

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE CIENCIAS QUIMICAS**



**“OPTIMIZACION EN LA METODOLOGIA DE LA
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) Y EN
PARAMETROS FISICO – QUIMICOS EN AGUAS Y
SUELOS”**

Laboratorio de Calidad Ambiental

RAQUEL CHAMA RODRIGUEZ

MONOGRAFIA
PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADA EN
CIENCIAS QUIMICAS

ASESORES:
Ing. Jaime Chincheros
Lic. Raúl V. Quispe

DOCENTES GUIA:
Dra.: M. Eugenia García
TRIBUNAL
Lic. Jorge Quintanilla

JULIO 2011

Agradecimientos

Doy gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de existir y de haberme dado lo bueno y lo malo, pues de lo bueno disfrute y de lo malo aprendí y valore lo bueno.

A mi familia que siempre me apoyo, en especial mi mamá Claudia Rodríguez, quien a pesar de mis errores siempre confió en mí, a mi tía Leonor que fue tía y segunda mamá, a mis hermanos Rafael y Marcelo quienes fueron mi razón de no fallar a pesar de las circunstancias y de tratar de ser un buen ejemplo y a Don Luis quien hizo volver a hacer sonreír a mi mamá y le lleno de fuerzas para que siga luchando por la vida.

A mi papá por haberme consentido y por haber tratado de darme todo lo que el podía en mi infancia.

A los amigos que tuve en el transcurso de mi vida universitaria, Lourdes, Susy, Shirley, Alejandra, Naviana, Jimena, Omar(+), Ferchos y Ely que a pesar de todo nunca me olvidare de ellos y a todos los que me dieron alguna vez la mano y fueron mi paño de lagrimas en los momentos tristes y también aquellos que estuvieron en mis alegrías.

A Edson por brindarme su amistad incondicional y de siempre ser mi cómplice y mi defensor, a Gustavo porque hizo sentirme una persona especial.

A La licenciada Galia Chávez por haberme dado la oportunidad de ser parte de su familia y de confiar en mí, de escucharme y apoyarme cuando más lo necesitaba, al licenciado Jorge Quintanilla por haber sido una persona muy comprensiva conmigo.

A Edwin por ser mi compañero y por hacerme sentir completamente feliz, pues el hace que yo crea en mí misma y por haberme tomado la mano para subir.

A la carrera de Ciencias Químicas que me abrió las puertas y en el cual pase mis penas y mis alegrías, en donde aprendí ciencia y aprendí a ver la vida de distinta manera.

A todos los docentes y administrativos de la carrera, pues siempre me tendieron la mano en cosas grandes y pequeñas.

Al Ing. Jaime Chincheros y al Lic. Raúl Quispe, por haberme aceptado en el Laboratorio de Calidad Ambiental y haberme colaborado en el transcurso de mis prácticas profesionales.

A mi angelito Uriel que siempre me cuida y me protege de lo malo y a mis abuelitos que están en el cielo.

INDICE

1 RESUMEN.....	5
2 OBJETIVO GENERAL.....	6
3 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
4 REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1 CONTAMINACION AMBIENTAL.....	6
4.2 TIPOS DE CONTAMINACION AMBIENTAL.....	8
4.2.2 CONTAMINACION DEL AGUA.....	8
4.2.1.1 AGUA.....	8
4.2.1.2 PROPIEDADES FISICO- QUIMICAS DEL AGUA.....	9
FISICAS.....	9
QUIMICAS.....	10
4.2.1.3 CICLO HIDROLOGICO DEL AGUA.....	10
4.2.1.4 FASES DEL CICLO HIDROLOGICO.....	11
EVAPORACION.....	11
PRECIPITACION.....	11
RETENCION.....	11
ESCORRENTIA SUPERFICIAL.....	12
INFILTRACION.....	12
EVAPOTRANSPIRACION.....	12
ESCORRENTIA SUBTERRANEA.....	12
4.2.1 TIPOS DE CONTAMINACION DEL AGUA.....	13
CONTAMINANTES FISICOS.....	13
CONTAMINANTES QUIMICOS.....	14
CONTAMINANTES ORGANICOS.....	14
CONTAMINANTES BIOLÓGICOS.....	14
4.2.2 CONTAMINACION DEL SUELO.....	16
4.2.2.1 SUELO.....	17
4.2.2.2 FORMACION DEL SUELO.....	18
4.2.2.3 CLASES DE SUELO.....	20
4.2.2.4 CLASIFICACION DE LOS SUELOS.....	21
4.2.2.5 CIENCIAS QUE ESTUDIAN LOS SUELOS.....	22
GEOLOGIA.....	22
EDAFOLOGIA.....	22
PEDOLOGIA.....	23
4.2.2.6 CLASIFICACION DE LOS SUELOS.....	23
4.2.2.7 TEXTURA DEL SUELO.....	24
4.2.2.8 CARACTERISTICAS HIDRICAS DE LOS SUELOS.....	24
4.2.3 CONTAMINACION DEL AIRE.....	25
4.2.3.1 CARACTERIZACION DE LOS COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES.....	26
4.2.3.2 LOS GASES DE INVERNADERO CO ₂	26
4.2.3.3 LOS GASES DE INVERNADERO CH ₄	27
4.2.3.4 LOS GASES DE INVERNADERO DAÑINOS PARA LA CAPA DE OZONO.....	28
4.2.3.5 MATERIAL PARTICULADO.....	29
4.3 CAUSAS DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL.....	30
4.3.1 CONTAMINACION AMBIENTAL SEGÚN EL CONTAMINANTE.....	30
CONTAMINACION QUIMICA.....	30
CONTAMINACION RADIACTIVA.....	30
CONTAMINACIÓN TÉRMICA.....	30
CONTAMINACION ACUSTICA.....	30
CONTAMINACION ELECTROMAGNÉTICA.....	31
CONTAMINACION LUMINICA.....	31
4.3.2 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL.....	31
4.3.3 EFECTOS DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL.....	31

4.4 MUESTREO.....	32
4.4.1 TOMA Y CONSERVACION DE LA MUESTRA.....	32
4.4.2 TOMA DE MUESTRA DE DISTINTAS PROCEDENCIAS.....	34
4.4.3 TIPOS DE MUESTRAS.....	35
4.4.4 METODOS DE TOMA DE MUESTRA.....	35
4.4.4.1 ENVASES.....	36
4.4.4.2 CANTIDAD.....	36
4.4.5 CONSERVACION DE LAS MUESTRAS.....	36
4.4.5.1 CONSERVACION DE LA MUESTRA ANTES DEL ANALISIS.....	36
4.4.5.2 TECNICAS DE CONSERVACION.....	37
4.5 PRINCIPALES PARAMETROS MEDIBLES EN LABORATORIO.....	39
4.5.1 PARAMETROS FISICOS.....	39
SABOR Y OLOR.....	39
COLOR.....	39
TURBIDEZ.....	40
CONDUCTIVIDAD Y RESISTIVIDAD.....	41
4.5.2 PARAMETROS QUIMICOS.....	43
pH.....	43
DUREZA.....	45
ALCALINIDAD.....	45
COLOIDES.....	47
ACIDEZ MINERAL.....	48
SOLIDOS DISUELTOS.....	48
SOLIDOS EN SUSPENSION.....	48
SOLIDOS TOTALES.....	48
RESIDUO SECO.....	48
CLORUROS.....	48
SULFATOS.....	48
FOSFATOS.....	50
FLUORUROS.....	50
SILICE.....	51
SODIO.....	51
POTASIO.....	51
CALCIO.....	52
MAGNESIO.....	52
HIERRO.....	52
MANGANESO.....	53
METALES TOXICOS.....	53
GASES DISUELTOS.....	53
4.5.3 PARAMETROS BIOLÓGICOS.....	54
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO.....	54
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO.....	56
CARBÓN ORGÁNICO TOTAL.....	57
4.5.4 PARAMETROS BACTERIOLÓGICOS.....	57
4.6 CONTROL DE CALIDAD.....	59
4.6.1 DEFINICIONES.....	59
4.6.2 CONTROL DE CALIDAD BASADO EN MATERIALES DE REFERENCIA.....	60
4.6.2.1 REALIZACION DE LOS ENSAYOS.....	61
4.6.2.2 REGISTROS.....	61
4.6.2.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	62
5 ISO 17025.....	62
5.1 SISTEMA DE CALIDAD.....	65
6 DESCRIPCION DEL AREA DE TRABAJO.....	66
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL.....	66
CAPACIDADES DESARROLLADAS Y PROYECCIONES FUTURAS.....	68
EL AREA DE INVESTIGACION.....	68
ESTUDIOS EN AGUAS SUPERFICIALES.....	69

ESTUDIOS EN CALIDAD DEL AIRE.....	69
7 METODOLOGIA.....	69
7.1 MODULO DE AGUAS.....	69
7.1.1 ALCALINIDAD.....	70
7.1.2 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.....	71
7.1.3 CLORUROS.....	72
7.1.4 DBO – 5.....	72
7.1.5 DQO.....	75
7.1.6 MEDICION DE pH.....	75
7.1.7 SULFATOS.....	76
7.1.8 SOLIDOS SUPENDIDOS.....	78
7.1.9 SOLIDOS DISUELTOS.....	79
7.1.10 SOLIDOS TOTALES.....	79
7.1.11 TURBIDEZ.....	80
7.2 MODULO SUELOS.....	81
7.2.1 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.....	81
7.2.2 CARBONO ORGANICO TOTAL.....	82
7.2.3 MEDICION DE pH.....	83
7.3 MUESTREO EN ESCOMA Y EN EPSAS.....	83
8 TRATAMIENTO DE DATOS.....	86
8.1 MODULO DE AGUAS.....	86
8.1.1 ALCALINIDAD.....	86
8.1.2 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.....	87
8.1.3 CLORUROS.....	87
8.1.4 DBO – 5.....	88
8.1.5 DQO.....	89
8.1.6 MEDICION DE pH.....	90
8.1.7 SULFATOS.....	90
8.1.8 SOLIDOS SUPENDIDOS.....	91
8.1.9 SOLIDOS DISUELTOS.....	92
8.1.10 SOLIDOS TOTALES.....	92
8.1.11 TURBIDEZ.....	92
8.2 MODULO SUELOS.....	93
9 Contribución al Laboratorio de calidad Ambiental.....	93
DQO (COLORIMETRIA A REFLUJO CERRADO).....	95
DQO (TITULOMETRICO A REFLUJO CERRADO).....	96
10 CONCLUSIONES.....	97
11 BIBLIOGRAFIA.....	98
ANEXOS.....	100
IBNORCA- NORMA BOLIVIANA-NB	
Parámetros que ofrece el LCA	
Tabla de parámetros de aguas	

1 RESUMEN

Cada día las exigencias ambientales en cuanto a la preservación y cuidado del medio ambiente van en aumento, por ello los instrumentos de control se hacen imprescindibles. Uno de los principales obstáculos con el que varias industrias han tropezado en el momento de realizar sus evaluaciones ambientales es la carencia de laboratorios ambientales certificados.

En la presente monografía se describe el trabajo realizado en los tres meses de pasantía, que consiste básicamente en el apoyo, análisis y optimización de diferentes parámetros para la calidad de aguas y la calidad de suelos. Se realizó un promedio de cinco ensayos por día, además de realizar un apoyo constante en los análisis de rutina para el módulo de aguas y suelos en: alcalinidad, conductividad eléctrica, cloruros, DBO-5, DQO, medición de pH, sulfatos, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos totales, turbidez. pH (acuoso), materia orgánica.

Entre los métodos utilizados para la realización de los diferentes ensayos tenemos: *métodos normalizados de análisis en aguas y aguas residuales (smw 20th edition, 19 th edition)*; *agencia de protección del medio ambiente (EPA)* y *procedimiento para el análisis de suelos (ISRIC 4 th edition)*.

También se muestra en la presente monografía el procedimiento utilizado en un muestreo real con la *Empresa Publica Social de Aguas y Saneamiento (EPSAS: Achachicala; Pamphajasi)* de la ciudad de La Paz y otro en la cuenca del río Suhez. En los que participaron personal del laboratorio de calidad ambiental y mi persona.

Finalmente se realizó una comparación de métodos titulométrico y colorimétrico a reflujo cerrado para la determinación de DQO.

2 OBJETIVO GENERAL

Optimizar las técnicas utilizadas para la medición de parámetros en el módulo de aguas y suelos.

3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una optimización del proceso de medición de los parámetros: Alcalinidad, conductividad eléctrica, cloruros, DBO-5, DQO, pH, sulfatos, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, y turbidez en aguas.
- Realizar en todos los procedimientos de análisis controles estadísticos y de control de calidad.
- Describir el proceso de medición de los parámetros: Conductividad eléctrica, materia orgánica y pH en suelos.
- Comparar resultados de la determinación de la demanda química de oxígeno (DQO), por dos métodos: Titulación y colorimétrico, ambos a reflujos cerrados.
- Describir el proceso de medición de los parámetros: Conductividad eléctrica, materia orgánica y pH – acuoso en suelos.
- Explicar y describir el modo de muestreo en campo, en las plantas de tratamiento de EPSAS (Empresa Pública Social de Aguas y Saneamiento) y en la cuenca del río Suchez.

4 REVISION BIBLIOGRÁFICA

4.1 CONTAMINACION AMBIENTAL

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que

puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico, el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizarlos. Para ello es necesario que proteja los recursos renovables y no renovables y que tome conciencia de que el saneamiento del ambiente es fundamental para la vida sobre el planeta. La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza.

La contaminación puede surgir a partir de ciertas manifestaciones de la naturaleza (fuentes naturales) o bien debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas) que conforman las actividades de la vida diaria.

