Ana Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho
Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção

DOI 10.22533/at.ed.4442119012

CAPÍTULO 3..... 31

AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA: POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA, NO ESTADO DE GOIÁS

Raquel Santarém de Souza Costa
Aldo Muro Junior
Flávio Roldão de Carvalho Lélis

DOI 10.22533/at.ed.4442119013

CAPÍTULO 4..... 47

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DO ORDENAMENTO JURÍDICO ACERCA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BRASIL COM FOCO NAS REGIÕES SUDESTE E SUL

Jordana dos Anjos Xavier
Emili Louise Diconcili Schutz
Nicole Martins Pessoa
Daniely Neckel Rosini
Débora Cristina Correia Cardoso
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino
Natália Martins Vieira

DOI 10.22533/at.ed.4442119014

CAPÍTULO 5..... 61

INDICADOR ECONÔMICO FINANCEIRO PARA AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE REVISÃO TARIFÁRIA EM CONCESSÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NOS MUNICÍPIOS CATARINENSES

Daniel Antonio Narzetti

Willian Carlos Narzetti
Ricardo Motta Martins
Ciro Loureiro Rocha
Diego Pavam Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.4442119015

CAPÍTULO 6..... 73

**INFLUÊNCIA DAS EQUAÇÕES EXPLÍCITAS DE FATOR DE ATRITO NO
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

Renata Shirley de Andrade Araújo
Alessandro de Araújo Bezerra
Bruno Duarte Moura
Mauro César de Brito Sousa

DOI 10.22533/at.ed.4442119016

CAPÍTULO 7..... 88

QUANTIFICANDO PERDAS HÍDRICAS EM CIDADES PARAIBANAS

Ayuri Medeiros da Silva
Carolina Coeli Rodrigues Batista de Araújo
Flaubert Ruan Nobelino de Araujo
Mikaele de Oliveira Candeia
Francisca Rozângela Lopes de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.4442119017

CAPÍTULO 8..... 98

**PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA APROVEITAMENTO NO
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS ALTO PARAOPEBA – UFSJ**

Deysiane Antunes Barroso Damasceno
Isabela Carvalho Pinheiro
Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.4442119018

CAPÍTULO 9..... 109

**SEGUIMIENTO FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA EN LA LOCALIDAD
DE AGUARAY – SALTA**

Claudia Silvana Soledad Cequeira
Cecilia Hebe Noemi Orphèe
Maria Ines Mercado
Rosa Magdalena Cruz

DOI 10.22533/at.ed.4442119019

CAPÍTULO 10..... 117

**OTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE FLOCULAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS NO
TRATAMENTO DE ÁGUA**

David Choque-Quispe
Yudith Choque Quispe
Betsy Suri Ramos Pacheco
Aydeé Marilú Solano Reynoso

Lourdes Magaly Zamalloa Puma
Carlos Alberto Ligarda Samanez
Fredy Taipe Pardo
Miriam Calla Flórez
Miluska Marina Zamalloa Puma
Jhuniór Felix Alonzo Lanado
Yadyra Quispe Quispe

DOI 10.22533/at.ed.44421190110

CAPÍTULO 11..... 126

APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CIDADE DE ABATETUBA – PARÁ

Gabriel Pereira Colares da Silva
Éverton Costa Dias
Giovanni Chaves Penner
Adria Lorena de Moraes Cordeiro
Cleyanne Kelly Barbosa Souto

DOI 10.22533/at.ed.44421190111

CAPÍTULO 12..... 137

MODELAGEM DO FLUXO DE CONTAMINANTES NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CEMITÉRIO AREIAS, TERESINA, BRASIL

Mauro César de Brito Sousa
Bruna de Freitas Iwata

DOI 10.22533/at.ed.44421190112

CAPÍTULO 13..... 148

ANÁLISE DO SANEAMENTO E DA QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIABANHA

Luis Carlos Soares da Silva Junior
José Paulo Soares de Azevedo
Ana Silvia Pereira Santos
Verônica Silveira de Andrade
Marília Carvalho de Melo

DOI 10.22533/at.ed.44421190113

CAPÍTULO 14..... 160

PHYSICO-CHEMICAL DIAGNOSIS OF WATER QUALITY IN THE MIRASSOL STREAM, CITY OF SÃO PAULO, BRAZIL

André Contri Dionizio
Marta Ângela Marcondes
Raul Neiva Bertulucci

DOI 10.22533/at.ed.44421190114

CAPÍTULO 15..... 172

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS Y CONTAMINANTES EMERGENTES, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL RIO CHUMBAO, PERÚ

Carlos Alberto Ligarda Samanez

David Choque Quispe
Betsy Suri Ramos Pacheco

DOI 10.22533/at.ed.44421190115

CAPÍTULO 16..... 185

SISTEMA EM PLATAFORMA WEB PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Nolan Ribeiro Bezerra
Isabela Moura Chagas
Geraldo Alves Pereira Júnior

DOI 10.22533/at.ed.44421190116

CAPÍTULO 17..... 198

SISTEMA WEB PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL POR DIFERENTES MÉTODOS

Lucas Moraes dos Santos
Taison Anderson Bortolin
Adriano Gomes da Silva
Vania Elisabete Schneider

DOI 10.22533/at.ed.44421190117

CAPÍTULO 18..... 217

UM CENÁRIO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO SANTARÉM - PA: ESTUDO DE CASO - RESIDENCIAL SALVAÇÃO

Jarlison Sarmento Lopes
Andressa Rodrigues de Sousa
Antônia Liliâne Ferreira de Oliveira
Claudiane da Silva Rosa
Ewellyn Cristina Santos de Sousa
Kairo Silva de Oliveira
Elton Raniere da Silva Moura
Maria Francisca de Miranda Adad

