



Evaluación fisicoquímica del agua potable en la Ciudad de Macas - Ecuador durante el segundo trimestre del 2022

Physicochemical evaluation of drinking water in the City of Macas - Ecuador during the second quarter of 2022

Avaliação físico-química da água potável na cidade de Macas - Equador durante o segundo trimestre de 2022

Javier Ignacio Briones-García ^I
javier.briones@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2675-3495>

Campo Morillo-Robles ^{II}
campo.morillo@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9551-2599>

Norma del Rocio Toledo-Castillo ^{III}
norma.toledo@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1116-760X>

Susana Segovia-Cáceres ^{IV}
susana.segovia@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8180-5334>

Correspondencia: javier.briones@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnica y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 17 de junio de 2023 * **Aceptado:** 22 de julio de 2023 * **Publicado:** 15 de agosto de 2023

- I. Sede Morona Santiago, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Ecuador.
- II. Sede Morona Santiago, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Ecuador.
- III. Sede Morona Santiago, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Ecuador.
- IV. Sede Morona Santiago, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Ecuador.

Resumen

La evaluación fisicoquímica del agua potable es un proceso esencial para garantizar la seguridad y calidad del suministro de agua en cualquier localidad, incluida la ciudad de Macas en Ecuador. El agua potable es un recurso vital para la salud y el bienestar de la población, por lo que es crucial asegurar que cumpla con los estándares establecido. De esta forma la presente investigación se basó en el muestreo mensual del segundo trimestre del año 2022 de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable de la ciudad de Macas y comparados con la norma INEN 1108:2014 AGUA POTABLE. REQUISITOS, en conclusión, la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de muestras de agua de diferentes localidades de Macas, reveló variaciones en los niveles de turbidez, pH, temperatura y cloro libre. Si bien algunas muestras se consideraron aptas para el consumo humano, otras excedieron los límites máximos permisibles, principalmente debido al aumento de las precipitaciones y al consiguiente transporte de partículas y sustancias. Estos hallazgos resaltan la importancia de los procesos continuos de monitoreo y tratamiento para garantizar el suministro de agua potable a la población.

Palabras claves: Agua potable; Calidad; Parámetros fisicoquímicos; Macas – Ecuador.

Abstract

The physicochemical evaluation of drinking water is an essential process to guarantee the safety and quality of the water supply in any location, including the city of Macas in Ecuador. Drinking water is a vital resource for the health and well-being of the population, so it is crucial to ensure that it meets the established standards. In this way, the present investigation was based on the monthly sampling of the second quarter of the year 2022 of the physicochemical and microbiological parameters of the drinking water of the city of Macas and compared with the INEN 1108:2014 DRINKING WATER standard. REQUIREMENTS, in conclusion, the evaluation of the physicochemical parameters of water samples from different locations in Macas revealed variations in the levels of turbidity, pH, temperature and free chlorine. Although some samples were considered fit for human consumption, others exceeded the maximum permissible limits, mainly due to increased precipitation and the consequent transport of particles and substances. These findings highlight the importance of continuous monitoring and treatment processes to guarantee the supply of drinking water to the population.

Keywords: Drinking water; Quality; Physico-chemical parameters; Macas – Ecuador.

Resumo

A avaliação físico-química da água potável é um processo essencial para garantir a segurança e a qualidade do abastecimento de água em qualquer localidade, inclusive na cidade de Macas no Equador. A água potável é um recurso vital para a saúde e bem-estar da população, pelo que é fundamental garantir que cumpra as normas estabelecidas. Desta forma, a presente investigação foi baseada na amostragem mensal do segundo trimestre do ano de 2022 dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água potável da cidade de Macas e comparada com a norma INEN 1108:2014 ÁGUA POTÁVEL. REQUISITOS, em conclusão, a avaliação dos parâmetros físico-químicos de amostras de água de diferentes locais em Macas revelou variações nos níveis de turbidez, pH, temperatura e cloro livre. Embora algumas amostras tenham sido consideradas próprias para consumo humano, outras ultrapassaram os limites máximos permitidos, principalmente devido ao aumento da precipitação e conseqüente transporte de partículas e substâncias. Esses achados destacam a importância dos processos contínuos de monitoramento e tratamento para garantir o abastecimento de água potável à população.