Las fuentes que generan contaminación de origen antropogénico más importantes son: industriales (frigoríficos, mataderos y curtiembres, actividad minera y petrolera), comerciales (envolturas y empaques), agrícolas (agroquímicos), domiciliarias (envases, pañales, restos de jardinería) y fuentes móviles (gases de combustión de vehículos). Como fuente de emisión se entiende el origen físico o geográfico donde se produce una liberación contaminante al ambiente, ya sea al aire, al agua o al suelo. Tradicionalmente el medio ambiente

se ha dividido, para su estudio y su interpretación, en esos tres componentes que son: aire, agua y suelo; sin embargo, esta división es meramente teórica, ya que la mayoría de los contaminantes interactúan con más de uno de los elementos del ambiente. ⁽⁶⁾

4.2 TIPOS DE CONTAMINACION AMBIENTAL

4.2.1 CONTAMINACION DEL AGUA

4.2.1.1 AGUA

Desde el espacio sideral a 160 000 km, nuestro planeta destaca en el fondo negro del vacío como una esfera azul, cruzada por las manchas blancas de las nubes. Tres cuartas partes de su superficie la cubren los mares y los océanos, y de las tierras emergidas una décima parte la cubren los glaciares y las nieves perpetuas.

El agua conforma todo el paisaje del planeta: aparente en ríos, lagos, mares, nubes y hielos; sutil en la humedad superficial; notada sólo en el rocío de la madrugada; oculta dentro de la corteza terrestre misma en donde hay una gran cantidad, hasta cinco kilómetros de profundidad. En esta sección daremos una idea de la magnitud de los recursos acuáticos.

El volumen de agua en nuestro planeta se estima en unos 1 460 millones de kilómetros cúbicos. Un kilómetro cúbico es un volumen muy grande: mil millones de metros cúbicos, es decir aproximadamente toda el agua que llega a la ciudad de México durante nueve horas; así que, si pudiese bombearse toda el agua de la Tierra por nuestra ciudad tendrían que pasar un millón quinientos mil años.

Noventa y cuatro por ciento del volumen total del agua existente en la Tierra está en los mares y océanos, cuatro por ciento dentro de la corteza terrestre, hasta una profundidad de 5 km. El resto en los glaciares y nieves eternas y en lagos, humedad superficial, vapor atmosférico y ríos.

En cantidades absolutas, sin embargo, las cifras son enormes. En la tabla se resumen éstas:

En los océanos y los mares	1 370 000 000	km ³
En la corteza terrestre	60 000 000	"
En los glaciares y nieves perpetuas	29 170 000	"
En los lagos	750 000	"
En la humedad del suelo	65 000	"
En el vapor atmosférico	14 000	"
En los ríos	1 000	"
TOTAL	1 460 000 000	km³

Por supuesto estas cifras sólo tienen el propósito de dar una idea de la magnitud del recurso. De hecho, los científicos que las han estudiado consideran que sus cálculos fácilmente tienen un error de 10 a 15% o más. Ello se debe principalmente a que las aguas están en continuo movimiento: se evaporan, se condensan, se filtran por la tierra o son arrastradas por los ríos al mar, los hielos de los polos se rompen, migran y se funden...

Por ejemplo, refiriéndonos tan sólo a la evaporación, únicamente de los océanos anualmente se van a la atmósfera 449 000 km³ (que si pasaran en forma de agua líquida a través del suministro a la ciudad de México tardarían en hacerlo 461 años con 4 meses y unos cuantos días).

4.2.1.2 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA

a) FÍSICAS

El agua es un líquido inodoro e insípido. Tiene un cierto color azul cuando se concentra en grandes masas. A la presión atmosférica (760 mm de mercurio), el punto de fusión del agua pura es de 0°C y el punto de ebullición es de 100°C, cristaliza en el sistema hexagonal, llamándose nieve o hielo según se presente de forma esponjosa o compacta, se expande al congelarse, es decir aumenta de volumen, de ahí que la densidad del hielo sea menor que la del agua y por ello el

hielo flota en el agua líquida. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4°C, que es de 1g/cc.

Su capacidad calorífica es superior a la de cualquier otro líquido o sólido, siendo su calor específico de 1 cal/g, esto significa que una masa de agua puede absorber o desprender grandes cantidades de calor, sin experimentar apenas cambios de temperatura, lo que tiene gran influencia en el clima (las grandes masas de agua de los océanos tardan más tiempo en calentarse y enfriarse que el suelo terrestre). Sus calores latentes de vaporización y de fusión (540 y 80 cal/g, respectivamente) son también excepcionalmente elevados.

b) QUÍMICAS

El agua es el compuesto químico más familiar para nosotros, el más abundante y el de mayor significación para nuestra vida. Su excepcional importancia, desde el punto de vista químico, reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, no solo en organismos vivos, sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en el laboratorio y en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua, esto es en disolución. Normalmente se dice que el agua es el disolvente universal, puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en ella.

No posee propiedades ácidas ni básicas, combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas.

4.2.1.3 CICLO HIDROLÓGICO DE AGUA

El agua no permanece estacionaria sobre la Tierra sino que se establece una circulación del agua entre los océanos, la atmósfera y la litosfera-biosfera de forma permanente. Es lo que se conoce como ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico se podría definir como el "proceso que describe la ubicación y el movimiento del agua en nuestro planeta". Es un proceso continuo

en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación, escorrentía superficial y/o escorrentía subterránea.

El concepto de ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía Solar y la gravedad. ⁽⁷⁾

4.2.1.4 Fases del ciclo hidrológico

Evaporación

El ciclo se inicia sobre todo en las grandes superficies líquidas (lagos, mares y océanos) donde la radiación solar favorece que continuamente se forme vapor de agua. El vapor de agua, menos denso que el aire, asciende a capas más altas de la atmósfera, donde se enfría y se condensa formando nubes.

Precipitación

Cuando por condensación las partículas de agua que forman las nubes alcanzan un tamaño superior a 0,1 mm comienza a formarse gotas, gotas que caen por gravedad dando lugar a las precipitaciones (en forma de lluvia, granizo o nieve).

Retención

Pero no toda el agua que precipita llega a alcanzar la superficie del terreno. Una parte del agua de precipitación vuelve a evaporarse en su caída y otra parte es retenida (“agua de intercepción”) por la vegetación, edificios, carreteras, etc., y luego se evapora.

Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en charcos, lagos y embalses (“almacenamiento superficial”) volviendo una gran parte de nuevo a la atmósfera en forma de vapor.

Escorrentía superficial.

Otra parte circula sobre la superficie y se concentra en pequeños cursos de agua, que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos (“escorrentía superficial”). Esta agua que circula superficialmente irá a parar a lagos o al mar, donde una parte se evaporará y otra se infiltrará en el terreno.

Infiltración

Pero también una parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno (“infiltración”) a través de los poros y fisuras del suelo o las rocas, rellenando de agua el medio poroso.

Evapotranspiración

En casi todas las formaciones geológicas existe una parte superficial cuyos poros no están saturados en agua, que se denomina “zona no saturada”, y una parte inferior saturada en agua, y denominada “zona saturada”. Una buena parte del agua infiltrada nunca llega a la zona saturada sino que es interceptada en la zona no saturada. En la zona no saturada una parte de esta agua se evapora y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, y otra parte, mucho más importante cuantitativamente, se consume en la “transpiración” de las plantas. Los fenómenos de evaporación y transpiración en la zona no saturada son difíciles de separar, y es por ello por lo que se utiliza el término “evapotranspiración” para englobar ambos términos.

Escorrentía subterránea.

El agua que desciende, por gravedad-percolación y alcanza la zona saturada constituye la “recarga de agua subterránea.

El agua subterránea puede volver a la atmósfera por evapotranspiración cuando el nivel saturado queda próximo a la superficie del terreno. Otras veces, se produce la descarga de las aguas subterráneas, la cual pasará a engrosar el caudal de los ríos, rezumando directamente en el cauce o a través de manantiales, o descarga directamente en el mar, u otras grandes superficies de agua, cerrándose así el ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo pero irregular en el espacio y en el tiempo. Una gota de lluvia puede recorrer todo el ciclo o una parte de él. Cualquier acción del hombre en una parte del ciclo, alterará el ciclo entero para una determinada región. El hombre actúa introduciendo cambios importantes en el ciclo hidrológico de algunas regiones de manera progresiva al desecar zonas pantanosas, modificar el régimen de los ríos, construir embalses, etc.

El ciclo hidrológico no sólo transfiere vapor de agua desde la superficie de la Tierra a la atmósfera sino que colabora a mantener la superficie de la Tierra más fría y la atmósfera más caliente. Además juega un papel de vital importancia: permite dulcificar las temperaturas y precipitaciones de diferentes zonas del planeta, intercambiando calor y humedad entre puntos en ocasiones muy alejados.

Las tasas de renovación del agua, o tiempo de residencia medio, en cada una de las fases del ciclo hidrológico no son iguales. Por ejemplo, el agua de los océanos se renueva lentamente, una vez cada 3.000 años, en cambio el vapor atmosférico lo hace rápidamente, cada 10 días aproximadamente.

4.2.1 TIPOS DE CONTAMINACION DEL AGUA

Contaminantes físicos

Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica).

Contaminantes químicos

Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua. Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e

industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia. Esta lluvia ácida, tiene efectos nocivos que pueden observarse tanto en la vegetación como en edificios y monumentos de las ciudades industrializadas.

Los contaminantes orgánicos

También son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Los contaminantes orgánicos consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática (eutrofización).

Las concentraciones anormales de compuestos de nitrógeno en el agua, tales como el amoníaco o los cloruros se utilizan como índice de la presencia de dichas impurezas contaminantes en el agua.

Contaminantes biológicos

Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua.

Ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas. La eliminación de los virus que se transportan en el agua es un trabajo muy difícil y costoso.

INGREDIENTES TÓXICOS EN PRODUCTOS DE USO COTIDIANO QUE CONTAMINAN EL AGUA ⁽⁸⁾

PRODUCTO	INGREDIENTE	EFEECTO
Limpiadores domésticos	Polvos y limpiadores abrasivos Fosfato de sodio, amoníaco, etanol	Corrosivos, tóxicos e irritantes
Limpiadores con amonía	Amoníaco, etanol	Corrosivos, tóxicos e irritantes
Blanqueadores	Hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio o calcio	Tóxicos y corrosivos
Desinfectantes	Etilen y metilen glicol, hipoclorito de sodio	Tóxicos y corrosivos
Destapacaños	Hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hipoclorito de sodio, ácido clorhídrico, destilados de petróleo	Extremadamente corrosivos y tóxicos
Pulidores de pisos y muebles	Amoníaco, dietilenglicol, destilados de petróleo, nitrobenzeno, nafta y fenoles	Inflamables y tóxicos
Limpiadores y pulidores de metales	Tiourea y ácido sulfúrico	Corrosivos y tóxicos
Limpiadores de hornos	Hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, amoníaco	Corrosivos y tóxicos
Limpiadores de inodoros	Ácido oxálico, ácido muriático, para diclorobenceno e hipoclorito de sodio	Corrosivos, tóxicos e irritantes
Limpiadores de alfombras	Naftaleno, percloroetileno, ácido oxálico y dietilenglicol	Corrosivos, tóxicos e irritantes
Productos en aerosol	Hidrocarburos. Inflamables	Tóxicos e irritantes
Pesticidas y repelentes de insectos	Organofosfatos, carbamatos y piretinas	Tóxicos y venenosos
Adhesivos	Hidrocarburos	Inflamables e irritantes
Anticongelantes	Etilenglicol	Tóxico
Gasolina	Tetraetilo de plomo	Tóxico e inflamable
Aceite para motor	Hidrocarburos, metales pesados	Tóxico e inflamable
Líquido de transmisión	Hidrocarburos, metales pesados	Tóxico e inflamable
Líquido limpiaparabrisas	Detergentes, metanol	Tóxico
Baterías	Ácido sulfúrico, plomo	Tóxico
Líquido para frenos	Glicoles, éteres	Inflamables
Cera para carrocerías	Naftas	Inflamable e irritante

4.2.2 CONTAMINACIÓN DEL SUELO ⁽¹⁰⁾

Las sustancias descargadas por la minería entran en un proceso de reciclaje ambiental, dominado por la dinámica del ambiente receptor, y en algún momento tendrán que llegar obligatoriamente a los suelos, donde tenderán a ser acumulados. Si la descarga persiste el tiempo suficiente, se podrían exceder los umbrales de seguridad ambiental.

Los elementos metálicos emitidos son llamados metales pesados, que son todos aquellos con densidad igual o mayor a 5g/cc. El concepto abarca 60 elementos, de casi todos los grupos del sistema periódico, muy diversos y algunos de síntesis artificial; sin embargo, excluye elementos no metálicos y/o de densidad menor, como el selenio, molibdeno y arsénico, que son contaminantes, tóxicos tales como elementos traza o microelementos, a pesar de no tener especificidad química, por lo menos restringen el grupo a elementos de síntesis natural en la litosfera en baja concentración.

Independiente del término empleado, lo importante es que las descargas mineras aportan al ambiente una carga adicional de elementos persistentes y con alto potencial tóxico, muchos de ellos biomagnificables y con largos tiempos de residencia en los suelos. Para un ambiente dado, el impacto de esta contaminación, medido por la magnitud e irreversibilidad de los daños, extensión de superficie afectada e instantaneidad de emergencia, es función del elemento y del estilo de descarga.

La respuesta de una especie vegetal en un suelo, a la disponibilidad creciente de un elemento esencial, puede describirse por las siguientes cinco zonas indicadas.