DOI 10.22533/at.ed.44421190118

CAPÍTULO 19..... 233

EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DURANTE A PANDEMIA DO CORONAVÍRUS EM ESCOLAS RURAIS DE LAGES-SC

Daniely Neckel Rosini
Débora Cristina Correia Cardoso
Jordana dos Anjos Xavier
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino

DOI 10.22533/at.ed.44421190119

SOBRE O ORGANIZADOR..... 245

ÍNDICE REMISSIVO..... 246

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS Y CONTAMINANTES EMERGENTES, PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL RIO CHUMBAO, PERÚ

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 04/11/2020

Carlos Alberto Ligarda Samanez

Universidad Nacional José María Arguedas
Andahuaylas-Perú
<https://orcid.org/0000-0001-7519-8355>

David Choque Quispe

Universidad Nacional José María Arguedas
Andahuaylas-Perú
<https://orcid.org/0000-0003-4002-7526>

Betsy Suri Ramos Pacheco

Universidad Nacional José María Arguedas
Andahuaylas-Perú
<https://orcid.org/0000-0002-0286-0632>

RESUMEN: La Provincia de Andahuaylas se ubica en la Región Peruana de Apurímac, el conglomerado urbano más importante está conformado por los distritos de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera, éste área poblada y el río Chumbao comparten el mismo espacio en la cuenca. El objetivo fue determinar la influencia de las actividades antrópicas sobre la concentración de pesticidas, características fisicoquímicas y microbiológicas del río Chumbao, en la provincia de Andahuaylas, Perú. Se estudiaron las actividades antrópicas, 19 pesticidas organoclorados, 25 pesticidas organofosforados, 18 propiedades fisicoquímicas y 2 microbiológicas, en siete puntos de muestreo del río Chumbao durante las épocas de lluvia y estiaje. Se identificó el uso de varios productos veterinarios y agrícolas en las

actividades agropecuarias estudiadas, no se han detectado valores significativos de concentración de pesticidas. Algunas de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas están por encima de los estándares de calidad ambiental según la normativa actual, los cuales se incrementan en los puntos donde existe descarga de aguas residuales. Se determinó un deterioro progresivo de la calidad del agua del río Chumbao, lo cual es originado por las actividades antrópicas que se realizan en la cuenca; es posible que ésta sea la causa de la prevalencia de enfermedades infecciosas y parasitarias en la población del área de estudio.

PALABRAS CLAVE: Medio ambiente, salud pública, contaminación del agua.

ANTHROPIC ACTIVITIES AND EMERGING POLLUTANTS, PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES IN THE CHUMBAO RIVER, PERU

ABSTRACT: The province of Andahuaylas is located in Apurímac which is a Peruvian region in the Andes. Andahuaylas has three important districts: San Jerónimo, Andahuaylas and Talavera. These areas are very populated and their buildings are near the Chumbao river. The study aimed to determine the influence of anthropic activities in the concentration of pesticides, physicochemical and microbiological characteristics in the Chumbao river. The Anthropic activities studied were 19 organochlorine pesticides and 25 organophosphate pesticides. Also, it was studied 18 physicochemical and 2 microbiological properties at seven sampling

points along the Chumbao river during the rainy and dry season. Veterinary and agricultural products were identified in the agricultural activities. However, it has not found significant values of pesticide concentration. About the physicochemical and microbiological properties some of them are above the environmental quality standards according to current regulations, which are increased at points where there is wastewater discharge. There is a progressive deterioration of the water quality in the Chumbao river, which is caused by the anthropic activities that are carried out in the basin. It is possible that this is the cause of infectious and parasitic diseases in the population.

KEYWORDS: Environment, Public Health, Water Contamination.

1 | INTRODUCCIÓN

Según la Universidad de Yale, Perú ocupó el puesto 64 en desempeño ambiental en 2019. Los municipios no realizan tratamiento de aguas residuales que provienen de actividades agrícolas, domésticas e industriales. El país tiene un índice de desempeño ambiental bajo de 61.92 en conservación de recursos hídricos y saneamiento básico (Yale University, 2019).

La provincia de Andahuaylas está ubicada en Apurímac, que es una región peruana. Su población ronda los 142,477 habitantes y el núcleo urbano más importante está conformado por tres distritos: Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera. Estos tienen una población de 68,840 habitantes lo que corresponde al 48% de la población provincial que tiene una tasa de crecimiento anual del 1,94%. Esta zona poblada y el río Chumbao comparten el mismo espacio en la cuenca. Sin embargo, la ciudad no ha podido establecer una dinámica positiva de convivencia con el río porque ha cortado sus fluidos naturales, está sellando sus afloramientos y talando sus bosques. La ciudad trata el río como un vertedero y lo está convirtiendo en un depósito de diversos desechos y residuos (INEI, 2020). La contaminación química provocada por acciones antrópicas genera efectos nocivos para la salud. Algunos plaguicidas como carbamatos, organoclorados y organofosforados, además de trazas de metales pesados e hidrocarburos, se han encontrado en cuerpos de agua para abastecimiento de redes de agua potable. Este problema ha tenido un impacto en los asentamientos humanos, actividades agrícolas y turísticas que utilizan las fuentes de agua. Estos componentes se encontraron en concentraciones superiores a las permitidas por la normativa vigente. La existencia de productos químicos se da principalmente en poblaciones con sistemas de abastecimiento de agua compleja, altamente influenciados por las actividades humanas que realizan. El análisis de peligros y riesgos es fundamental, controlando la salud de estas poblaciones (Barragán, Rivillas, Villegas y Medina, 2020). Los ríos están bastante contaminados por la evacuación directa de aguas residuales domésticas e industriales, que no son tratadas. Las actividades antrópicas influyen en las características fisicoquímicas y microbiológicas que están provocando un efecto adverso sobre la salud humana. Esto se observa en niños > 5 años que padecen enfermedades