Palavras chaves: Água potável; Qualidade; Parâmetros físico-químicos; Macas – Equador.

Introducción

Millones de personas en la Región de las Américas, aún carecen de una fuente adecuada de agua potable e instalaciones seguras para la disposición y eliminación de las heces¹. El agua siempre ha sido un recurso vital para la civilización. Desde tiempos inmemoriales, las civilizaciones han buscado métodos para garantizar que el agua que consumen sea segura y esté libre de contaminantes, patógenos y sólidos que puedan causar enfermedades y poner en peligro la salud de las comunidades.

Desde entonces, la purificación del agua ha evolucionado y mejorado constantemente. Hoy en día, se utilizan tecnologías avanzadas como la desinfección por cloro, El carbón activado suele utilizarse en combinación con otras tecnologías en el proceso de purificación del agua, La electrodesionización, La filtración submicrónica incluye microfiltros, ultramicrofiltros y ultrafiltros (1-200 nm), El intercambio iónico, la ósmosis inversa, la luz ultravioleta y ozono

(ELGA Veolia) para garantizar que el agua que llega a nuestros hogares sea potable y cumpla las normas de calidad establecidas por las autoridades sanitarias.

La evaluación de la calidad fisicoquímica del agua potable es esencial para proteger la salud de la población, garantizar el cumplimiento de estándares de calidad, proteger el medio ambiente y planificar adecuadamente el uso y gestión del recurso hídrico. Es un proceso fundamental para asegurar que el agua potable sea segura y cumpla con los requisitos necesarios para su consumo. Un proceso de tratamiento de acuerdo al tipo de agua del río, es el convencional que se detalla continuación:

Captación: El agua se recoge del río en una estación de captación o toma de agua. Para evitar la entrada de materiales sólidos y sedimentos, se utilizan rejillas y/o sistemas de filtrado grueso.

Almacenamiento: El agua captada se almacena temporalmente en grandes tanques o embalses para regular el flujo y asegurar un suministro constante.

Coagulación: En esta etapa, se añaden productos químicos, como sulfato de aluminio o policloruro de aluminio, al agua. Estos productos forman flóculos que atraen partículas en suspensión y sustancias coloidales, como arcillas y bacterias.

Floculación: Los flóculos formados en la etapa anterior son agitados suavemente en tanques de floculación, permitiendo que se agrupen y se vuelvan más grandes, facilitando así su separación del agua.

Sedimentación: Después de la floculación, el agua pasa a tanques de sedimentación donde los flóculos más grandes se asientan en el fondo debido a la gravedad, formando el llamado lodo floculado.

Filtración: Para eliminar partículas más pequeñas y otros contaminantes que no se han sedimentado, el agua pasa a través de filtros de arena o carbón activado, que atrapan las partículas restantes.

Desinfección: El agua filtrada todavía puede contener microorganismos patógenos como bacterias, virus y protozoos. Por lo tanto, se agrega un desinfectante como cloro, cloramina o dióxido de cloro para eliminar o inactivar estos microorganismos y garantizar la seguridad microbiológica del agua.

Ajuste del pH y remineralización: En algunos casos, se ajusta el pH del agua para evitar la corrosión de las tuberías y añadir minerales esenciales para mejorar su sabor y calidad.

Almacenamiento y distribución: Una vez que el agua ha pasado por todos los tratamientos, se almacena nuevamente en tanques de distribución y luego se distribuye a través de una red de tuberías hasta los hogares y negocios para el consumo humano.

La evaluación fisicoquímica del agua potable es un proceso esencial para garantizar la seguridad y calidad del suministro de agua en cualquier localidad, incluida la ciudad de Macas en Ecuador. El agua potable es un recurso vital para la salud y el bienestar de la población, por lo que es crucial asegurar que cumpla con los estándares establecidos para el consumo humano.