- A: Ausencia de la especie, por disponibilidad del metal bajo el límite crítico de subsistencia.
- B: Desarrollo poblacional deficiente (individuos mal desarrollados, densidad poblacional baja o distribución irregular), entre los límites críticos de subsistencia y suficiencia.
- C: Tolerancia y desarrollo óptimo de la población, entre el límite de suficiencia y el máximo de tolerancia.

- D: Desarrollo poblacional deficiente (similar a B), entre el límite máximo de tolerancia y el límite de letalidad.
- E: Ausencia de la especie (similar a A) sobre el límite de letalidad.

El grupo de límites críticos será específico para cada trío elemento-especie-suelo, reflejando la cuantía en que el elemento es requerido, su potencial tóxico, la sensibilidad de la especie afectada y la capacidad tampón a ese elemento, que posee el suelo donde se produce el contacto elemento-planta. La evaluación de un proceso de aportes de metales es muy compleja, ya que las respuestas vegetales no siempre son coherentes. Algunas especies son tolerantes selectivas, es decir, tolerantes a unos elementos y sensibles a otros. Otras presentan exclusividad en sus respuestas, siendo siempre tolerantes, semitolerantes o sensibles. La respuesta de una especie no debe verse a nivel de individuo sino poblacional, ya que puede existir una amplia variación en la sensibilidad individual al contaminante.

Como ejemplo del potencial tóxico expresado por un elemento frente a una especie, una experiencia nacional de cultivo de alfalfa en diferentes suelos del país dio un límite de cobre variable desde 1.600 mg/kg a 100 mg/kg. En general, la toxicidad del cobre fue reducida por la concurrencia de al menos una de las siguientes condiciones: una abundante fracción arcilla dominada por minerales, una abundante fracción orgánica y una abundante dotación de calcio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros países. En términos generales, la biomagnificación tiene una relación inversa con la esencialidad del elemento. Los elementos no esenciales tienden a ser absorbidos por vía pasiva en función a su disponibilidad en el suelo, mientras los no esenciales son absorbidos activamente.

4.2.2.1 SUELO

Es la cubierta superficial de la mayoría de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

Los suelos cambian mucho de un lugar a otro. La composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado, están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas. Las variaciones del suelo en la naturaleza son graduales, excepto las derivadas de desastres naturales. Sin embargo, el cultivo de la tierra priva al suelo de su cubierta vegetal y de mucha de su protección contra la erosión del agua y del viento, por lo que estos cambios pueden ser más rápidos. Los agricultores han tenido que desarrollar métodos para prevenir la alteración perjudicial del suelo debida al cultivo excesivo y para reconstruir suelos que ya han sido alterados con graves daños.

El conocimiento básico de la textura del suelo es importante para los ingenieros que construyen edificios, carreteras y otras estructuras sobre y bajo la superficie terrestre. Sin embargo, los agricultores se interesan en detalle por todas sus propiedades, porque el conocimiento de los componentes minerales y orgánicos, de la aireación y capacidad de retención del agua, así como de muchos otros aspectos de la estructura de los suelos, es necesario para la producción de buenas cosechas. Los requerimientos de suelo de las distintas plantas varían mucho, y no se puede generalizar sobre el terreno ideal para el crecimiento de todas las plantas. Muchas plantas, como la caña de azúcar, requieren suelos húmedos que estarían insuficientemente drenados para el trigo. Las características apropiadas para obtener con éxito determinadas cosechas no sólo son inherentes al propio suelo; algunas de ellas pueden ser creadas por un adecuado acondicionamiento del suelo.

4.2.2.2. FORMACION DEL SUELO

Los componentes primarios del suelo son:

- compuestos inorgánicos, no disueltos, producidos por la meteorización y la descomposición de las rocas superficiales;
- los nutrientes solubles utilizados por las plantas;

- distintos tipos de materia orgánica, viva o muerta y
- gases y agua requeridos por las plantas y por los organismos subterráneos.

La naturaleza física del suelo está determinada por la proporción de partículas de varios tamaños. Las partículas inorgánicas tienen tamaños que varían entre el de los trozos distinguibles de piedra y grava hasta los de menos de 1/40.000 centímetros. Las grandes partículas del suelo, como la arena y la grava, son en su mayor parte químicamente inactivas; pero las pequeñas partículas inorgánicas, componentes principales de las arcillas finas, sirven también como depósitos de los que las raíces de las plantas extraen nutrientes. El tamaño y la naturaleza de estas partículas inorgánicas diminutas determinan en gran medida la capacidad de un suelo para almacenar agua, vital para todos los procesos de crecimiento de las plantas.

La parte orgánica del suelo está formada por restos vegetales y restos animales, junto a cantidades variables de materia orgánica amorfa llamada humus. La fracción orgánica representa entre el 2 y el 5% del suelo superficial en las regiones húmedas, pero puede ser menos del 0.5% en suelos áridos o más del 95% en suelos de turba.

El componente líquido de los suelos, denominado por los científicos solución del suelo, es sobre todo agua con varias sustancias minerales en disolución, cantidades grandes de oxígeno y dióxido de carbono disueltos. La solución del suelo es muy compleja y tiene importancia primordial al ser el medio por el que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas. Cuando la solución del suelo carece de los elementos requeridos para el crecimiento de las plantas, el suelo es estéril.

Los principales gases contenidos en el suelo son el oxígeno, el nitrógeno y el dióxido de carbono. El primero de estos gases es importante para el metabolismo de las plantas porque su presencia es necesaria para el

crecimiento de varias bacterias y de otros organismos responsables de la descomposición de la materia orgánica. La presencia de oxígeno también es vital para el crecimiento de las plantas ya que su absorción por las raíces es necesaria para sus procesos metabólicos.

4.2.2.3 CLASES DE SUELO

Los suelos muestran gran variedad de aspectos, fertilidad y características químicas en función de los materiales minerales y orgánicos que lo forman. El color es uno de los criterios más simples para calificar las variedades de suelo. La regla general, aunque con excepciones, es que los suelos oscuros son más fértiles que los claros. La oscuridad suele ser resultado de la presencia de grandes cantidades de humus. A veces, sin embargo, los suelos oscuros o negros deben su tono a la materia mineral o a humedad excesiva; en estos casos, el color oscuro no es un indicador de fertilidad.

Los suelos rojos o castaño-rojizos suelen contener una gran proporción de óxidos de hierro (derivado de las rocas primigenias) que no han sido sometidos a humedad excesiva. Por tanto, el color rojo es, en general, un indicio de que el suelo está bien drenado, no es húmedo en exceso y es fértil. En muchos lugares del mundo, un color rojizo puede ser debido a minerales formados en épocas recientes, no disponibles químicamente para las plantas. Casi todos los suelos amarillos o amarillentos tienen escasa fertilidad. Deben su color a óxidos de hierro que han reaccionado con agua y son de este modo señal de un terreno mal drenado. Los suelos grisáceos pueden tener deficiencias de hierro u oxígeno, o un exceso de sales alcalinas, como carbonato de calcio.

La textura general de un suelo depende de las proporciones de partículas de distintos tamaños que lo constituyen. Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm. En general, las partículas de arena pueden verse con facilidad y son rugosas al tacto. Las partículas de limo apenas se ven sin la ayuda de un

microscopio y parecen harina cuando se tocan. Las partículas de arcilla son invisibles si no se utilizan instrumentos y forman una masa viscosa cuando se mojan.

En función de las proporciones de arena, limo y arcilla, la textura de los suelos se clasifica en varios grupos definidos de manera arbitraria. Algunos son: la arcilla arenosa, la arcilla limosa, el limo arcilloso, el limo arcilloso arenoso, el fango arcilloso, el fango, el limo arenoso y la arena limosa. La textura de un suelo afecta en gran medida a su productividad. Los suelos con un porcentaje elevado de arena suelen ser incapaces de almacenar agua suficiente como para permitir el buen crecimiento de las plantas y pierden grandes cantidades de minerales nutrientes por lixiviación hacia el subsuelo. Los suelos que contienen una proporción mayor de partículas pequeñas, por ejemplo las arcillas y los limos, son depósitos excelentes de agua y encierran minerales que pueden ser utilizados con facilidad. Sin embargo, los suelos muy arcillosos tienden a contener un exceso de agua y tienen una textura viscosa que los hace resistentes al cultivo y que impide, con frecuencia, una aireación suficiente para el crecimiento normal de las plantas.

4.2.2.4 CLASIFICACION DE LOS SUELOS

Los suelos se dividen en clases según sus características generales. La clasificación se suele basar en la morfología y la composición del suelo, con énfasis en las propiedades que se pueden ver, sentir o medir por ejemplo, la profundidad, el color, la textura, la estructura y la composición química. La mayoría de los suelos tienen capas características, llamadas horizontes; la naturaleza, el número, el grosor y la disposición de éstas también es importante en la identificación y clasificación de los suelos.

Las propiedades de un suelo reflejan la interacción de varios procesos de formación que suceden de forma simultánea tras la acumulación del material primigenio. Algunas sustancias se añaden al terreno y otras desaparecen. La transferencia de materia entre horizontes es muy corriente. Algunos materiales se

transforman. Todos estos procesos se producen a velocidades diversas y en direcciones diferentes, por lo que aparecen suelos con distintos tipos de horizontes o con varios aspectos dentro de un mismo tipo de horizonte.

Los suelos que comparten muchas características comunes se agrupan en series y éstas en familias. Del mismo modo, las familias se combinan en grupos, y éstos en subórdenes que se agrupan a su vez en órdenes.

Los nombres dados a los órdenes, subórdenes, grupos principales y subgrupos se basan, sobre todo, en raíces griegas y latinas. Cada nombre se elige tratando de indicar las relaciones entre una clase y las otras categorías y de hacer visibles algunas de las características de los suelos de cada grupo. Los suelos de muchos lugares del mundo se están clasificando según sus características lo cual permite elaborar mapas con su distribución.

4.2.2.5 CIENCIAS QUE ESTUDIAN LOS SUELOS

Geología

Campo de la ciencia que se interesa por el origen del planeta Tierra, su historia, su forma, la materia que lo configura y los procesos que actúan o han actuado sobre él. Es una de las muchas materias relacionadas como ciencias de la Tierra, o geociencia, y los geólogos son científicos de la Tierra preocupados por las rocas y por los materiales derivados que forman la parte externa de la Tierra. Para comprender estos cuerpos, se sirven de conocimientos de otros campos, por ejemplo de la física, química y biología. De esta forma, temas geológicos como la geoquímica, la geofísica, la geocronología (que usa métodos de datación) y la paleontología, ahora disciplinas importantes por derecho propio, incorporan otras ciencias, y esto permite a los geólogos comprender mejor el funcionamiento de los procesos terrestres a lo largo del tiempo.

Edafología

Ciencia que estudia las características de los suelos, su formación y su evolución (edafogénesis), sus propiedades físicas, morfológicas, químicas y mineralógicas y su distribución. También comprende el estudio de las aptitudes

de los suelos para la explotación agraria o forestal. La edafología se constituye como ciencia a finales del siglo XIX, gracias a las investigaciones del geólogo ruso Dokouchaev sobre los suelos de Ucrania. Basándose en zanjas, Dokouchaev estableció y describió por primera vez perfiles de suelos caracterizados por horizontes, para llegar a la conclusión de que la naturaleza de los suelos depende de la vegetación y el clima. Estos trabajos, apoyados en una cartografía de suelos, suscitaron mucho interés y marcaron el origen de un avance muy rápido en todo el mundo. Los suelos se desarrollan bajo la influencia del clima, la vegetación, los animales, el relieve y la roca madre. La edafología se sitúa en la encrucijada de las ciencias de la Tierra y de la vida y es fundamental para la conservación del medio ambiente natural.

Pedología

Ciencia que estudia la tierra apta para el cultivo.

4.2.2.6 CLASIFICACION DE LOS SUELOS

Clasificación N°1

- **Suelos zonales:** Suelos que reflejan la influencia del clima y la vegetación como los controles más importantes.
- **Suelos azonales:** Son aquellos que no tienen límites claramente definidos y no están mayormente influenciados por el clima.
- **Suelos intrazonales:** Son aquellos que reflejan la influencia dominante de un factor local sobre el efecto normal del clima y la vegetación. Ej.: los suelos hidromorficos (pantanos) o calcimorficos formados por calcificación.

Clasificación N°2

- **Suelos exodinamorficos :** Son aquellos suelos que reflejan la influencia del clima y la vegetación.
- **Suelos exodinamorficos :** Son aquellos suelos influenciados por el material parental.

Clasificación N°3

- **Pedocales** : Suelos con acumulación de carbonatos de calcio, generalmente están en ambientes áridos y semiáridos.
- **Pedalfers** : Suelos con alta lixiviación y segregación de Al y Fe , generalmente están en ambientes húmedos.

4.2.2.7 TEXTURA DEL SUELO

La textura de un suelo esta expresada por la distribución del tamaño de las partículas sólidas que comprenden el suelo. En otras palabras por la composición granulométricas del suelo, previa dispersión de sus agregados.

4.2.2.8 CARACTERISTICAS HIDRICAS DE LOS SUELOS

Agua estructural: Esta contenida en los minerales del suelo (hidromica, óxidos hidratados, etc.) solamente son liberados en procesos edáficos

Agua hidroscópica: Es Agua inmóvil, es removida solamente por calentamiento o sequía prolongada.

Agua capilar: Es agua retenida en los microporos por fuerza de capilaridad, el agua de los capilares mayores puede percolar pero no puede drenar fuera del perfil

Agua gravitacional: Es agua retenida en los macro poros y puede drenar fuera del perfil.

Tamaño del poro con relación al tipo de agua

Capacidad de retención de agua.

La capacidad de campo marca el límite entre el agua capilar y gravitacional, indica la máxima cantidad de agua que puede retener el suelo después de tres días de aporte de agua.