infecciosas y parasitarias en su sistema digestivo (Díaz y Granada, 2018). Debido a los problemas ambientales que enfrenta el río, la ciudad debe priorizar proyectos de salud pública, lo que necesita del útil instrumento de diagnóstico que este estudio realizó y cuyo objetivo fue determinar la influencia de las actividades antrópicas en la concentración de contaminantes emergentes, características fisicoquímicas y microbiológicas en el río Chumbao, en la provincia de Andahuaylas, Perú.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Diseño de muestreo

Se seleccionaron siete puntos de muestreo tanto para la época de lluvia (abril del 2019) y estiaje (octubre del 2019), el punto 1 (P1) se situó a 400 m arriba de la hidroeléctrica del Chumbao, donde no existen muchas actividades antrópicas, el punto 2 (P2) ubicado a 100 m debajo del puente del Colegio Solaris a 5.76 km del punto anterior, el punto 3 (P3) a la altura del Coliseo Cerrado de Andahuaylas a 3.03 km del P3, el punto 4 (P4) a la altura del Cuartel de Ingeniería del Ejército del Perú en el Barrio de Curibamba a 2.77 km del punto anterior, el punto 5 (P5) a 300 m abajo del puente de Talavera a la altura del colegio Gregorio Martinelly a 5.58 km del punto anterior, el punto 6 (P6) a 200 m arriba del puente Orconmayo a 4.06 km del P5 y finalmente el punto 7 (P7) en Posoccoy a 6.51 km del penúltimo punto.

Para la elección de las estaciones de muestreo se observó que las actividades agropecuarias, comerciales, domésticas e industriales se incrementaban conforme se descendía por la cuenca del río Chumbao, en un tramo de 27.70 km (Figura 1 y Tabla 1).

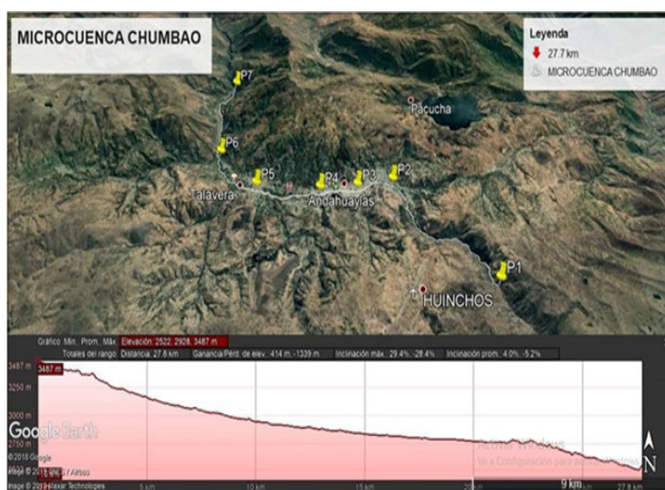


Figure 1: Sampling points in the Chumbao river basin.

Source: Document obtained during the study.

Code	Name	Altitude	Latitude	Longitude
P1	Above the hydroelectric plant of the Chumbao river	3198	13°42'33.5"	73°18'46.1"
P2	In front of the Solaris College	2992	13°39'23.5"	73°21'31.0"
P3	In front of the Chanka Nation Coliseum	2922	13°39'33.1"	73°22'38.4"
P4	In front of the Army Engineering Barracks	2875	13°39'37.0"	73°23'49.4"
P5	In front of the Gregorio Martinelly School	2817	13°39'27.0"	73°25'51.6"
P6	Above the Orconmayo bridge	2767	13°38'18.9"	73°27'09.3"
P7	Km 6.51 on the way to Posoccoy	2529	13°35'26.2"	73°27'01.1"

Table 1: Geographical location of the sampling points in the Chumbao river. Andahuaylas, Peru

2.2 Análisis de actividades antrópicas

Mediante recorridos de campo y protocolos de observación, se identificaron aquellas actividades antrópicas del tipo doméstico, comercial e industrial, que influyen en la contaminación del agua del río Chumbao; para ello se describió cada actividad; relacionándose los afluentes naturales y usuarios generadores de aguas residuales que alimentan y descargan al cauce principal, los cuales inciden en la presencia de pesticidas, características fisicoquímicas y microbiológicas. También se recogió información secundaria en las bases de datos de entidades estatales como el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Se realizaron encuestas a las personas que desarrollan actividades agropecuarias en el área de estudio, con la finalidad de conocer el uso de productos químicos. Para determinar el número de encuestas, se hizo un muestreo aleatorio estratificado (MAE) a partir de una población finita, que fue recabada de la Dirección de Información Agraria (DIA), perteneciente a la Dirección Sub Regional Agraria Andahuaylas (DSRAA), para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N / (E^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q) \quad (1)$$

Donde:

Z: 1.96

p: 96%

q: 4%

E: 5%

N: Población

n: Tamaño de muestra

Para determinar los valores de p y q se hizo una pre encuesta a 50 personas (p a favor y q en contra).