Metodología

Área de estudio

Se analizó la estructuración de la red de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Macas para determinar los puntos de muestreo partiendo desde las plantas de tratamiento hasta los hogares zonificados de la siguiente forma:

Z-1 Reservorio

Z-2 Zona alta

Z-3 Zona media

Z-4 Zona baja

Se tomaron 3 muestras de agua en cada uno de los puntos establecidos con un intervalo de tiempo de 1 mes; tanto para los análisis in-situ como para los análisis de laboratorio, los puntos de muestreos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Ubicación de los puntos de muestreo

| Nomenclatura | Ubicación | Parroquia |
|--------------|----------------------|----------------|
| P1 | Planta Jimbitono | General Proaño |
| P2 | Planta San Isidro | San Isidro |
| P3 | Tanque de reserva | Macas |
| P4 | Barrio La Loma | Macas |
| P5 | Barrio Centro | Macas |
| P6 | Barrio 27 de febrero | Macas |
| P7 | Barrio Naranjal | Macas |
| P8 | Barrio El Rosario | Macas |

Análisis fisicoquímico y coliformes

Las muestras de agua se sometieron a análisis fisicoquímicos y microbiológicos para determinar los diferentes parámetros que pueden afectar la calidad del agua potable en la Ciudad de Macas según el trimestre de estudio, los análisis in situ se realizaron en los puntos de muestreo mediante la utilización de los equipos COLORÍMETRO HACH DR/900: Turbidez, pH y Temperatura, para los análisis de: Cloro libre residual, Nitritos, Nitratos, Fluoruros, Cobre y Monocloraminas se recogió una cantidad pequeña de agua, se cerró el envase y se agitó; se repitió el proceso al menos dos veces, posteriormente, se tomó la muestra definitiva, para el muestreo de Coliformes Totales se utilizaron envases previamente esterilizados.

Al finalizar, se procedió a realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos con los criterios de calidad según la normativa INEN 1108:2014 AGUA POTABLE. REQUISITOS

Resultados

Resultados en la planta de tratamiento de Jimbitono P-1

Tabla 2: Resultados de análisis fisicoquímicos en P-1

| Comparación según Norma INEN-NTE 1108:2014 y Valores medidos en M-1 | | | | | | |
|---|---------|--------|--------------|---------------------|--------|---------|
| Parámetro | Muestra | Unidad | Valor medido | Límites permisibles | | Calidad |
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Turbidez | M1 | NTU | 6.40 | | 5.00 | NO APTA |
| | M2 | NTU | 3.00 | | 5.00 | APTA |
| | M3 | NTU | 27.00 | | 5.00 | NO APTA |
| pH | M1 | | 6.40 | 6.50 | 8.00 | NO APTA |
| | M2 | | 4.00 | 6.50 | 8.00 | NO APTA |
| | M3 | | 6.60 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| Temperatura | M1 | °C | 19.50 | 18.00 | 24.00 | APTA |
| | M2 | °C | 20.00 | 17.00 | 22.00 | APTA |
| | M3 | °C | 19.00 | 16.00 | 21.00 | APTA |
| Cloro libre residual | M1 | mg/L | 4.92 | 0.30 | 1.50 | NO APTA |
| | M2 | mg/L | 2.20 | 0.30 | 1.50 | NO APTA |

| | | | | | | |
|--------------------|----|------|-------|--|-------|---------|
| | M3 | mg/L | 2.20 | 0.30 | 1.50 | NO APTA |
| Nitritos | M1 | mg/L | 0.044 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.049 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.029 | | 3.00 | APTA |
| Nitratos | M1 | mg/L | 8.20 | | 50.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 10.90 | | 50.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 8.00 | | 50.00 | APTA |
| Fluoruros | M1 | mg/L | 0.07 | | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.06 | | 1.50 | APTA |
| Cobre | M1 | mg/L | 0.05 | | 2.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.02 | | 2.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.05 | | 2.00 | APTA |
| Monocloraminas | M1 | mg/L | 0.09 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.00 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.13 | | 3.00 | APTA |
| Coliformes totales | M1 | NMP | < 1.1 | *<1.1 en ensayo ninguno es positivo | | APTA |
| | M2 | NMP | < 1.1 | | | APTA |
| | M3 | NMP | < 1.1 | | | APTA |

Los resultados de los análisis obtenidos de las muestras del líquido de la planta de tratamiento de agua de Jimbitono, indican que, en los parámetros de turbidez y pH este líquido no es apto para el consumo humano, esto podría deberse a que la incrementación de las precipitaciones en los meses de estudio ocasionando el arrastre de materia y organismos. Además, los niveles altos de cloro libre residual se deben al incumplimiento del tiempo mínimo de reposo posterior a la cloración del agua, es decir, al no reposar el agua por al menos 30 minutos se acumulan los niveles de cloro.