En la capacidad de campo de un suelo franco o arcilloso, este retiene agua a 0,3 atm

Mientras que los suelos arenosos lo hacen a 0,1 atm.

4.2.3 CONTAMINACION DEL AIRE

El aire limpio se compone de elementos químicos que se han producido naturalmente por miles de años. El nitrógeno y el oxígeno son los elementos que conforman mayoritariamente el aire. El aire limpio contiene cantidades variables de vapor de agua y trazas de gases como el helio y dióxido de carbono. Se dice que el aire es limpio cuando los niveles químicos y físicos de sus componentes, no afectan el bienestar humano.



La contaminación del aire se asocia a la actividad del hombre, aunque la naturaleza también tiene un efecto contaminante, por ejemplo durante erupciones volcánicas. La contaminación se agudiza con el aumento de la población y las actividades derivadas de la industrialización y del uso masivo de los diferentes medios de transporte. Esto se debe a que la mayor parte de las fuentes de contaminación se asocian al uso de combustibles fósiles, tales como el carbón, petróleo, gasolina y gas natural. La quema de combustibles fósiles produce gases dañinos, entre otros, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COV); también genera material particulado de pequeños tamaños, tales como el hollín y la ceniza.

4.2.3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV)

- Para la caracterización de los compuestos orgánicos volátiles (COV) se utilizan los siguientes criterios:
 - Por especies
 - Por grupos de especies
 - Por clases, según reacciones químicas y magnitudes de emisión

- Luego de caracterizados los COV se establece lo siguiente:
 - Se identifican y contabilizan las fuentes
 - Se establece su uso en tiempo y magnitud
 - Para fuentes naturales (ej. vegetación o pantanos) se determina su tiempo de crecimiento y el periodo vegetativo por estación del año.

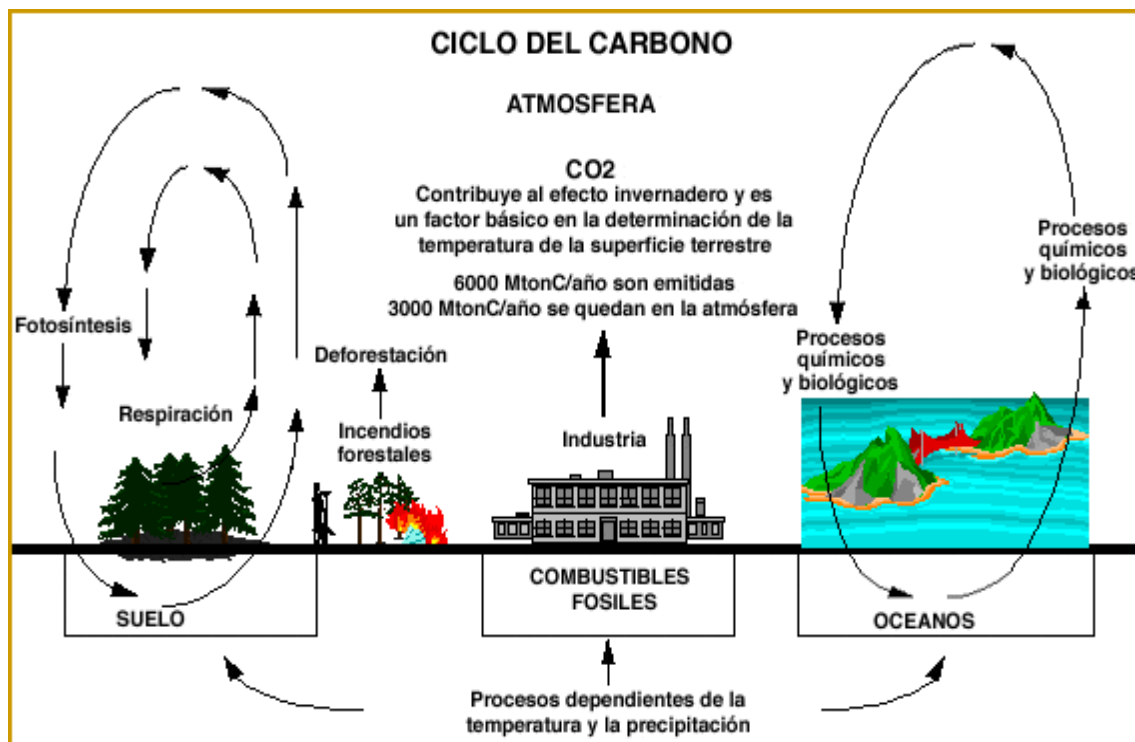
4.2.3.2 LOS GASES DE INVERNADERO: CO₂

El anhídrido carbónico es el gas de invernadero que más participa en el calentamiento global del planeta; contribuye con un 63% del total. Le sigue el metano con un 16%, los CFCs con 11%, los óxidos de nitrógeno con 5% y otros gases diversos, el resto.

El anhídrido carbónico es el gas que ha tenido el mayor incremento en la atmósfera. Actualmente aumenta a razón de 5% por década y se piensa que en los últimos 200 años se ha incrementado en un 25%. La primera causa es el uso masivo de petróleo, gas y carbón para satisfacer las demandas de fuentes energéticas de la sociedad moderna. La quema de combustibles fósiles libera anualmente alrededor de 20 billones de toneladas de ese gas a la atmósfera.

La deforestación también es una causa importante de dicho aumento; esto por los procesos de respiración animal y vegetal que liberan CO₂. También contribuyen la materia orgánica, los volcanes y los incendios de bosques y praderas.

En forma natural, debiera mantenerse un equilibrio gracias a otros procesos, por ejemplo, la fotosíntesis mediante la cual se absorbe dicho gas de invernadero y se libera oxígeno. Pero, los procesos acelerados por el hombre liberan grandes cantidades de CO_2 como es la quema de vastas regiones tropicales de bosques para su aprovechamiento en agricultura.



Los océanos y otros componentes de sus ecosistemas remueven aproximadamente la mitad del exceso de CO_2 liberado por el hombre; es un gran reservorio que tiene la particularidad de absorber y liberar este gas.

4.2.3.3 LOS GASES DE INVERNADERO: CH_4

El metano es un gas de invernadero que se genera naturalmente y también por las actividades del hombre. Debido a estas últimas, el metano ha aumentado considerablemente, siendo función del incremento de la población.

Se produce por numerosos procesos, generalmente relacionados con la vegetación, por ejemplo, la quema, su digestión o la descomposición en ausencia

de oxígeno. Se piensa que grandes cantidades de metano se liberan en los campos de arroz, donde la vegetación se descompone en los suelos pantanosos.

El ganado, especialmente el bóvido, es otra fuente importante de metano, debido al sistema digestivo que éstos tienen. Se estima que entre los campos de arroz y el ganado bovino se produce el 35% de las emisiones de metano en el mundo.

Se calcula que al menos un 15% es emitido por los grandes basurales y vertederos y por la quema de leña, combustible muy usado en las industrias del Tercer Mundo.

La quema de bosques tropicales para dedicarlos a la agricultura también es un gran contribuyente de metano. Algo similar es producido por la minería del carbón y el gas natural, donde el gas metano atrapado en sus depósitos es liberado. Fuentes naturales como los pantanos y humedales contribuyen con otro tercio del total de las emisiones.

4.2.3.4. LOS GASES DE INVERNADERO Y DAÑINOS PARA LA CAPA DE OZONO: LOS CFCs

Los clorofluorcarbonos son el grupo de químicos industriales principalmente responsables del deterioro de la capa de ozono, contribuyendo también al efecto invernadero. Si bien son menos abundantes que el CO₂, cuando se contabilizan molécula por molécula, ellos son 18.000 veces más poderosos en lo que respecta al calentamiento de la atmósfera.

Los CFCs fueron desarrollados como refrigerantes en la década de 1930; luego hacia 1950 se masificaron nuevas aplicaciones industriales especialmente como aerosoles ("spray"). Sus aplicaciones en espuma de poliuretano, refrigeración y aire acondicionado, en solventes para la limpieza de microchips y

otros equipos electrónicos los hizo mundialmente famosos, siendo muy utilizados en todos los continentes.

4.2.3.5 MATERIAL PARTICULADO

Se refiere a los aerosoles atmosféricos, a partículas y pequeñas gotas líquidas suspendidas en el aire. El rango de tamaño es muy variado, abarcando desde los 0,001 micrómetros, aerosoles microscópicos, hasta los 100 micrómetros o más visibles, de variadas formas y composición química. La composición elemental incluye diferentes elementos, unos livianos como el aluminio, silicio, potasio, calcio y, otros pesados como el hierro, zinc, vanadio, titanio, plomo. También hay compuestos orgánicos de elevada toxicidad y potencial cancerígeno y mutagénico.

El material particulado se origina desde fuentes naturales continentales como el polvo levantado por tormentas, erupciones volcánicas y otras, desde el mar por la evaporación y salpicado de gotitas de agua. El otro gran contribuyente a nivel urbano son las emisiones generadas por el hombre, llamadas fuentes antropogénicas.

Los aerosoles antropogénicos están constituidos por:

- Partículas salidas (humos), formada por la combustión, por ejemplo del petróleo, la leña o el carbón, ya sea de fuentes fijas o móviles,
- Partículas de diámetro menor a 0,2 micrómetros provenientes de la transformación de gas partícula y derivadas de reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno e hidrocarburos antropogénicos, que son básicamente las reacciones químicas generadoras del smog fotoquímicos,
- Otros aerosoles secundarios derivados de la transformación de gases en partículas, como los sulfatos o la reacción de ozono con ciertas olefinas para formar productos condensables.

Dependiendo del tamaño se clasifican en PM10 y PM 2,5.

4.3 CAUSAS DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL

- Desechos sólidos domésticos
- Desechos sólidos industriales
- Exceso de fertilizante y productos químicos
- Tala
- Quema
- Basura
- El monóxido de carbono de los vehículos
- Desagües de aguas negras o contaminadas al mar o ríos

4.3.1 CONTAMINACION AMBIENTAL SEGUN EL CONTAMINANTE

Contaminación química: refiere a cualquiera de las comentadas en los apartados anteriores, en las que un determinado compuesto químico se introduce en el medio.

Contaminación radiactiva: es aquella derivada de la dispersión de materiales radiactivos, como el uranio enriquecido, usados en instalaciones médicas o de investigación, reactores nucleares de centrales energéticas, munición blindada con metal aleado con uranio, submarinos, satélites artificiales, etc., y que se produce por un accidente (como el accidente de Chernóbil), por el uso ó por la disposición final deliberada de los residuos radiactivos.

Contaminación térmica: refiere a la emisión de fluidos a elevada temperatura; se puede producir en cursos de agua. El incremento de la temperatura del medio disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua.

Contaminación acústica: es la contaminación debida al ruido provocado por las actividades industriales, sociales y del transporte, que puede provocar malestar, irritabilidad, insomnio, sordera parcial, etc.

Contaminación electromagnética: es la producida por las radiaciones del espectro electromagnético que afectan a los equipos electrónicos y a los seres vivos.

Contaminación lumínica: refiere al brillo o resplandor de luz en el cielo nocturno producido por la reflexión y la difusión de la luz artificial en los gases y en las partículas del aire por el uso de luminarias ó excesos de iluminación, así como la intrusión de luz o de determinadas longitudes de onda del espectro en lugares no deseados.

4.3.2 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

- No quemar ni talar plantas
- Controlar el uso de fertilizantes y pesticidas
- No botar basura en lugares inapropiados
- Regular el servicio de aseo urbano
- Crear conciencia ciudadana
- Crear vías de desagües para las industrias que no lleguen a los mares ni ríos utilizados para el servicio o consumo del hombre ni animales
- Controlar los derramamientos accidentales de petróleo
- Controlar los relaves mineros

4.3.3 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Expertos en salud ambiental y cardiólogos de la Universidad de California del Sur (EE.UU), acaban de demostrar por primera vez lo que hasta ahora era apenas una sospecha: la contaminación ambiental de las grandes ciudades afecta la salud cardiovascular. Se comprobó que existe una relación directa entre el aumento de las partículas contaminantes del aire de la ciudad y el engrosamiento de la pared interna de las arterias (la "íntima media"), que es un indicador comprobado de aterosclerosis.

El efecto persistente de la contaminación del aire respirado, en un proceso silencioso de años, conduce finalmente al desarrollo de afecciones cardiovasculares agudas, como el infarto. Al inspirar partículas ambientales con un diámetro menor de 2,5 micrómetros, ingresan en las vías respiratorias más pequeñas y luego irritan las paredes arteriales. Los investigadores hallaron que por cada aumento de 10 microgramos por metro cúbico de esas partículas, la alteración de la pared íntima media de las arterias aumenta un 5,9 %. El humo del tabaco y el que en general proviene del sistema de escape de los autos producen la misma cantidad de esas partículas. Normas estrictas de aire limpio contribuirían a una mejor salud con efectos en gran escala.

Otro de los efectos es el debilitamiento de la capa de ozono, que protege a los seres vivos de la radiación ultravioleta del Sol, debido a la destrucción del ozono estratosférico por Cl y Br procedentes de la contaminación; o el calentamiento global provocado por el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico que acompaña a la combustión masiva de materiales fósiles. Lastimosamente los empresarios y sus gobiernos no se consideran parte de la naturaleza ni del ambiente que le rodean, ni toman ninguna conciencia de los daños que hacen al planeta, e indirectamente a sí misma, al mismo ritmo con que los produce; salvo el retirar sus contaminantes de sus regiones.

- Deteriora cada vez más a nuestro planeta.
- Atenta contra la vida de plantas, animales y personas.
- Genera daños físicos en los individuos.
- Convierte en un elemento no consumible al agua.
- En los suelos contaminados no es posible la siembra.