2.3 Análisis de contaminantes emergentes, propiedades fisicoquímicas y microbiológicas

La toma de muestras se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado con Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2016), las que fueron recolectadas en dos temporadas (lluvia y estiaje), las fechas de muestreo fueron el 12 de abril y 10 de octubre del año 2019 respectivamente, en total fueron 7 puntos de muestreo distribuidos espacialmente en el tramo de estudio. Se realizó con el equipo de trabajo, conformado por Ingenieros (Ambiental, Agroindustrial y Alimentario). Para todos los puntos de muestreo se incluyó en el equipo un conductor y un vehículo, esto debido a las distancias que existen entre las estaciones. Las muestras se conservaron y transportaron refrigeradas en cajas de tecnopor con ice packs a 4 °C y entregadas en el distrito de Talavera al Laboratorio de Investigación de Análisis y Control de Agua (LICAA) de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA), en la cual se desarrolló la caracterización fisicoquímica, por otro lado se enviaron las muestras para el análisis de pesticidas al laboratorio de Certificaciones del Perú (CERPER), ubicado en la ciudad de Lima. Los métodos de análisis se resumen en la Tabla 2.

Variable	Unit of measurement	Determination method	Laboratory name
Organochlorine pesticides	$\mu\text{g/L}$	EPA method 8081 B.2007	CERPER
Organophosphate pesticides	$\mu\text{g/L}$	EPA method 8270 D.2014	CERPER
Nickel	mg Ni/L	PAN method	LICAA
Bromine	mg Br/L	DPD method	LICAA
Iron	mg Fe/L	TPTZ method	LICAA
Chrome	$\mu\text{g Cr /L}$	Diphenylcarbohydrazide method	LICAA
Dissolved oxygen (DO)	mg O_2 /L	User manual	LICAA
pH		User manual	LICAA
Biochemical oxygen demand (BOD)	mg O_2 /L	APHA method 4500-O C, 5210 B	LICAA
Nitrates	mg NO_3^- /L	APHA method 4500- NO_3^- E	LICAA
Phosphates	mg PO_4^{2-} /L	APHA method 4500-P E	LICAA
Temperature	°C	User manual	LICAA
Turbidity	FTU	User manual	LICAA
Color	Pt-Co	User manual	LICAA
Dissolved Solids Totals	mg/L	APHA method 2540 E	LICAA
Conductivity	$\mu\text{S/cm}$	User manual	LICAA
Alkalinity	mg CaCO_3 /L	APHA method 2320-A, 2320-B	LICAA
Hardness	mg CaCO_3 /L	APHA method 2340-C	LICAA

Fecal Coliforms	CFU/mL	APHA method 9211 B	LICAA
Total Coliforms	CFU	APHA method 9222 A, 9222 B	LICAA

Table 2: Analysis methods to determine the concentration of pesticides, physicochemical and microbiological characteristics

2.4 Análisis estadístico

Para el análisis de la información obtenida en las encuestas se hizo uso de estadística descriptiva, los resultados se compararon con los valores críticos normados por la legislación actual.

Para determinar la influencia que ejercen las actividades antrópicas sobre la calidad del recurso hídrico del río Chumbao, se empleó una prueba de análisis de componentes principales (PCA), la cual agrupó las variables con alto grado de asociación y estableció el gradiente ambiental de las estaciones de muestreo, gradiente con el cual se determinó el impacto que tiene cada actividad sobre la calidad del recurso hídrico.

Los datos se procesaron utilizando los paquetes estadísticos SPSS 25, Statgraphics Centurión XVIII, Statistica V8 y la hoja de cálculo Microsoft Excel 2013.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados de concentración de pesticidas, características fisicoquímicas y microbiológicas en el río Chumbao se muestran en la Tabla 3 y 4.

Variable	P1L	P2L	P3L	P4L	P5L	P6L	P7L
a-BHC $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032
a-Clordano $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
Aldrin $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027
B-BHC $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047
D-BHC $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
Dieldrin $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026
Endosulfan I $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022
Endosulfan II $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
Endosulfan sulfato $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042
Endrin $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
Endrin Aldehído $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115
g-BHC $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027
g-Clordano $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030
Heptacloro $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034