Resultados en la planta de tratamiento de San Isidro P-2

Tabla 3: Resultados de análisis fisicoquímicos en P-2

| Comparación según Norma INEN-NTE 1108:2014 y Valores medidos en M-2 | | | | | | |
|---|---------|--------|--------------|---------------------|--------|---------|
| Parámetro | Muestra | Unidad | Valor medido | Límites permisibles | | Calidad |
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Turbidez | M1 | NTU | 6.00 | | 5.00 | NO APTA |
| | M2 | NTU | 0.00 | | 5.00 | APTA |
| | M3 | NTU | 0.00 | | 5.00 | APTA |
| pH | M1 | | 7.20 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M2 | | 7.60 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M3 | | 7.60 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| Temperatura | M1 | °C | 20.20 | 18.00 | 24.00 | APTA |
| | M2 | °C | 21.40 | 17.00 | 22.00 | APTA |
| | M3 | °C | 21.30 | 16.00 | 21.00 | NO APTA |
| Cloro residual libre | M1 | mg/L | 1.60 | 0.30 | 1.50 | NO APTA |
| | M2 | mg/L | 1.44 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 1.15 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| Nitritos | M1 | mg/L | 0.005 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.005 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.004 | | 3.00 | APTA |
| Nitratos | M1 | mg/L | 1.70 | | 50.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 1.16 | | 50.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 1.20 | | 50.00 | APTA |
| Fluoruros | M1 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.01 | | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| Cobre | M1 | mg/L | 0.01 | | 2.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| Monocloraminas | M1 | mg/L | 0.27 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.25 | | 3.00 | APTA |

| | | | | | | |
|--------------------|----|------|-------|--|------|------|
| | M3 | mg/L | 0.23 | | 3.00 | APTA |
| Coliformes totales | M1 | NMP | < 1.1 | *<1.1 en ensayo ninguno es positivo | | APTA |
| | M2 | NMP | < 1.1 | | | APTA |
| | M3 | NMP | < 1.1 | | | APTA |

Las muestras tomadas en la planta de tratamiento de San Isidro y su comparación con la norma técnica INEN-NTE 1108:2014, indicaron que los parámetros de turbidez, temperatura y cloro libre estaban por encima de los valores máximos permisibles. EL incremento en la temperatura se debe a la hora y la temperatura ambiente en la que se tomó la muestra; mientras que, en el caso del cloro libre residual, de forma similar al punto de muestreo anterior se debe a la cloración del agua al inicio del proceso de potabilización.

Resultados en el Tanque de Reserva P-3

Tabla 4: Resultados de análisis fisicoquímicos en P-3

| Comparación según Norma INEN-NTE 1108:2014 y Valores medidos en M-3 | | | | | | |
|---|---------|--------|--------------|---------------------|--------|---------|
| Parámetro | Muestra | Unidad | Valor medido | Límites permisibles | | Calidad |
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Turbidez | M1 | NTU | 6.00 | | 5.00 | NO APTA |
| | M2 | NTU | 3.00 | | 5.00 | APTA |
| | M3 | NTU | 23.00 | | 5.00 | APTA |
| pH | M1 | | 7.00 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M2 | | 7.10 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M3 | | 6.70 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| Temperatura | M1 | °C | 20.30 | 18.00 | 24.00 | APTA |
| | M2 | °C | 21.50 | 17.00 | 22.00 | APTA |
| | M3 | °C | 19.60 | 16.00 | 21.00 | APTA |
| Cloro libre residual | M1 | mg/L | 0.71 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.62 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.70 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M1 | mg/L | 0.006 | | 3.00 | APTA |

| | | | | | | |
|--------------------|----|------|-------|--|-------|------|
| Nitritos | M2 | mg/L | 0.006 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.004 | | 3.00 | APTA |
| Nitratos | M1 | mg/L | 0.90 | | 50.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 1.00 | | 50.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 50.00 | APTA |
| Fluoruros | M1 | mg/L | 0.02 | | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| Cobre | M1 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| Monocloraminas | M1 | mg/L | 0.18 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.00 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.09 | | 3.00 | APTA |
| Coliformes totales | M1 | NMP | < 1.1 | * < 1.1 en ensayo ninguno es positivo | | APTA |
| | M2 | NMP | < 1.1 | | | APTA |
| | M3 | NMP | < 1.1 | | | APTA |

Los resultados de la evaluación de parámetros fisicoquímicos del agua en el punto tanque de reserva, se observa que la turbidez del agua supera los límites máximos permisibles. Es importante considerar que, en este punto se intersecan las aguas provenientes de las plantas de tratamiento de Jimbitono y San Isidro, haciendo notoria la disminución de los valores de cloro libre residual.