4.4 MUESTREO

4.4.1 TOMA Y CONSERVACION DE LA MUESTRA

El objetivo de la toma de muestra s es la obtención de una porción de material cuyo volumen sea suficiente mente pequeño como para que pueda ser

transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio sin que por ello deje de representar con exactitud al material de donde procede.

Al igual que para cualquier otro tipo de muestra, en la toma de muestra debe tenerse en cuenta que la muestra no debe deteriorarse ni contaminarse antes de llegar al laboratorio.

Antes de llenar el envase con la muestra hay que lavarlo dos o tres veces con el agua que se va a recoger, a menos que el envase contenga algún tipo de conservante o decolorante. En el caso de muestras que han de ser transportadas, lo mejor es dejar un espacio alrededor de 1% de la capacidad del envase para permitir la expansión térmica.

La toma debe realizarse con cuidado, con objeto de garantizar que el resultado analítico represente la composición real.

Entre los principales factores que influyen sobre los resultados se encuentran la presencia de materia suspendida o de turbidez, el método elegido para la recogida de los cambios físicos y químicos producidos por la conservación o la aireación.

En la toma y tratamiento de muestras de agua no hay directrices generales que cubran todas las situaciones, pudiéndose dejar al analista la elección de la técnica más idónea para conseguir que la muestra recogida sea homogénea.

En general, se separa toda cantidad significativa de materia suspendida mediante decantación, centrifugación o filtración adecuada. A menudo es posible tolerar un grado pequeño de turbidez si se sabe por experiencia que no pueden presentarse interferencias. Si la turbidez es notable, hay que decidir si se filtra o no la muestra.

4.4.2 TOMA DE MUESTRA DE DISTINTAS PROCEDENCIAS (RIOS, LAGOS, POZOS)

Antes de recoger muestras de un sistema de abastecimiento, hay que dejar que el agua corra por las tuberías con objeto de asegurar que la muestra es representativa del suministro, teniendo en cuenta el diámetro y longitud de la conducción y velocidad de flujo.

La recogida de muestras de un **pozo** se hará después de haber bombeado una cantidad suficiente como para asegurar que la muestra representa al agua del subsuelo. A veces es necesario bombear a una velocidad determinada para conseguir un descenso de nivel que permita determinar las zonas de donde proviene el aporte al pozo.

Cuando se analizan muestras recogidas en río o arroyo, los resultados pueden variar según la profundidad, la velocidad de corriente, la distancia de la orilla y la separación entre ambas orillas. Si se dispone del equipo adecuado se hará una toma integral desde la superficie al fondo en la zona media de la corriente o de un lado al otro a una profundidad media. Si sólo puede hacerse una toma pequeña, se hará en el centro de la corriente a una profundidad media.

Los lagos y pantanos presentan considerables variaciones debidas a causas normales, como la estratificación estacional, la cantidad de lluvia caída, el desagüe y el viento. La elección del lugar, la profundidad y la frecuencia de las tomas de muestra se hará dependiendo de las condiciones locales y del objetivo del estudio.

En cualquier caso, se evitará la espuma superficial. Hay que evitar las áreas de turbulencia excesiva, a causa de la posible pérdida de componentes volátiles y presencia de vapores tóxicos. No hay que recoger muestras en vertederos, ya que su localización tiende a favorecer la obtención de compuestos

no miscibles más ligeros que el agua. En general se hará la toma bajo la superficie de áreas tranquilas.

4.4.3 TIPOS DE MUESTRAS

- a) **Muestras de sondeo:** Estrictamente hablando, una muestra recogida en un lugar y un momento determinados sólo puede representar la composición de la fuente en ese momento y lugar.

- b) **Muestras compuestas:** En la mayoría de los casos se refiere a una mezcla de muestras sencillas recogidas en el mismo punto en distintos momentos. Con este objeto, se considera como estándar para la mayoría de los análisis una muestra compuesta que represente un periodo de 24 h. Las porciones individuales se recogen en envases de abertura amplia, con un diámetro de al menos 35 mm en la boca y con una capacidad de 120ml. Se recogen estas muestras cada hora (media hora o 5 min) y se mezclan una vez concluida la toma.

- c) **Muestras integradas.:** En algunos casos, la información necesaria se obtiene mejor analizando mezclas de muestras individuales recogidas en distintos puntos al mismo tiempo o con la mejor separación temporal posible.

4.4.4 METODOS DE TOMA DE MUESTRA

a) **Toma manual:** En la toma manual se supone que no se utiliza equipo alguno, pero este procedimiento puede resultar demasiado costoso en tiempo y dinero para programas de toma rutinaria de muestras o a gran escala.

b) **Toma automática:** Mediante la toma automática se pueden eliminar los errores humanos en la manipulación, se reducen los costes laborales y se proporciona la posibilidad de haber tomas con mayor frecuencia.

Los aparatos automáticos de toma de muestras se programan de acuerdo con las necesidades específicas de dicha toma. Hay que controlar con precisión la

velocidad del bombeo y el tamaño de los tubos según el tipo de muestra que quiera recogerse.

4.4.4.1 ENVASES

En general, los envases están hechos de plástico o vidrio, y según los casos puede resultar preferible uno u otro de los materiales. Para muestras que contienen compuestos orgánicos conviene evitar los envases de plástico, salvo los fabricados con polímero fluorados como el politetrafluoretileno (TFE)

4.4.4.2 CANTIDAD

Para la mayoría de los análisis físicos y químicos se necesitan muestras de 2L. Para determinadas pruebas pueden requerirse volúmenes mayores.

4.4.5 CONSERVACION DE LAS MUESTRAS

Con independencia del tipo de muestras de que se trate, nunca puede conseguirse la estabilidad completa de todos sus componentes.

4.4.5.1 CONSERVACION DE LA MUESTRA ANTES DEL ANÁLISIS

- a) **Naturaleza de los cambios en la muestra:** Algunos cationes se pierden por adsorción en las paredes de los envases de vidrio o por intercambio iónico con ellas. Entre estos cationes se encuentra aluminio, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, el manganeso, plata y zinc, con lo que, en estos casos es mejor utilizar un envase diferente y limpio, y acidificar con ácido nítrico hasta un pH inferior a 2.0 para reducir al máximo la precipitación y la adsorción en las paredes del envase. Hay que determinar la temperatura, el pH y los gases disueltos en el momento de hacer la toma. Al cambiar el equilibrio pH – alcalinidad –dióxido de carbono, el carbonato de calcio puede precipitar y dar lugar a una disminución de los valores del calcio y de la dureza total. El hierro y el manganeso son muy solubles en sus estados de menor oxidación, pero relativamente insolubles en sus estados de mayor

oxidación, por tanto estos cationes pueden precipitar o disolverse si se encuentran en un sedimento, dependiendo del potencial redox de muestra. La actividad microbiológica puede ser la responsable de los cambios en el contenido de nitrato-nitrito- amoniaco, de la disminución de la concentración de fenol y de DBO o de una reducción de los sulfatos a sulfitos. El cloro residual reducido a cloruro. Pueden perderse por oxidación los sulfuros, los sulfitos, los iones ferrosos, el yoduro y el cianuro.

Pueden aumentar, disminuir o cambiar de calidad el color, el olor y la turbidez. El sodio, la sílice y el boro pueden lixiviarse a partir del vidrio del envase. El cromo (IV) puede ser reducido a Cr (III). En el caso de que existan compuestos orgánicos volátiles, se evitará su pérdida llenando el envase por completo con la muestra, para lo cual se hará rebosar éste antes de taponarlo o sellarlo.

- b) Intervalo de tiempo entre la toma de análisis:** Cuanto menor sea el tiempo que transcurre entre la toma de muestra y su análisis, más fiable será el resultado del mismo. Es imposible establecer con exactitud el tiempo máximo que puede transcurrir entre la toma de muestra y su análisis. Los cambios debidos al crecimiento de microorganismos se retrasarán mucho si se mantiene la muestra en la oscuridad y a baja temperatura.

4.4.5.2 TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN

Para reducir al máximo la posible volatilización o biodegradación entre la toma de muestra y el análisis, se debe mantener la muestra a la menor temperatura posible, sin que llegue a congelarse. Las muestras se analizarán lo antes posible una vez llegadas al laboratorio. Si no es posible hacerlo de manera inmediata, se recomienda conservarlas a 4°C en la mayoría de los casos.

Solo se utilizarán conservantes químicos cuando se haya demostrado que no van a interferir en el análisis. En caso que se utilicen, deberán añadirse al envase antes de poner la muestra. No existe ningún método de conservación que sea totalmente satisfactorio. Los métodos de conservación son relativamente

limitados y están diseñados para retarda la acción de los microorganismos y retrasar la hidrólisis de los compuestos y complejos químicos y reducir la volatilidad de los componentes.

Los métodos de conservación se limitan al control del pH, la adición de productos químicos, el uso de envases ámbar u opacos, la refrigeración, la filtración y la congelación.

Tabla de preservación de muestras de agua

Analito	Preservación	Tiempo máximo de análisis
		Max. Alm. Recomendado/ Regularmente
- Bicarbonatos	Refrigeración	24hrs/ 14 días
- Carbonatos		
Aceites y grasas	adicionar HCl a pH< 2	28 días
Acidez	Refrigeración	24 Hrs/14 días
Alcalinidad	Refrigeración	24hrs/ 14 días
Amonio	adicionar H ₂ SO ₄ a pH< 2	7días/ 28 días
Amonio como Nitrógeno		
Cianuro disociable		
Cianuro Libre	No preservar	
Cianuro total	Adicionar NaOH a pH >12	24 Hrs/ 14 días ;24 Hrs si esta presente S -2
Cloruros	Refrigeración	28 días
Conductividad eléctrica	Refrigeración	28 días
Cromo +3		
Cromo +3 soluble		
Cromo +3 total		
Cromo +6		
Cromo total		
DBO-5	Refrigeración	6 hrs/ 48 Hrs
DQO	adicionar H ₂ SO ₄ a pH< 2	7días a 28 días
Dureza total	adicionar HNO ₃ a pH< 2	6 meses
Fluor	Refrigeración	28 días
Fosfato	Filtrar inmediatamente y refrigerar	48 Hrs
Fósforo soluble	Filtrar inmediatamente y refrigerar	48 Hrs
Fósforo total		
Nitratos	Inmediatamente	48 horas
Nitritos	Inmediatamente	48 horas
Nitrógeno amoniacal	adicionar H ₂ SO ₄ a pH< 2	7 días / 28 días
Nitrógeno total	adicionar H ₂ SO ₄ a pH< 2	7 días / 28 días
Oxígeno disuelto	Inmediatamente	Inmediatamente
pH	Inmediatamente	Inmediatamente
Sólidos decantables	Refrigeración	7 días
Sólidos disueltos	Refrigeración	7 días

Sólidos suspendidos	Refrigeración	7 días
Sólidos totales	Refrigeración	7 días
Sulfatos	Refrigeración	28 días
Sulfuros	Adicionar 4 gotas de Acetato de Zinc	28 días / 7 días
	2N por c/ 100 ml y NaOH pH>9	
Temperatura	Inmediatamente	Inmediatamente
Turbidez	Refrigeración	24 Hrs/ 48 Hrs

4.5 PRINCIPALES PARÁMETROS MEDIBLES EN LABORATORIO

Los parámetros se clasifican en cuatro grandes grupos:

1. Físicos
2. Químicos
3. Biológicos
4. Radiológicos

4.5.1 PARÁMETROS FÍSICOS

SABOR Y OLOR

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y de determinación subjetiva, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida.

Tienen un interés muy evidente en las aguas potables dedicadas al consumo humano y podemos establecer ciertas “reglas”:

Las aguas adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl⁻, y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO₄⁼. El CO₂ libre en el agua le da un gusto “picante”. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un olor y sabor desagradables.

COLOR

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Existen muchas causas y por ello no podemos atribuirlo a un constituyente

en exclusiva, aunque algunos colores específicos dan una idea de la causa que los provoca, sobre todo en las aguas naturales. El agua pura es bastante incolora sólo aparece como azulada en grandes espesores.

En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales:

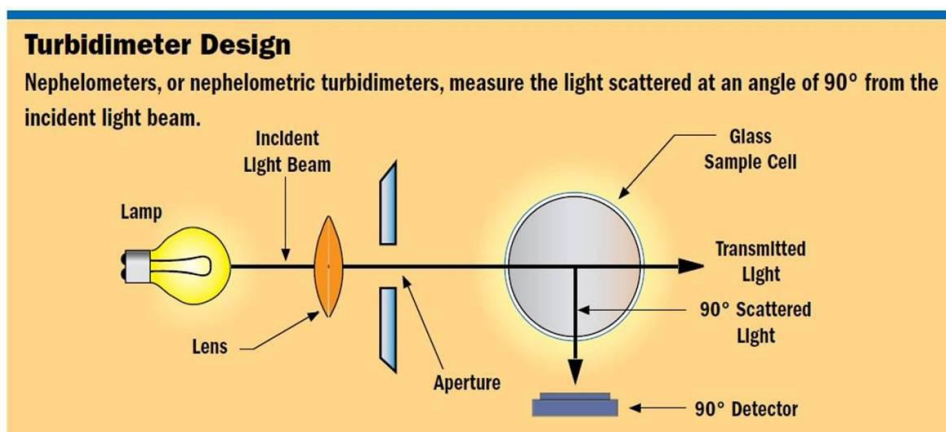
- Color amarillento debido a los ácidos húmicos.
- Color rojizo, suele significar la presencia de hierro.
- Color negro indica la presencia de manganeso.