Heptacloro Hepoxido $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016
Metoxicloro $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138
P, P'-DDD $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030
P, P'-DDE $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024
P, P'DDT. $\mu\text{g/L}^*$	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Carbophenothion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094
Chlorobenzilate $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089
Coumaphos $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,114
Diallate $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089
Dimethoate $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,079	< 0,079	< 0,079	< 0,079	< 0,079	< 0,079	< 0,079
Dinoseb $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,131	< 0,131	< 0,131	< 0,131	< 0,131	< 0,131	< 0,131
Disulfoton $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,082	< 0,082	< 0,082	< 0,082	< 0,082	< 0,082	< 0,082
EPN $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,123	< 0,123	< 0,123	< 0,123	< 0,123	< 0,123	< 0,123
Ethion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,175	< 0,175	< 0,175	< 0,175	< 0,175	< 0,175	< 0,175
Famphur $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,087	< 0,087	< 0,087	< 0,087	< 0,087	< 0,087	< 0,087
Fensulfthion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090
Fenthion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,078	< 0,078	< 0,078	< 0,078	< 0,078	< 0,078	< 0,078
Imidan $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,168	< 0,168	< 0,168	< 0,168	< 0,168	< 0,168	< 0,168
Kepone $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,099	< 0,099	< 0,099	< 0,099	< 0,099	< 0,099	< 0,099
Leptophos $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070
Malathion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,073	< 0,073	< 0,073	< 0,073	< 0,073	< 0,073	< 0,073
Methyl parathion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094
Parathion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,085	< 0,085	< 0,085	< 0,085	< 0,085	< 0,085	< 0,085
Phorate $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075
Phosalone $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,115	< 0,115	< 0,115	< 0,115	< 0,115	< 0,115	< 0,115
Silvex $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,159	< 0,159	< 0,159	< 0,159	< 0,159	< 0,159	< 0,159
Sulfotep $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,068	< 0,068	< 0,068	< 0,068	< 0,068	< 0,068	< 0,068
Terbufos $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075
Tetrachlorvinphos $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,120	< 0,120	< 0,120	< 0,120	< 0,120	< 0,120	< 0,120
Thionazin $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,069	< 0,069	< 0,069	< 0,069	< 0,069	< 0,069	< 0,069
Níckel mg Ni/L	< 0.052	< 0.052	< 0.052	< 0.052	< 0.052	< 0.052	< 0.052
Bromine mg Br/L	0.15	0.08	0.05	0.07	0.05	0.10 ^B	0.07
Iron mg Fe/L	0.56	0.53	0.31	0.49	0.50	0.36 ^C	0.61
Chrome ug Cr /L	< 0.011	< 0.011	< 0.011	< 0.011	< 0.011	< 0.011	< 0.011
Dissolved oxygen mg O_2/L	4.79	4.87	4.82	4.90	4.57	6.40	4.86
pH	8.46	9.33	7.98	8.44	7.51	7.60	8.61
BDO mg O_2/L	2.71	2.11	9.88	28.37	58.45	91.13	115.34
Nitrates mg NO_3^-/L	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
Phosphates mg $\text{PO}_4^{2-}/\text{L}$	0.05	0.17	1.31	1.64	1.52	1.87	1.02

Temperature °C	10.86	19.22	22.28	21.24	22.95	20.58	19.13
Turbidity FTU	0.20	17.57	28.77	15.40	62.40	37.97	24.33
Color Pt-Co	36.00	16.33	56.00	40.00	57.33	94.67	48.00
Dissolved Solids Totals mg/L	22.00	25.67	43.33	56.33	76.67	139.33	168.00
Conductivity uS/cm	44.67	51.33	86.33	108.33	154.33	277.67	337.00
Alkalinity mgCaCO ₃ /L	3.13	20.27	26.70	33.47	36.00	43.73	58.23
Hardness mgCaCO ₃ /L	6.97	44.07	80.80	101.37	109.10	100.67	200.80
Fecal Coliforms CFU/mL	25	150	2000	2000	2500	9500	3000
Total Coliforms CFU	0	0	1000	500	0	5000	0

Where: P: sampling points, E: dry season, *: organochlorine pesticides and **: organophosphate pesticides.

Table 3. Pesticide concentration, physicochemical and microbiological characteristics in the rainy season

Variable	P1E	P2E	P3E	P4E	P5E	P6E	P7E
a-BHC µg/L*	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032	< 0,0032
a-Clordano µg/L*	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
Aldrin µg/L*	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027
B-BHC µg/L*	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047	< 0,0047
D-BHC µg/L*	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
Dieldrin µg/L*	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026	< 0,0026
Endosulfan I µg/L*	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022	< 0,0022
Endosulfan II µg/L*	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
Endosulfan sulfato µg/L*	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042	< 0,0042
Endrin µg/L*	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
Endrin Aldehído µg/L*	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115	< 0,0115
g-BHC µg/L*	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027	< 0,0027
g-Clordano µg/L*	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030
Heptacloro µg/L*	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034	< 0,0034
Heptacloro Hepoxido µg/L*	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016	< 0,0016
Metoxicloro µg/L*	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138	< 0,0138
P, P'-DDD µg/L*	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030
P, P'-DDE µg/L*	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024	< 0,0024
P, P'DDT. µg/L*	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Carbophenothion µg/L**	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094
Chlorobenzilate µg/L**	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089
Coumaphos µg/L**	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,114	< 0,114