Resultados en el Barrio La Loma P-4

Tabla 5: Resultados de análisis fisicoquímicos en P-4

| Comparación según Norma INEN-NTE 1108:2014 y Valores medidos en M-4 | | | | | | |
|---|---------|--------|--------------|---------------------|--------|---------|
| Parámetro | Muestra | Unidad | Valor medido | Límites permisibles | | Calidad |
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Turbidez | M1 | NTU | 6.00 | | 5.00 | NO APTA |
| | M2 | NTU | 3.00 | | 5.00 | APTA |

| | | | | | | |
|--------------------|----|------------|-------|---------------------------------------|-------|------|
| | M3 | NTU | 13.00 | | 5.00 | APTA |
| pH | M1 | | 6.80 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M2 | | 7.00 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M3 | | 6.70 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| Temperatura | M1 | °C | 21.30 | 18.00 | 24.00 | APTA |
| | M2 | °C | 22.70 | 17.00 | 22.00 | APTA |
| | M3 | °C | 20.00 | 16.00 | 21.00 | APTA |
| Cloro residual | M1 | libre mg/L | 0.58 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.41 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.62 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| Nitritos | M1 | mg/L | 0.002 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.004 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.006 | | 3.00 | APTA |
| Nitratos | M1 | mg/L | 0.50 | | 50.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 1.10 | | 50.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.20 | | 50.00 | APTA |
| Fluoruros | M1 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.03 | | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.09 | | 1.50 | APTA |
| Cobre | M1 | mg/L | 0.03 | | 2.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.01 | | 2.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.15 | | 2.00 | APTA |
| Monocloraminas | M1 | mg/L | 0.14 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.09 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.07 | | 3.00 | APTA |
| Coliformes totales | M1 | NMP | < 1.1 | * < 1.1 en ensayo ninguno es positivo | | APTA |
| | M2 | NMP | < 1.1 | | | APTA |
| | M3 | NMP | < 1.1 | | | APTA |

Las muestras de agua tomadas en el Barrio La Loma de la ciudad de Macas, indican valores fuera de los límites permisibles para la turbidez, debido a las fuertes lluvias presentadas en los meses de evaluación.

Resultados en el Barrio Centro P-5

Tabla 6: Resultados de análisis fisicoquímicos en P-5

| Comparación según Norma INEN-NTE 1108:2014 y Valores medidos en M-5 | | | | | | |
|--|---------|--------|--------------|---------------------|--------|---------|
| Parámetro | Muestra | Unidad | Valor medido | Límites permisibles | | Calidad |
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Turbidez | M1 | NTU | 4.00 | | 5.00 | NO APTA |
| | M2 | NTU | 3.00 | | 5.00 | APTA |
| | M3 | NTU | 23.00 | | 5.00 | APTA |
| pH | M1 | | 6.70 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M2 | | 7.00 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M3 | | 6.70 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| Temperatura | M1 | °C | 20.70 | 18.00 | 24.00 | APTA |
| | M2 | °C | 21.50 | 17.00 | 22.00 | APTA |
| | M3 | °C | 19.50 | 16.00 | 21.00 | APTA |
| Cloro libre residual | M1 | mg/L | 0.93 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.66 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.62 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| Nitritos | M1 | mg/L | 0.006 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.005 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.024 | | 3.00 | APTA |
| Nitratos | M1 | mg/L | 1.20 | | 50.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 1.40 | | 50.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 3.50 | | 50.00 | APTA |
| Fluoruros | M1 | mg/L | 0.04 | | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.07 | | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.02 | | 1.50 | APTA |
| Cobre | M1 | mg/L | 0.03 | | 2.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.04 | | 2.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.15 | | 2.00 | APTA |
| | M1 | mg/L | 0.10 | | 3.00 | APTA |

| | | | | | | |
|--------------------|----|------|-------|-------------------------------------|------|------|
| Monocloraminas | M2 | mg/L | 0.14 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.07 | | 3.00 | APTA |
| Coliformes totales | M1 | NMP | < 1.1 | *<1.1 en ensayo ninguno es positivo | | APTA |
| | M2 | NMP | < 1.1 | | | APTA |
| | M3 | NMP | < 1.1 | | | APTA |