El color, por sí mismo, no descalifica a un agua como potable pero la puede hacer rechazable por estética, en aguas de proceso puede colorear el producto y en circuito cerrado algunas de las sustancias colorantes hacen que se produzcan espumas. Las medidas de color se hacen en laboratorio por comparación, y se suelen medir en ppm de Pt, las aguas subterráneas no suelen sobrepasar las 5 ppm de Pt pero las superficiales pueden alcanzar varios cientos de ppm de Pt. La eliminación suele hacerse por coagulación-floculación con posterior filtración o la absorción en carbón activo.

TURBIDEZ

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, en general son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones. La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias, la medición en ppm de SiO₂ ha sido muy utilizada pero se aprecian variaciones según la sílice y la técnica empleadas. Otra forma es mediante célula fotoeléctrica, existen numerosos tipos de turbidímetros.

Se elimina por procesos de coagulación, decantación y filtración.



La unidad utilizada normalmente es la NTU (Unidades nefelométricas de turbidez) otras unidades que aún se usan se pueden transformar utilizando la siguiente tabla:

Unidad	JTU	NTU	SiO ₂ mg/l
JTU	1.0	19	2.5
NTU	0.053	1	0.3
SiO ₂ mg/l	0.4	7.5	1

CONDUCTIVIDAD Y RESISTIVIDAD

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad y la resistividad es la medida recíproca. Son indicativas de la materia ionizable presente en el agua. El agua pura prácticamente no conduce la electricidad; por lo tanto la conductividad que podamos medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua. Es por lo tanto un parámetro físico bastante bueno para medir la calidad de un agua, pero deben darse tres condiciones fundamentales para que sea representativa:

- No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables.
- Las mediciones se realicen a la misma temperatura.
- La composición del agua se mantenga relativamente constante.



[KCl] a 25 °C	C.E. $\mu\text{S/cm}$	mg/l KCl
0,0001 M	15	7,5
0,0005 M	74	37,3
0,001 M	147	74,5
0,005 M	718	372,8
0,01 M	1413	745,5
0,02 M	2767	1491
0,05 M	6668	3727,5
0,1 M	12900	7455,0
0,5 M	58640	37275,0

CONDUCTÍMETRO DE CAMPO Y DATOS DE CALIBRACIÓN. FUENTE: AUTOR

El aparato para las mediciones se llama conductímetro, y básicamente lo que hace es medir la resistencia al paso de la corriente entre dos electrodos que se introducen en el agua, y se compara para su calibrado con una solución tampón de ClK a la misma temperatura y 20 °C.

La unidad para la resistividad es el Ohm, pero se emplea el MegaOhm por cm, la de la conductividad es el Siemens, pero como es muy grande se suele emplear el micro siemens por cm.

Incluimos una pequeña tabla que nos dará una idea según la medida o la composición del agua.

Conductividad	
Temperatura de la muestra 25 °C	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)
Agua Ultrapura	0,05
Agua alimentación calderas	1 a 5
Agua Potable	50 a 100
Agua de Mar	53.000
5% de NaOH	223.000
50% NaOH	150.000
10% ClH	700.000
32% de ClH	700.000
31% NO ₃ H	865.000

En el sistema internacional de unidad de conductividad eléctrica, en trabajos de aguas, es el micro Siemens por centímetro normalmente abreviado

como $\mu\text{S}/\text{cm}$ en conductividad eléctrica equivale a $10.000 \text{ Ohm} \times \text{m}$, en términos de resistividad. . Otra unidad frecuente, especialmente en aguas salubres, es el mS/m . Un $\text{mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm} = 1.000 \text{ Ohm} \times \text{m}$.

En síntesis, y desde el punto de vista físico, un $\mu\text{S}/\text{cm}$ es una medida de la mayor o menor facilidad con que una corriente eléctrica puede pasar a través de un material de forma cúbica, de un centímetro de arista.

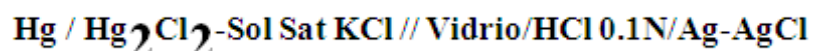
4.5.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

pH

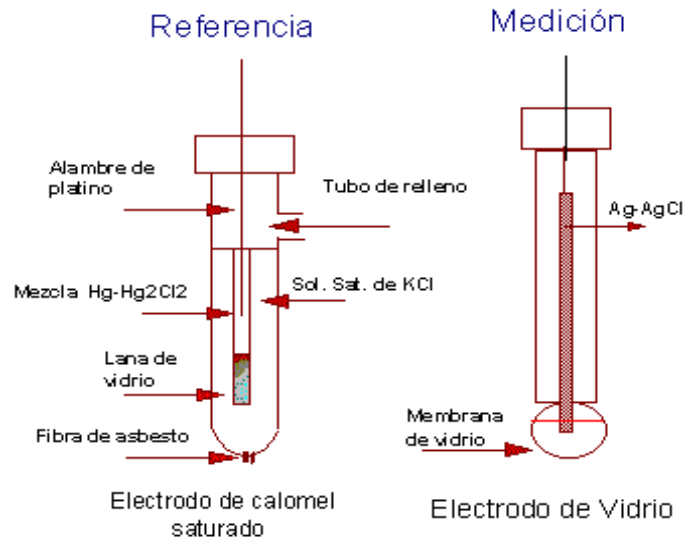
La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. No mide el valor de la acidez o alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino, puede ser indicio de una contaminación industrial.

El valor del pH en el agua, es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante, y en las plantas de tratamiento de agua.

Este método determina el pH, midiendo el potencial generado (en milivolts) por un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad del ión H^+ , este potencial es comparado contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH. El electrodo de referencia que se utiliza es el de calomel saturado con cloruro de potasio, el cual sirve como puente salino que permite el paso de los milivolts generados hacia al circuito de medición. La cadena electroquímica de este sistema de medición es:



En el siguiente esquema se muestran los electrodos utilizados:



	pH	Conc. H ⁺	Conc. OH ⁻	pOH
	14	1 x 10 ⁻¹⁴	1 x 10 ⁰	0
NaOH, 0.1 M	13	1 x 10 ⁻¹³	1 x 10 ⁻¹	1
Blanquedor casero Amoniaco casero	12	1 x 10 ⁻¹²	1 x 10 ⁻²	2
Agua de cal	11	1 x 10 ⁻¹¹	1 x 10 ⁻³	3
Leche de magnesia	10	1 x 10 ⁻¹⁰	1 x 10 ⁻⁴	4
Borax	9	1 x 10 ⁻⁹	1 x 10 ⁻⁵	5
Clara de huevo, agua de mar Sangre humana, lágrimas	8	1 x 10 ⁻⁸	1 x 10 ⁻⁶	6
Punto de neutro	7	1 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁷	7
Lluvia	6	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁸	8
Café negro Plátanos, tomates	5	1 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁹	9
Vino	4	1 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻¹⁰	10
CocaCola, vinagre	3	1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻¹¹	11
Jugo de limón	2	1 x 10 ⁻²	1 x 10 ⁻¹²	12
Jugo gástrico	1	1 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁻¹³	13
	0	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁻¹⁴	14

RELACIÓN DE pH, pOH y Concentración de H⁺ y OH⁻

DUREZA

Ya hemos profundizado con anterioridad sobre la dureza; la hemos definido e incluso tabulado en función de las sales que contiene el agua, hemos definido sus unidades de medida y las correspondientes equivalencias. La dureza, como ya sabemos, es debida a la presencia de sales de calcio y magnesio y mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones.

Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales y desde el punto de vista de la ósmosis inversa es uno de los principales parámetros que se deben controlar.

- Las aguas con menos de 50 ppm de CO_3Ca se llaman blandas.
- Hasta 100 ppm de CO_3Ca , ligeramente duras.
- Hasta 200 ppm de CO_3Ca , moderadamente duras.
- Y a partir de 200 ppm de CO_3Ca , muy duras.

Lo frecuente es encontrar aguas con menos de 300 ppm de carbonato cálcico, pero pueden llegar hasta 1000 ppm e incluso hasta 2000 ppm.

La estabilidad de las aguas duras y alcalinas se verá más adelante cuando tratemos el Índice de Langelier.

La eliminación de la dureza se hace, principalmente, por descalcificación o ablandamiento por intercambio iónico con resinas.

ALCALINIDAD

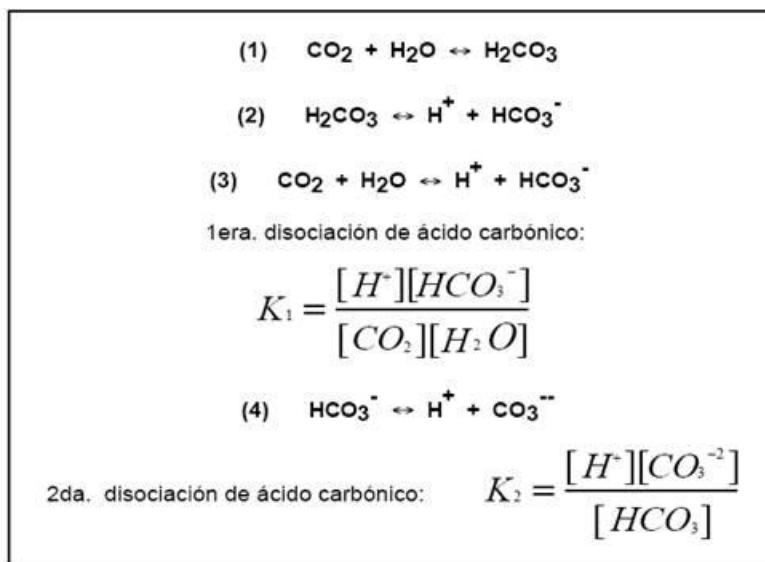
Es importante conocer la alcalinidad del agua para realizar procesos de ablandamiento por precipitación, para saber la cantidad de cal y sosa que se debe dosificar.

La alcalinidad significa la capacidad tampón del agua; la capacidad del agua de neutralizar.

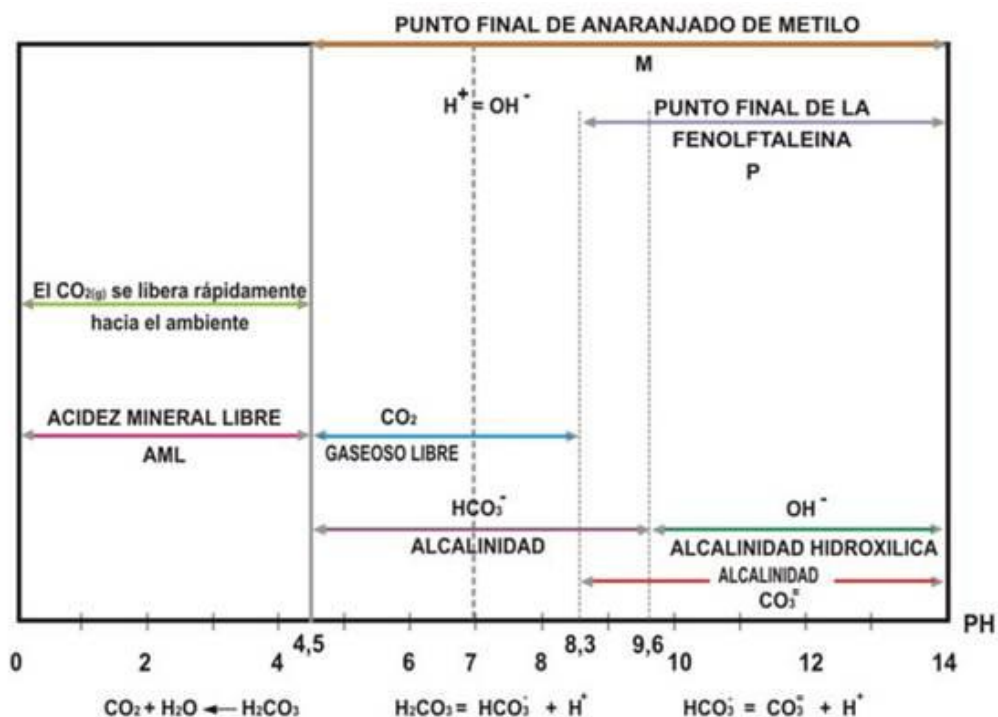
Evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, puede causar condiciones dañinas para la vida acuática.

En química del agua la alcalinidad se expresa en ppm o el mg/l de carbonato equivalente del calcio. La alcalinidad total del agua es la suma de las tres clases de alcalinidad; alcalinidad del carbonato, del bicarbonato y del hidróxido.

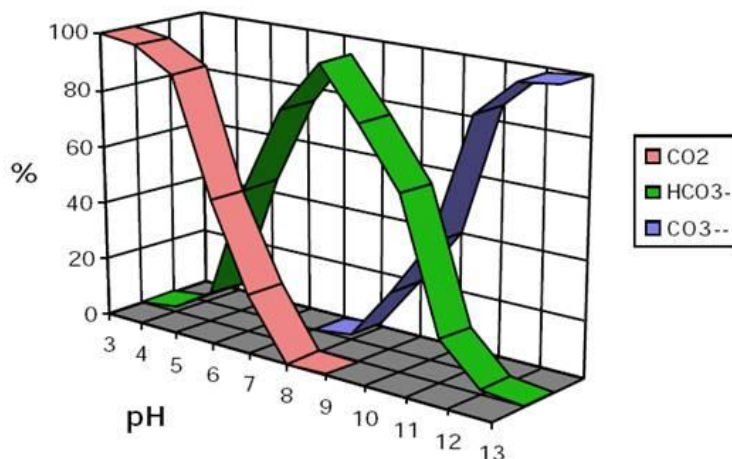
La alcalinidad se debe en mayor parte por el CO₂ que absorbe el agua en su trayecto o estancada, las reacciones que se dan son las siguientes:



Existe una relación entre la alcalinidad, el pH y los iones presentes:

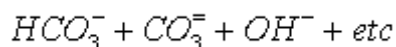


También lo podemos ver de la siguiente forma: el efecto del pH en la concentración de especies carbonatas en el agua:

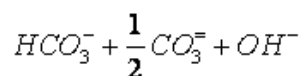


Existen dos tipos de alcalinidad, que representan el pH y la cantidad de carbonatos o bicarbonatos presentes como se muestran en la gráfica anterior, así como también el OH- presente.