Diallate $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089	< 0,089
Dimethoate $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,079	< 0,079	< 0,079	< 0,079	< 0,079	< 0,079	< 0,079
Dinoseb $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,131	< 0,131	< 0,131	< 0,131	< 0,131	< 0,131	< 0,131
Disulfoton $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,082	< 0,082	< 0,082	< 0,082	< 0,082	< 0,082	< 0,082
EPN $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,123	< 0,123	< 0,123	< 0,123	< 0,123	< 0,123	< 0,123
Ethion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,175	< 0,175	< 0,175	< 0,175	< 0,175	< 0,175	< 0,175
Famphur $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,087	< 0,087	< 0,087	< 0,087	< 0,087	< 0,087	< 0,087
Fensulfthion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090
Fenthion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,078	< 0,078	< 0,078	< 0,078	< 0,078	< 0,078	< 0,078
Imidan $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,168	< 0,168	< 0,168	< 0,168	< 0,168	< 0,168	< 0,168
Kepone $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,099	< 0,099	< 0,099	< 0,099	< 0,099	< 0,099	< 0,099
Leptophos $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070
Malathion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,073	< 0,073	< 0,073	< 0,073	< 0,073	< 0,073	< 0,073
Methyl parathion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094	< 0,094
Parathion $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,085	< 0,085	< 0,085	< 0,085	< 0,085	< 0,085	< 0,085
Phorate $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075
Phosalone $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,115	< 0,115	< 0,115	< 0,115	< 0,115	< 0,115	< 0,115
Silvex $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,159	< 0,159	< 0,159	< 0,159	< 0,159	< 0,159	< 0,159
Sulfotep $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,068	< 0,068	< 0,068	< 0,068	< 0,068	< 0,068	< 0,068
Terbufos $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075	< 0,075
Tetrachlorvinphos $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,120	< 0,120	< 0,120	< 0,120	< 0,120	< 0,120	< 0,120
Thionazin $\mu\text{g/L}^{**}$	< 0,069	< 0,069	< 0,069	< 0,069	< 0,069	< 0,069	< 0,069
Níckel mg Ni/L	< 0.052	< 0.052	< 0.052	< 0.052	< 0.052	< 0.052	< 0.052
Bromine mg Br/L	0.20	0.10	0.09	0.11	0.09	0.13	0.10
Iron mg Fe/L	0.60	0.59	0.37	0.53	0.58	0.39	0.69
Chrome ug Cr /L	< 0.011	< 0.011	< 0.011	< 0.011	< 0.011	< 0.011	< 0.011
Dissolved oxygen mg O_2/L	7.75	8.54	5.18	8.03	2.21	5.11	7.91
pH	7.65	7.76	8.10	8.10	7.87	8.02	8.53
BOD mg O_2/L	0.00	39.67	185.67	51.00	145.33	47.33	6.67
Nitrates mg mgNO_3/L	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00
Phosphates mg $\text{PO}_4^{2-}/\text{L}$	0.05	1.49	0.91	1.69	1.70	2.07	0.62
Temperature °C	10.17	11.41	12.92	14.08	15.57	15.75	16.60
Turbidity FTU	4.27	11.43	23.70	29.43	66.07	99.90	143.53
Color Pt-Co	39.33	23.00	135.33	50.67	171.00	40.00	16.33
Dissolved Solids Totals mg/L	52.67	107.00	217.00	234.00	402.00	434.00	453.00
Conductivity uS/cm	105.33	214.00	434.33	468.00	803.67	868.67	905.67
Alkalinity mg CaCO_3/L	9.40	19.47	24.47	28.07	35.53	48.27	49.33
Hardness mg CaCO_3/L	20.33	42.30	74.17	85.73	107.63	112.60	170.13

Fecal Coliforms CFU/ mL	14	325	25500	1100	54000	25500	400
Total Coliforms CFU	0.5	0l	7000	250	20000	11500	70

Where: P: sampling points, E: dry season, *: organochlorine pesticides and **: organophosphate pesticides.

Table 4. Pesticide concentration, physicochemical and microbiological characteristics in the dry season

3.1 Influencia de las actividades antrópicas en la calidad del agua del río Chumbao

Se realizó una correlación múltiple de las variables, observándose un comportamiento positivo entre ellas. Por lo que se procedió a realizar el análisis de componentes principales (PCA), en el que se retuvieron los 2 primeros componentes según el criterio de Kaiser (autovalores mayores a 1), con estos se logró explicar el 96.55 % de la variabilidad de los datos originales.

El análisis de componentes principales muestra con claridad el proceso de degradación del recurso hídrico del río Chumbao, por efecto de los vertimientos de las aguas residuales de las actividades agropecuarias, comerciales, domésticas e industriales. En la parte izquierda de la Figura 2, en color verde, se localizan las estaciones que se encuentran en la parte alta del valle del río Chumbao, antes del casco urbano del distrito de San Jerónimo, estaciones en las cuales no se presenta contaminación importante; la primera estación P1 en época de lluvia y estiaje está por debajo del valor de restricción del color verdadero (36.00 y 39.33 Unid Pt-Co respectivamente), en el mismo punto de muestreo la turbiedad está por debajo del límite máximo permisible para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (Ministerio del Ambiente, 2017). Tanto en la época de estiaje como en lluvias no se observan niveles de contaminación altos para las características estudiadas, debido a que en los alrededores de la hidroeléctrica del río Chumbao no se observan aún actividades antrópicas contaminantes, salvo aquellas actividades de tipo agrícola como son el cultivo de papa, maíz, quinua, etc. Además de actividades pecuarias como la crianza de ganado vacuno, cuyes y otros.

En la estación P2 distanciada a 5.56 km del primer punto de muestreo (color amarillo en la Figura 2), el río ingresa a la zona más poblada del distrito de San Jerónimo, tanto para la época de lluvia y estiaje, ésta ocupa una posición intermedia en contaminación por actividades agropecuarias y aguas residuales domésticas. Esta estación tiene un grado importante de contaminación (elevados niveles de DBO y color verdadero) y comparte algunas características con el punto de muestreo P7E afectado por el vertimiento de aguas residuales domésticas.

El punto de muestreo P4E de color negro, presenta los mayores niveles de

contaminación, este punto está ubicado a la altura del Cuartel de Ingeniería en Curibamba, Andahuaylas. En el cual se observan las actividades domésticas, comerciales e industriales mayores. Notándose en la parte superior a dicha estación, comercios diversos y el camal Municipal de Andahuaylas, además de ser una zona densamente poblada.

En la Figura 2 en color rojo, se encuentran las estaciones con mayor degradación del recurso hídrico, pero inferiores al P4E; estos puntos de muestreo presentan bajas concentraciones de OD y valores altos de las demás variables fisicoquímicas asociadas al componente 1. Ocasionado por la alteración del río con aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, que originan el incremento del pH, alcalinidad, temperatura y Coliformes fecales.