El agua potable que llega hasta el Barro Centro de la ciudad de Macas es apta para el consumo humano, excepto en la muestra tomada M3, en la que la turbidez estuvo por encima del límite máximo permisibles, esto debido al incremento de precipitaciones que conllevan el arrastre de sustancias y partículas.

Resultados en el Barrio 27 de febrero P-6

Tabla 7: Resultados de análisis fisicoquímicos en P-6

| Comparación según Norma INEN-NTE 1108:2014 y Valores medidos en M-6 | | | | | | |
|---|---------|--------|--------------|---------------------|--------|---------|
| Parámetro | Muestra | Unidad | Valor medido | Límites permisibles | | Calidad |
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Turbidez | M1 | NTU | 4.00 | | 5.00 | NO APTA |
| | M2 | NTU | 3.00 | | 5.00 | APTA |
| | M3 | NTU | 26.00 | | 5.00 | APTA |
| pH | M1 | | 7.00 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M2 | | 6.90 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M3 | | 6.70 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| Temperatura | M1 | °C | 21.60 | 18.00 | 24.00 | APTA |
| | M2 | °C | 21.00 | 17.00 | 22.00 | APTA |
| | M3 | °C | 21.00 | 16.00 | 21.00 | APTA |
| Cloro libre residual | M1 | mg/L | 0.95 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.63 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.75 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| Nitritos | M1 | mg/L | 0.006 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.004 | | 3.00 | APTA |

| | | | | | | |
|--------------------|----|------|-------|--|-------|------|
| | M3 | mg/L | 0.012 | | 3.00 | APTA |
| Nitratos | M1 | mg/L | 1.20 | | 50.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 1.20 | | 50.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 5.30 | | 50.00 | APTA |
| Fluoruros | M1 | mg/L | 0.06 | | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.09 | | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| Cobre | M1 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.02 | | 2.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.07 | | 2.00 | APTA |
| Monocloraminas | M1 | mg/L | 0.04 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.10 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.08 | | 3.00 | APTA |
| Coliformes totales | M1 | NMP | < 1.1 | *<1.1 en ensayo ninguno es positivo | | APTA |
| | M2 | NMP | < 1.1 | | | APTA |
| | M3 | NMP | < 1.1 | | | APTA |

Los resultados de los análisis realizados con las muestras de agua tomadas en el Barrio de 27 de Febrero, dieron como resultado que es apta para el consumo humano; excepto en la muestra M3 en el parámetro específico de turbidez, que debido al incremento de lluvias genera mayor arrastre de sustancias, desechos y organismos.

Resultados en el Barrio Naranjal P-7

Tabla 8: Resultados de análisis fisicoquímicos en P-7

| Comparación según Norma INEN-NTE 1108:2014 y Valores medidos en M-7 | | | | | | |
|---|---------|--------|--------------|---------------------|--------|---------|
| Parámetro | Muestra | Unidad | Valor medido | Límites permisibles | | Calidad |
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Turbidez | M1 | NTU | 4.00 | | 5.00 | NO APTA |
| | M2 | NTU | 0.00 | | 5.00 | APTA |
| | M3 | NTU | 21.00 | | 5.00 | APTA |
| | M1 | | 6.80 | 6.50 | 8.00 | APTA |