Alcalinidad total: que representa el total de iones que intervienen, se determina con el indicador anaranjado de metilo:



Alcalinidad parcial: que representa solo algunos de los iones que intervienen, se determina con el indicador anaranjado de metilo:



COLOIDES

Es una medida del material en suspensión en el agua que, por su tamaño alrededor de 10^{-4} ~ 10^{-5} mm, se comportan como una solución verdadera y atraviesa el papel de filtro.

Los coloides pueden ser de origen orgánico (macromoléculas de origen vegetal) o inorgánico (oligoelementos: óxidos de hierro y manganeso).

Se eliminan por floculación y coagulación, precipitación y eliminación de barros. La filtración es insuficiente y se requiere ultrafiltración.

ACIDEZ MINERAL

La acidez es la capacidad para neutralizar bases. Es bastante raro que las aguas naturales presenten acidez, no así las superficiales. Es responsable de corrosión se mide en las mismas unidades que la alcalinidad y se corrige por neutralización con álcalis.

SÓLIDOS DISUELTOS

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua.

El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales.

Para las aguas potables se fija un valor máximo deseable de 500 ppm, este dato por si sólo no es suficiente para catalogar la bondad del agua.

El proceso de tratamiento, entre otros, es la ósmosis inversa.

SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Se suelen separar por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación.

SÓLIDOS TOTALES

Es el término aplicado al residuo material dejado en el recipiente contenedor después de la evaporación de la muestra y su subsecuente secado en una estufa a una temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los “sólidos suspendidos totales” que es la porción de sólidos totales retenidos por un filtro y “sólidos disueltos totales” que es la porción que pasa a través del filtro.

RESIDUO SECO

Se llama así al peso de los materiales que quedan después de evaporar un litro del agua en cuestión. Si previamente le hemos hecho una buena filtración

corresponderá al peso total de sustancias disueltas, sean volátiles o no. La temperatura a que se hace la evaporación influye en los resultados, por las transformaciones que puede haber y las pérdidas, por ejemplo, de gas carbónico CO₂.

CLORUROS

El cloruro, en forma de ion Cl⁻, es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua.

En el agua potable, el sabor salado producido por el cloruro, es variable y depende de la composición química del agua:

- Así un agua con 250 mg Cl⁻/l puede tener un sabor salado detectable si el catión es el Na⁺.

- En cambio, ese gusto salado típico puede estar ausente en un agua de 1000 mg Cl⁻/l cuando los cationes son Ca²⁺ y Mg²⁺.

Las aguas naturales poseen contenidos muy variables en cloruros dependiendo de las características de los terrenos que atraviesan, pero en cualquier caso la cantidad siempre es menor que en aguas residuales, debido a que el NaCl es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo.

El aumento de cloruros de un agua puede tener diversos orígenes:

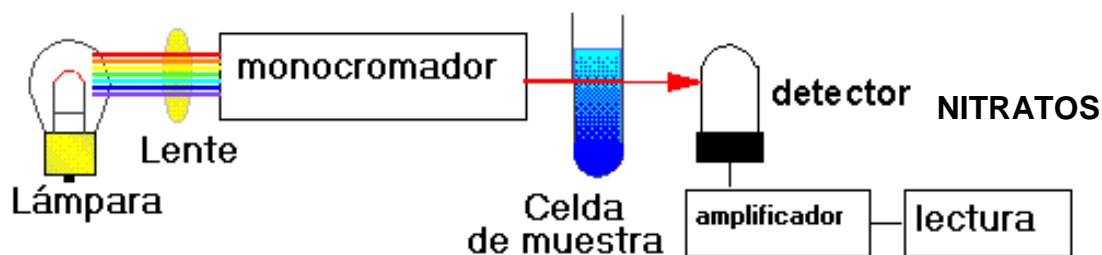
- Si es una zona costera puede deberse a infiltraciones del agua de mar.
- Si es una zona árida, debido al lavado de los suelos producido por fuertes lluvias.
- Por contaminación de aguas residuales.
- Por procesos industriales.

El contenido en cloruros no suele plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo. Un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.

SULFATOS

El ión sulfato (SO₄⁼), corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3.000 ppm. Recordemos, como ya hemos dicho, que el agua pura se

satura de SO_4Ca a unas 1.500 ppm, lo que ocurre es que la presencia de otras sales de calcio aumenta la solubilidad. En cantidades bajas no perjudica seriamente al agua pero algunos centenares de ppm pueden perjudicar seriamente la resistencia del hormigón.



El ión nitrato (NO_3^-) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm. Aguas con infiltraciones de zona de riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta varios centenares de ppm. Concentraciones muy elevadas en agua de bebida puede producir la cianosis infantil. Su presencia junto con fosfatos, en aguas superficiales, provocan la aparición de un excesivo crecimiento de algas es lo que se conoce como eutrofización.

FOSFATOS

El ión fosfato (PO_4^{3-}) en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como procede de un ácido débil contribuye, como ya hemos visto, a la alcalinidad del agua. No suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes.

FLUORUROS

El ión fluoruro (F^-), corresponde a sales de solubilidad muy limitada, suele encontrarse en cantidades superiores a 1 ppm. Hay quien mantiene que alrededor de dicha concentración puede resultar beneficioso para la dentadura, en nuestra opinión no es aconsejable añadirlo al agua con este objeto, ya que también se

almacena en el organismo y no existen estudios a largo plazo de efectos secundarios.

SÍLICE

La sílice, SiO_2 se encuentra en el agua disuelta como ácido silícico SiO_4H_4 y como materia coloidal; contribuye a provocar algo de alcalinidad en el agua. Las aguas naturales contienen entre 1 y 40 ppm, pudiendo llegar a las 100 ppm.

OTROS COMPONENTES ANIÓNICOS

Los sulfuros, S^{2-} , y el ácido sulfhídrico son muy característicos de medios reductores, pero en general las aguas contienen menos de 1 ppm, su principal característica es que el agua tiene muy mal olor. Los compuestos fenólicos afectan a la potabilidad, con olores y gustos especialmente desagradables, sobre todo después de un proceso de cloración. Los detergentes son ligeramente tóxicos y presentan problemas de formación de espumas y consumen el oxígeno del agua. Los ácidos húmicos pueden afectar a procesos de pretratamientos e intercambio iónico.

SODIO

El ión sodio, Na^+ , el primero de los componentes catiónicos que vamos tratar corresponde a sales de solubilidad muy elevada y muy difíciles de precipitar; suele estar asociado con el ión cloruro Cl^- . El contenido en aguas dulces está entre 1 y 150 ppm, pero se pueden encontrar casos de hasta varios miles de ppm. Las aguas de mar contienen alrededor de 11.000 ppm.

POTASIO

El ión potasio, K^+ , también corresponde a sales de muy alta solubilidad y difíciles de precipitar.

Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm. El agua de mar contiene alrededor de 400 ppm. Vemos que son valores mucho menos importantes que los del catión sodio.

CALCIO

El ión calcio, Ca^{++} , forma sales generalmente poco solubles, en algunos casos de solubilidad muy moderada pero la mayoría son muy insolubles. Ya hemos visto que precipita fácilmente como carbonato cálcico. Es el principal componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones.

Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm, pudiendo llegar hasta 600 ppm. El agua de mar alrededor de 400 ppm.

MAGNESIO

El ión magnesio, Mg^{++} , tiene propiedades muy similares a las del ión calcio, aunque sus sales son un poco más solubles y difíciles de precipitar. El hidróxido de magnesio es, sin embargo, menos soluble. Las aguas dulces suelen contener entre 1 y 100 ppm. El agua de mar contiene alrededor de 1.300 ppm. Su aparición en el agua potable con varios centenares de ppm provoca un sabor amargo y efectos laxantes.

HIERRO

Es un catión muy importante desde el punto de vista de contaminación, aparece en dos formas: ión ferroso, Fe^{++} , o más oxidado como ión férrico, Fe^{+++} . La estabilidad y aparición en una forma u otra depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, composición de la solución, etc. Afecta a la potabilidad de las aguas y es un inconveniente en los procesos industriales por provocar incrustaciones.

Por todo lo anterior, las aguas subterráneas sólo contienen el ión ferroso disuelto, que suele aparecer con contenidos entre 0 y 10 ppm, pero al airear el agua se precipita el hidróxido férrico de color pardo-rojizo, y se reduce el contenido a menos de 0,5 ppm. Para que parezcan contenidos de hierro de varias docenas de ppm hacen falta que el medio sea ácido.

MANGANESO

El ión manganeso se comporta en la mayoría de los casos muy parecido al ión hierro, además de poder ser bivalente y trivalente positivo puede también presentarse con valencia +4 formando el MnO_2 que es insoluble. Rara vez el agua contiene más de 1 ppm y requiere un pH ácido.

La forma manganeso Mn^{++} que es la más general por aireación se oxida y precipita con un color negruzco de MnO_2 .

METALES TÓXICOS

Los más comunes son el arsénico, el cadmio, el plomo, el cromo, el bario y el selenio. Todos deben ser seriamente controlados en el origen de la contaminación.

GASES DISUELTOS

El dióxido de carbono, CO_2 , es un gas relativamente soluble que se hidroliza formando iones bicarbonato y carbonato, en función del pH del agua. Las aguas subterráneas profundas pueden contener hasta 1.500 ppm pero las superficiales se sitúan entre 1 y 30 ppm, un exceso hace que el agua sea corrosiva.

El oxígeno, O_2 , por su carácter oxidante juega un papel importante en la solubilización o precipitación de iones que presenta alguna forma insoluble, su presencia en el agua es vital para la vida superior y para la mayoría de los microorganismos.

El ácido sulfhídrico, SH_2 , causa un olor a huevos podridos y es corrosivo. El amoníaco, NH_3 , es un indicador de contaminación del agua, y en forma no iónica es tóxico para los peces. Con la cloración produce cloraminas, también tóxicas.

4.5.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

Estos parámetros son indicativos de la contaminación orgánica y biológica; tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas: la descomposición animal y vegetal, los residuos domésticos, detergentes, etc.

Este tipo de contaminación es más difícil de controlar que la química o física y además los tratamientos deben estar regulándose constantemente.

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO)

La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno es una prueba empírica en la que se utilizan procedimientos estandarizados de laboratorio para determinar los requerimientos relativos de oxígeno de las aguas residuales, efluentes y contaminadas.

La prueba mide el oxígeno utilizado, durante un periodo de incubación especificado, para la degradación bioquímica de la materia orgánica, y el oxígeno utilizado para oxidar la materia orgánica, como sulfuros y el ión ferroso. Puede también medir el oxígeno utilizado para oxidar los compuestos reducidos del nitrógeno.

El principio consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, un frasco hermético del tamaño especificado, e incubarlo a la temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto medido antes y después de la incubación, y la demanda biológica de oxígeno se calcula mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el final.

Los microorganismos tales como las bacterias son responsables de descomponer los desechos orgánicos. Cuando materia orgánica tal como plantas muertas, hojas, recortes de pasto, boñiga, aguas negras o incluso desechos de comida están presentes en el suministro de agua, las bacterias iniciarán el proceso de descomposición de estos desechos. Cuando esto sucede, mucho del oxígeno disuelto disponible lo consumen las bacterias aeróbicas, robándoles el oxígeno a otros organismos acuáticos que lo necesitan para vivir.

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es una medida de oxígenos que usan los microorganismos para descomponer esta agua. Si hay una gran cantidad

de desechos orgánicos en el suministro de agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho. En este caso, la demanda de oxígeno será alta (debido a todas las bacterias) así que el nivel de la DBO será alta. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar.



Los nitratos y fosfatos en una masa de agua pueden contribuir a los niveles altos de DBO. Los nitratos y fosfatos son nutrientes para las plantas y pueden hacer que la vida vegetal y las algas crezcan rápidamente. Cuando las plantas crecen rápidamente, también mueren rápidamente. Esto contribuye al desecho orgánico en el agua, el que luego es descompuesto por las bacterias. Esto ocasiona altos niveles de DBO. La temperatura del agua también puede contribuir a los altos niveles de DBO. Por ejemplo, el agua más tibia generalmente tendrá un nivel DBO más alto que el agua más fría. Conforme la temperatura del agua aumenta, la velocidad de la fotosíntesis que realizan las algas y otras plantas en el agua también aumenta. Cuando esto sucede, las plantas crecen más rápido y también mueren más rápido. Cuando las plantas mueren, caen al fondo donde las descomponen las bacterias. Las bacterias requieren oxígeno para este proceso de modo que la DBO es alta en este lugar. Por lo tanto, las aguas con temperaturas más altas acelerarán la descomposición bacterial y ocasionarán niveles de DBO más altos.