Los valores altos de color verdadero, sólidos totales disueltos, conductividad, dureza y coliformes totales en las estaciones del casco urbano asociados al componente 2, son producto del alto contenido de materia orgánica de las aguas residuales domésticas, vertidas en los distritos de Andahuaylas y Talavera.

Es preocupante la presencia de Coliformes totales y fecales en las estaciones estudiadas, con valores por encima del nivel saludable, ya que el agua del río es utilizada para el riego de los cultivos de quinua, papa, maíz, hortalizas y otros a lo largo de los distritos de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera. Esta preocupación surge porque en Andahuaylas el año 2019, se presentaron 4 882 casos en personas mayores de 5 años y 4 401 casos en niños menores de 5 años, de enfermedades diarreicas agudas (EDAs). El agua se contamina con heces humanas procedentes, por ejemplo, de aguas residuales, fosas sépticas o letrinas, que son particularmente peligrosas. Las heces de animales también contienen microorganismos capaces de ocasionar enfermedades diarreicas (Dirección Regional de Salud Apurímac, 2020). Según la OMS cada año mueren cerca de 1.87 millones de niños por causas asociadas a la enfermedad diarreica y cerca del 88% de estas muertes están asociadas con el abastecimiento de agua insalubre y el saneamiento e higiene deficientes (Boschi, Velebit y Shibuya, 2008).

En el diagnóstico del sector agua y saneamiento al 2017, se observó que 3.4 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable y 8.1 millones no tienen alcantarillado. Solo el 47 % de hogares accede a agua segura en el área urbana y 1.7 % en el área rural, entre las causas que originan estos problemas están, los operadores con escaso apoyo y con graves problemas económicos, inversiones insuficientes e insostenibles (Encuesta Nacional de Programas Presupuestales, 2017).

El estado del río Chumbao en el tramo estudiado conformado por los distritos de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera viola los derechos de los habitantes de estos municipios. ya que la ley No. 30588 de reforma constitucional reconoce el derecho de acceso al agua como derecho constitucional en su artículo 7º-A, en el cual el Estado reconoce el derecho de toda persona a tener acceso progresivo y universal al agua potable. El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano frente a otros usos. El Estado promueve el

manejo sustentable del agua, la cual es reconocida como un recurso natural esencial y como tal, constituye un bien público y patrimonio de la Nación. Su dominio es inalienable e imprescriptible (Congreso de la República del Perú, 2017).

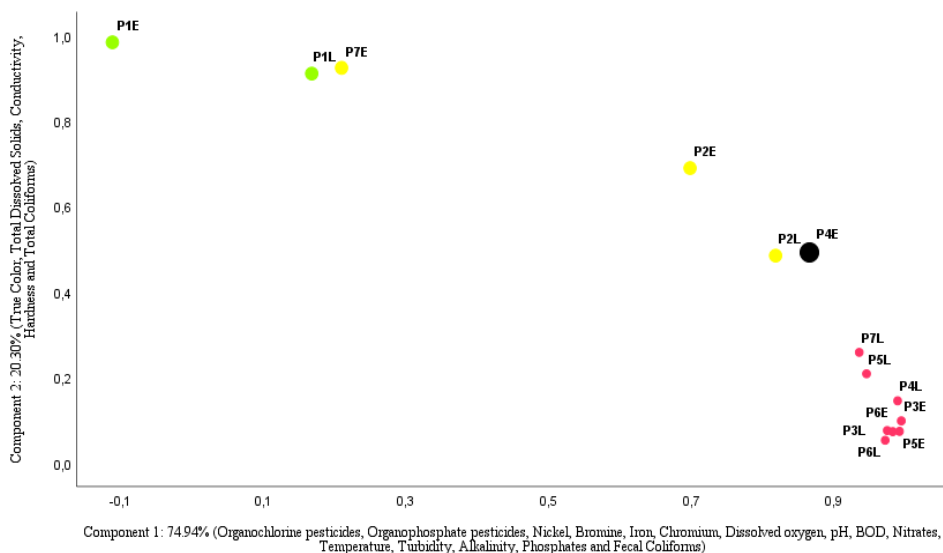


Figure 2: Spatial distribution of the stations in the pollution gradient of components 1 and 2. Rio Chumbao, Peru.

4 | CONCLUSIONES

Se determinó la influencia de las actividades antrópicas y la concentración de pesticidas, características fisicoquímicas y microbiológicas en el río Chumbao, perteneciente a la provincia de Andahuaylas, región Apurímac, durante el año 2019.

Se identificaron las principales actividades antrópicas, con énfasis en las de tipo agropecuario (crianza de ganado vacuno, crianza de cuyes, cultivo de quinua, papa y maíz), que son las de mayor prevalencia en el área de estudio y que tienen estrecha relación con las propiedades estudiadas.

No se han detectado valores significativos de concentración de pesticidas organoclorados y organofosforados, para los límites de detección de las metodologías empleadas, sin embargo a nivel descriptivo se han identificado varios productos de uso veterinario y agrícola presentes en la microcuenca del río Chumbao. En el caso de la actividad pecuaria se observa el uso frecuente de albendazol, mebendazol e ivermectina como antihelmínticos, para el control de moscas y otros ectoparásitos utilizan insecticidas

organofosforados y piretroides. En el caso de los cultivos de quinua, papa y maíz se ha identificado diversos pesticidas y plaguicidas. No se han encontrado productos para el control de malezas.

Se logró determinar el nivel de las características fisicoquímicas y microbiológicas en las temporadas de lluvia y estiaje en el río Chumbao, observándose que muchas de las propiedades estudiadas están por encima de los estándares de calidad ambiental formulados por la autoridad competente.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional José María Arguedas.