| | | | | | | |
|--------------------|----|---------------|-------|---------------------|-------|------|
| pH | M2 | | 7.00 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M3 | | 6.70 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| Temperatura | M1 | °C | 21.80 | 18.00 | 24.00 | APTA |
| | M2 | °C | 21.30 | 17.00 | 22.00 | APTA |
| | M3 | °C | 21.20 | 16.00 | 21.00 | APTA |
| Cloro residual | M1 | libre mg/L | 0.43 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.82 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.49 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| Nitritos | M1 | mg/L | 0.005 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.006 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.04 | | 3.00 | APTA |
| Nitratos | M1 | mg/L | 1.20 | | 50.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 2.20 | | 50.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.30 | | 50.00 | APTA |
| Fluoruros | M1 | mg/L | 0.03 | | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.25 | | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| Cobre | M1 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.01 | | 2.00 | APTA |
| Monocloraminas | M1 | mg/L | 0.02 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.01 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.08 | | 3.00 | APTA |
| Coliformes totales | M1 | NMP | < 1.1 | *<1.1 en ensayo | | APTA |
| | M2 | NMP | < 1.1 | ninguno es positivo | | APTA |
| | M3 | NMP | < 1.1 | | | APTA |

Las muestras de agua tomadas en el Barrio Naranjal, posterior a su análisis físico y químico determinaron que es apta para el consumo humano, con un parámetro variante en la muestra M3, la turbidez, debido al incremento de lluvias.

Resultados en el Barrio El Rosario P-8

Tabla 9: Resultados de análisis fisicoquímicos en P-8

| Comparación según Norma INEN-NTE 1108:2014 y Valores medidos en M-8 | | | | | | |
|---|---------|--------|--------------|---------------------|--------|---------|
| Parámetro | Muestra | Unidad | Valor medido | Límites permisibles | | Calidad |
| | | | | Mínimo | Máximo | |
| Turbidez | M1 | NTU | 4.00 | | 5.00 | NO APTA |
| | M2 | NTU | 0.00 | | 5.00 | APTA |
| | M3 | NTU | 22.00 | | 5.00 | APTA |
| pH | M1 | | 6.90 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M2 | | 6.90 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| | M3 | | 6.60 | 6.50 | 8.00 | APTA |
| Temperatura | M1 | °C | 22.30 | 18.00 | 24.00 | APTA |
| | M2 | °C | 21.50 | 17.00 | 22.00 | APTA |
| | M3 | °C | 21.50 | 16.00 | 21.00 | APTA |
| Cloro libre residual | M1 | mg/L | 0.38 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.92 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.71 | 0.30 | 1.50 | APTA |
| Nitritos | M1 | mg/L | 0.006 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.006 | | 3.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.009 | | 3.00 | APTA |
| Nitratos | M1 | mg/L | 1.00 | | 50.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 1.70 | | 50.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 50.00 | APTA |
| Fluoruros | M1 | mg/L | 1.24 | | 1.50 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.10 | | 1.50 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.00 | | 1.50 | APTA |
| Cobre | M1 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.00 | | 2.00 | APTA |
| | M3 | mg/L | 0.05 | | 2.00 | APTA |
| Monocloraminas | M1 | mg/L | 0.02 | | 3.00 | APTA |
| | M2 | mg/L | 0.05 | | 3.00 | APTA |

| | | | | | | |
|--------------------|----|------|-------|--|------|------|
| | M3 | mg/L | 0.01 | | 3.00 | APTA |
| Coliformes totales | M1 | NMP | < 1.1 | * < 1.1 en ensayo ninguno es positivo | | APTA |
| | M2 | NMP | < 1.1 | | | APTA |
| | M3 | NMP | < 1.1 | | | APTA |

El punto de muestreo ubicado en el barrio El Rosario y sus respectivos análisis de muestras, indicaron que el agua es apta para el consumo humano a excepción de la muestra M3 en el que el valor de turbidez sobrepasa por mucho el límite máximo permisible.