REFERENCIAS

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Perú. Resolución Jefatural N°010-2016-ANA (enero 11). Por el cual se reglamenta el **Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales** [cited 2020 May 25]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf.

BARRAGÁN B.; RIVILLAS M.; VILLEGAS M.; MEDINA J. **Presence of pesticides, mercury and trihalomethanes in the water supply systems of Ibagué, Colombia: threats to human health.** Rev. Ambient. Água [Internet]. 2020 [cited 2020 Aug 11]; 15(2): e2477. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2020000200313&lng=en. Epub Apr 27, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2477>.

BOSCHI-PINTO C.; VELEBIT L.; SHIBUYA K. **Estimating child mortality due to diarrhoea in developing countries.** Bull World Health Organ. 2008;86(9):710-717. <http://doi.org/fr684z>.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ. **Ley N° 30588 reforma constitucional**, reconoce el derecho de acceso al agua como derecho constitucional 2017 [cited 2020 May 25].

DÍAZ J.A.; GRANADA C.A. **Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia.** rev.fac.med. [Internet]. 2018 Mar [cited 2020 Aug 11]; 66(1): 45-52. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112018000100045&lng=en. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.59728>.

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD APURÍMAC. Perú. **Dirección Ejecutiva de Inteligencia Sanitaria. Dirección de Epidemiología.** Sala Situacional [cited 2020 May 25].

ENCUESTA NACIONAL DE PROGRAMAS PRESUPUESTALES Perú. **(ENAPRES) 2017** [cited 2020 May 25].

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA INEI. Perú. **Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones** [cited 2020 May 25]. Disponible en: <http://systems.inei.gob.pe:8080/SIRTOD/>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Perú. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas.** Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 07 de junio de 2017 [cited 2020 May 25].

YALE UNIVERSITY. **Global Metrics for the Environment.** New Haven: Environmental Performance Index; 2019 [cited 2020 May 25]. Available from: <https://goo.gl/u161bs>.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 9, 11, 12, 19, 21, 22, 23, 30, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 117, 118, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 146, 148, 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 197, 198, 199, 202, 204, 205, 218, 227, 245

Água pluvial 52, 55, 58, 98, 102, 103, 107, 245

Água potável 9, 52, 53, 55, 89, 91, 98, 99, 103, 107, 185, 186

Água residual artificial 118

Águas subterrâneas 99, 126, 128, 129, 131, 136, 137, 138, 144, 145, 146

Água subterrânea 126, 127, 128, 135, 136, 139, 140, 142, 146

Aproveitamento de água de chuva 56, 59, 60, 98, 99, 101, 108, 245

Atividade floculante 117, 118

Automatização 198

Avaliação de risco 185

B

Bacia hidrográfica 1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 17, 18, 23, 148, 150, 186, 194

Bacteriología 109

C

Captação pluvial 48, 50, 55, 56, 57

Carga orgânica 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Contaminación del agua 172, 175

Coronavírus 233, 234, 235, 242

D

Desempenho 18, 61, 72, 96, 157, 200, 201, 213, 214, 215

Desenvolvimento urbano 3, 6, 31, 35, 37, 38, 39, 41, 44, 51

Distribuição de água 9, 75, 86, 88, 89, 91, 129, 188

Drenagem urbana 19, 47, 48, 49, 53, 57, 58, 60

E

Educação ambiental 54, 217, 218, 219, 220, 225, 226, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235,

236, 237, 243

Esgotamento sanitário 9, 12, 61, 65, 148, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 218

Evapotranspiração 198, 199, 200, 203, 204, 205, 206, 212, 213, 214, 215

I

Indicador de revisão tarifária 61

Infraestrutura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 96, 148, 150, 194

Inundações 12, 16, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56

L

Legislação 3, 4, 6, 10, 21, 22, 30, 31, 38, 48, 54, 55, 56, 57, 63, 127, 234

M

Medio ambiente 116, 172

Método GOD 126, 128, 130, 132, 133, 135, 136

Microbacia 160, 161

Modelagem computacional 137, 138, 140, 145

Monitoramento 17, 35, 37, 41, 43, 44, 58, 70, 128, 140, 148, 151, 155, 159, 161, 185, 187, 189, 192, 195, 196, 201, 213

P

Perdas de água 88, 91, 92, 94, 96, 97

Porcentagem de remoção 117, 118

Q

Qualidade de água 148, 151, 156, 157

R

Recursos hídricos 3, 17, 22, 30, 40, 51, 57, 58, 59, 73, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 99, 126, 127, 135, 136, 145, 149, 150, 156, 158, 159, 173, 176, 184

Regulação econômica financeira 61

Relações ecológicas 233, 234, 235, 236, 240, 241, 242

S

Salud pública 109, 116, 172, 174

Saneamento 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 32, 39, 61, 62, 63, 66, 69, 70, 72, 73, 92, 96, 97, 126, 128, 148, 150, 151, 152, 157, 158, 159, 185, 186, 187

Software livre 185, 188

Sustentabilidade 19, 26, 31, 33, 34, 37, 38, 39, 43, 44, 60, 61, 62, 63, 64, 69, 72, 96, 97, 98, 108, 220, 222, 223, 224, 245

U

Urbanização 1, 3, 4, 6, 7, 12, 17, 18, 23, 48, 49, 57, 59, 219, 220, 232

Uso e ocupação do solo 3, 6, 17, 21, 31, 34, 35, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 126

V

Vulnerabilidade ambiental 126, 127

W

Web service 185, 186

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 