Conclusiones

En base a los resultados, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Las muestras de agua de la planta potabilizadora de Jimbitono mostraron que el agua no es apta para el consumo humano debido a los altos niveles de turbidez y pH. Esto podría atribuirse al aumento de las precipitaciones durante el período de estudio, lo que lleva al transporte de partículas y organismos.
- Las muestras de la planta de tratamiento de agua San Isidro excedieron los valores máximos permisibles de turbiedad, temperatura y cloro libre según la norma técnica INEN-NTE 1108:2014. El aumento de la temperatura probablemente se debió al tiempo de muestreo y la temperatura ambiente, mientras que los altos niveles de cloro libre fueron el resultado de un tiempo de reposo insuficiente después de la cloración.
- Las muestras de agua del punto de reserva del tanque, donde se cruzan las aguas de las plantas de tratamiento de Jimbitono y San Isidro, mostraron una turbidez excesiva, superando los límites máximos permisibles. Sin embargo, los niveles de cloro residual libre fueron más bajos en comparación con los puntos de muestreo anteriores.
- Las muestras de agua del barrio La Loma en Macas exhibieron niveles de turbiedad por encima de los límites máximos permisibles debido a las fuertes lluvias durante el período de evaluación. Sin embargo, el agua que llega al Distrito Central de Macas se consideró apta para el consumo humano, excepto por una muestra (M3) con alta turbidez.
- Las muestras de agua del barrio 27 de Febrero, Naranjal y El Rosario resultaron aptas para el consumo humano, excepto una muestra (M3) con elevada turbidez provocada por el aumento de las lluvias

Referencias

1. The WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP) has reported country, regional and global estimates of progress on drinking water, sanitation and hygiene (WASH) since 1990.
2. ELGA-VEOLIA,(2023) ELGA la marca mundial de agua de laboratorio de Veolia <https://es.elgalabwater.com/technologies>
3. https://www.google.com.ec/maps/place/Planta+de+Potabilizaci%C3%B3n+San+Isidro/@-2.210119,-78.1759388,17z/data=!4m6!3m5!1s0x91d2110c003a0ed3:0x5525a7be931f9e3c!8m2!3d-2.2101193!4d-78.173607!16s%2Fg%2F11f3_zpn4l?entry=ttu (Planta de Potabilización San Isidro QRQG+XH2, Vía Macas, Riobamba, Macas, Morona Santiago)
4. Portillo, M. T. E. (2006). Evaluación de los procesos de purificación de una despachadora de agua potable en Ciudad Juárez. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7292790>
5. Ernesto, M. J. P. (2017, November 29). Optimización del proceso tecnológico de purificación del agua en la Empresa Agualuz. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8041>
6. Berdonces, J. L. (2008). La problemática del tratamiento del agua potable. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2574510>
7. David, A. D. E. (2016). ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE UN PROCESO DE PURIFICACIÓN DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/2770>
8. Luisa, S. G. B. (2014). Optimización en la operación de una planta de tratamiento de agua por osmosis inversa para uso industrial y análisis de costo de mejoras en el proceso. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10988>

9. Campos, V. (n.d.). Estudio de un método alternativo para la purificación de arsénico del agua. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000300013
10. TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES : AGUAS DE PROCESO Y RESIDUALES. (n.d.). Google Books.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=fQcXUq9WFC8C&oi=fnd&pg=PA11&dq=procesos+seguros+para+purificar+el+agua&ots=O5luU_5L52&sig=z8gljKjLJzbvWbMQ5i91vh400g0#v=onepage&q&f=false
11. Arcila, H. R., & Peralta, J. J. (2016). Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua. Revista Facultad De Ciencias Básicas, 11(2), 136.
<https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>
12. Daniela, L. H. (2020, May 20). “xAgua”. Implementación de un proceso de filtración de agua con el fin de impulsar el desarrollo integral en las comunidades vulnerables incorporadas a TECHO. <http://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/4584>
13. Imbacuán, A. (2011, June 30). Factores de riesgo de morbilidad en los pobladores del Barrio Central de la Parroquia de San Pablo de Lago, por el consumo de agua no potable con proceso de clorificación, durante el período de enero a octubre del 2010.
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/688>
14. Dubón, M. Á. B. (2023, January 5). Plan de negocio para el desarrollo de una empresa de purificación y comercialización de agua en la ciudad de La Paz, La Paz.
<http://repositorio.unitec.edu/handle/123456789/9440>
15. Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización. (n.d.). Google Books.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xAvNbixfFpcC&oi=fnd&pg=PA13&dq=procesos+de+potabilizaci%C3%B3n&ots=NfIcg_PCU&sig=yQrRrh8MNOtUhUmCaIt7sMNMoc#v=onepage&q=procesos%20de%20potabilizaci%C3%B3n&f=false

16. De Jesús, A. R. Á. (2004). La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua.
<http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/184>
17. Instituto Nacional de Estadística y Censos, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA,
AGUA POTABLE. REQUISITOS, NTE INEN 1108

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).