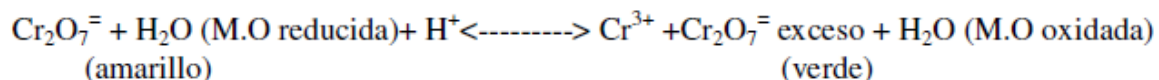
Cuando los niveles de la DBO son altos, los niveles de oxígeno disuelto (OD) disminuyen porque el oxígeno que está disponible en el agua es consumido por las bacterias. Puesto que hay menos oxígeno disuelto disponible en el agua, los peces y otros organismos acuáticos tienen la posibilidad de no sobrevivir.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

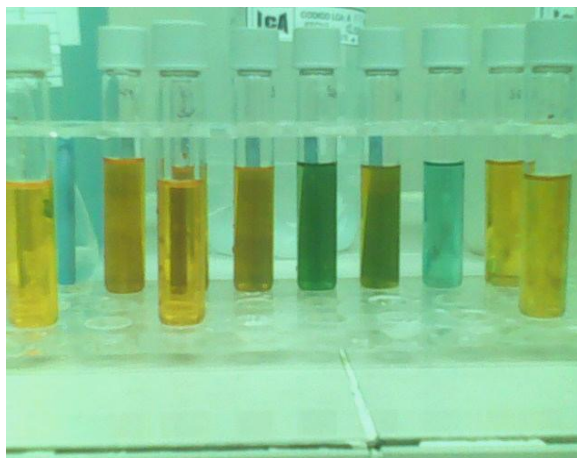
METODO TITULOMÉTRICO A REFLUJO CERRADO

La Demanda Química de Oxígeno, D.Q.O, mide, expresada en oxígeno, la porción de materia orgánica, M.O, biodegradable o no, de una muestra que es susceptible de oxidación por un fuerte oxidante químico (dicromato potásico - $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ - en nuestro caso).

La mayor parte de la materia orgánica resulta oxidada por una mezcla a ebullición de los ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a reflujo una muestra en una solución ácida fuerte con un exceso de dicromato potásico. Después de la digestión, el dicromato no reducido que quede, se determina con sulfato ferroso amónico, sal de Mohr: $(\text{SO}_4)_2\text{Fe}(\text{NH}_4)_2$, para determinar la cantidad de dicromato consumido y calcular la M.O. oxidable en términos de equivalente de oxígeno.



Para la valoración utilizamos un indicador, 1-10 fenantrolina o ferroína, que a su vez reacciona con el exceso de Fe^{2+} que a su vez no ha reaccionado con el dicromato, dando lugar a un complejo de color marrón/rojizo que nos indica el punto final de la valoración.



METODO COLORIMETRICO DE REFLUJO CERRADO

Cuando una muestra es digerida, el ión cromato oxida el material DQO en la muestra. Esto resulta en un cambio en el estado de oxidación del cromo desde la forma hexavalente (VI) al estado trivalente (III). Ambas especies de cromo son

coloreadas y absorben radiación en la región visible del espectro. El ión dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) absorbe radiación fuertemente en la región de 400 nm en donde la absorción del ión crómico (Cr^{+3}) es mucho menor. El ión crómico absorbe radiación fuertemente en la región de 600 nm donde la absorbancia del ión dicromato es cercana a cero. En solución 9 M de ácido sulfúrico el coeficiente de extinción molar aproximado de estas especies de cromo es como se indica a continuación Cr^{+3} -50L/mol cm a 604 nm; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -380L/mol cm a 444 nm; Cr^{+3} - 25 L/mol cm a 426 nm. El ión crómico Cr^{+3} presenta un mínimo en la región de 400 nm por lo tanto la máxima absorción de trabajo está a 420 nm.

Para valores de DQO entre 100 y 900 mg/l, se determina el incremento de Cr^{+3} en la región de 600 nm. Valores más elevados pueden ser obtenidos por simple dilución. Valores de DQO de 90mg/l o menores pueden ser determinados siguiendo la disminución de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ a 420 nm. La correspondiente generación de Cr^{+3} da un pequeño incremento de absorción a 420 nm, pero este es compensado durante el procedimiento de calibración.

Para que este procedimiento sea aplicable toda la absorción de luz interferente en el rango visible debe estar ausente o ser compensada. Esto incluye materia sólida insoluble como así también compuestos coloreados. Si ambas interferencias están presentes, el método no es aplicable y ello no significa una pérdida debido a que la DQO puede ser determinada titulométricamente como se indicó en el método 5220-C

CARBÓN ORGÁNICO TOTAL

El COT es una medida del contenido de materia orgánica del agua. Es especialmente utilizable en pequeñas concentraciones. En presencia de un catalizador, el carbón orgánico se oxida a CO_2 ; últimamente se está popularizando por la rapidez en la realización del análisis.

4.5.4 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS

Este apartado no es muy propio del estudio sobre ósmosis inversa que estamos realizando, máxime si tenemos en cuenta que además somos

fabricantes de ozonizadores para desinfección y en nuestra información de ese producto desarrollamos mucho mejor estos parámetros.

De todo el mundo es conocido que el “gran enemigo” es la bacteria *Escherichia coli* y el grupo de los coliformes en su conjunto.

Generalmente se emplea un grupo de bacterias como indicadores de contaminación, esto es una práctica generalizada en todo el mundo, se supone que la NO presencia de estas bacterias hace que el agua sea potable bacteriológicamente hablando. Son:

- *Escherichia coli*
- *Streptococos fecales*
- *Clostridios* (anaerobios y formadores de esporas).

La medición se hace empleando técnicas estadísticas “número más probable” (índice NMP) en 100 ml de agua.

Las aguas con un NMP inferior a 1 son satisfactoriamente potables.

PRETRATAMIENTO DE ADECUACIÓN PARA LA ÓSMOSIS

El pretratamiento del agua está encaminado a evitar la precipitación de sales sobre la membrana, el atascamiento por óxidos metálicos, materia en suspensión, microorganismos y la degradación química de la misma.

Dado que durante el proceso de O.I. se produce una concentración de sales, hay que evitar que éstas alcancen su producto de solubilidad, puesto que en ese caso precipitarían. La primera medida a tomar será trabajar a recuperaciones bajas, o lo que es lo mismo: factores de concentración bajos.

Muchas veces no se podrá emplear este sistema debido a que el agua es un bien escaso y habrá que aprovecharlo al máximo, ya que el costo de operación con factores de concentración bajos sería muy elevado.

Las sales más frecuentes que presentan problemas de precipitación son el carbonato cálcico, sulfato cálcico y la sílice.

4.6 CONTROL DE CALIDAD

El objetivo del presente documento es establecer un procedimiento para la realización de las siguientes actividades de control de calidad de los ensayos:

- Demostración de estado de control estadístico de los procesos de medición.
- Estimación de la incertidumbre de las determinaciones.
- Detección de cambios en el proceso de medición.
- Detección y registro de no conformidades en los resultados de ensayo, registro de acciones correctivas emprendidas y registro de la verificación de la eficacia de las mismas.

4.6.1 DEFINICIONES

Estado de control estadístico estado de un proceso de medición cuyas mediciones, cuando son obtenidas bajo condiciones experimentales bien definidas, se comportan como muestras aleatorias tomadas de una distribución estable en el tiempo y caracterizada por un valor medio y una dispersión fijas.

Gráfico de Control: Una representación gráfica de resultados de ensayo en función del tiempo o secuencia de medida, en conjunto con los límites dentro de los cuales se espera que se encuentren los resultados de ensayo cuando el sistema está en estado de control estadístico.

Gráfico de control de precisión. Representación gráfica del valor medio de las medidas realizadas y de la desviación estándar vs. tiempo o bien de Rango vs. Tiempo donde el Rango es la diferencia entre los resultados de replicados de la misma muestra.

Límites de Control: Los límites exhibidos en un gráfico de control más allá de los cuales es poco probable que pueda existir una medida mientras el sistema se mantenga en estado de control estadístico.

4.6.2 CONTROL DE CALIDAD BASADO EN MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS O EN MUESTRAS CONTROL INTERNAS. GRAFICOS DE VALOR MEDIO.

Realizar las actividades de control de calidad basadas en muestras control internas que se describen a continuación para todos los ensayos que deban ser introducidos como ensayos rutinarios y para los cuales se dispongan de material de referencia certificado o se haya seleccionado una muestra control interna.

Seleccionar la norma o método de ensayo.

Determinar si el protocolo es suficientemente claro y preciso indicando a los operadores la realización del ensayo.

Los operadores deben realizar algunos ensayos y se deberán aclarar las posibles diferencias de interpretación. Sólo será posible lograr el estado de control estadístico cuando todos los factores que afectan el proceso de medición sean controlados y el procedimiento de ensayo se siga sin apartamientos en todos los ensayos.

Seleccionar una muestra control interna, esta muestra será analizada repetidamente para determinar si el proceso de medición está en estado de control estadístico.

La determinación del estado de control estadístico se realiza a través de los gráficos de control.

Requisitos que debe cumplir el producto seleccionado como muestra control interna:

- Estabilidad en el tiempo (o en un lapso adecuado) respecto de la propiedad medida.
- Uniformidad (las variaciones de propiedades de muestra a muestra se sumarán a la dispersión producida por el proceso de ensayo y resultarán en una sobre estimación de las incertidumbres de medida).
- Igual o similar naturaleza a la de las muestras ensayadas (para evitar posibles influencias de la matriz del material u otras condiciones del ensayo).
- Disponibilidad en grandes cantidades (si el producto es consumido en el ensayo).

- Valor verdadero conocido si se pretende además evaluar la exactitud con el mismo gráfico.

4.6.2.1 REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS.

Realizar dos (o más) replicados del ensayo sobre la muestra control interna junto con cada corrida de muestras en ensayo o por lo menos mensualmente. Analizar la muestra control interna en forma idéntica a las demás muestras.

Nota: el número de replicados, n, que se realicen para el control de calidad de un ensayo debe fijarse a priori y ser siempre el mismo a los efectos del análisis de los resultados.

En caso de decidirse variar el número de replicados deberá realizarse un nuevo análisis de los resultados con el nuevo n.

4.6.2.2 REGISTROS

Registrar:

- Identificación de la muestra control interna
- Fecha del control y N_ de Planilla de Datos.
- Resultados correspondientes a los replicados.
- Identificación del analista.
- En "Observaciones": indicación de cambio de reactivos, recalibración de equipos u otros que puedan determinar alteraciones del proceso.

Introducción de nueva muestra control interna

Se realiza, en lo posible, una semana antes de la fecha de vencimiento del material en uso o cuando se presume alteración posible del mismo en corto plazo.

La introducción del nuevo material se realiza mientras exista evidencia que el proceso se encuentra en estado de control estadístico. Se analizan dos replicados de la muestra en uso y dos replicados de la muestra a introducir durante una semana. Si el valor medio de los replicados de la muestra en uso se encuentra dentro de los límites de control ya establecidos y el valor medio de los replicados de la nueva muestra se encuentra dentro de los límites de control

establecidos y corregidos según la concentración de la nueva muestra en acuerdo con 4.1.8. se descarta la muestra anterior y se prosigue con la nueva muestra.

4.6.2.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS (Gráfico de control).

Calcular los parámetros del gráfico de control en condiciones de repetibilidad con un mínimo de 25 subgrupos ($m=25$) de al menos dos determinaciones según

En caso de no disponerse de datos de 25 subgrupos para el valor medio éste puede calcularse a partir de los valores obtenidos realizando un mínimo de 5 series (5 subgrupos, $m=5$) de al menos dos replicados ($n=2$) sobre fracciones diferentes de la muestra control, preferiblemente por analistas diferentes en días diferentes

Nota: En el caso particular de una muestra control interna que no sea de uniformidad adecuada (debido a su forma de conservación o preparación o variabilidad propia de la misma debida a su naturaleza), calcular la desviación estándar estimada para los promedios en condiciones de reproducibilidad según los límites de control para los promedios en condiciones de reproducibilidad según Cálculo de los parámetros de los gráficos de control en condiciones de repetibilidad.

5 ISO 17025

Esta Norma Internacional ha sido elaborada a partir de las amplias experiencias adquiridas con la aplicación de la Guía 25:1990 de ISO/IEC y la EN 45001:1989, a las cuales sustituye. Contiene todos los requisitos que deben cumplir los laboratorios de calibración y ensayo si desean demostrar que tienen en marcha un sistema de la calidad, son técnicamente competentes, y pueden generar resultados técnicamente válidos.

Los órganos de acreditación que reconocen la competencia de los laboratorios de calibración y ensayo pueden utilizar esta Norma Internacional como base para su acreditación. El apartado 4 especifica los requisitos para una

gestión bien estructurada. El apartado 5 especifica los requisitos para la competencia técnica del tipo de calibraciones y/o ensayos que realiza el laboratorio.

Por lo general, el creciente uso de los sistemas de la calidad ha aumentado la necesidad de garantizar que los laboratorios que formen parte de una organización mayor o que ofrezcan otros servicios puedan operar un sistema de la calidad que se considere conforme con las normas ISO 9001:1994 o ISO 9002:1994, así como con esta Norma Internacional. Por consiguiente, se ha tenido el cuidado de incorporar todos los requisitos de la ISO 9001:1994 y la ISO 9002:1994 que resultan importantes para el alcance de los servicios de calibración y ensayo contemplados por el sistema de la calidad del laboratorio.

Los laboratorios de calibración y ensayo que están en conformidad con esta Norma Internacional también operan de acuerdo con la ISO 9001:1994 o la ISO 9002:1994.

La certificación con respecto a la ISO 9001:1994 y la ISO 9002:1994 no demuestra en sí la competencia del laboratorio para producir datos y resultados técnicamente válidos.

La aceptación de resultados de calibración y ensayo entre países debe resultar más fácil si los laboratorios cumplen las disposiciones en esta Norma Internacional y si obtienen la acreditación de órganos que han llegado a acuerdos de reconocimiento mutuo con órganos equivalentes en otros países que utilicen esta Norma Internacional.

El uso de esta Norma Internacional debe facilitar la colaboración entre los laboratorios y otros órganos para ayudar al intercambio de información y experiencia, y a la armonización de normas y procedimientos.

Alcance

- Esta Norma Internacional especifica los requisitos generales para la competencia de calibraciones y/o ensayos, incluyendo muestreos. Abarca calibraciones y ensayos realizados mediante métodos normalizados y no normalizados y métodos definidos por el laboratorio.
- Esta Norma Internacional se puede aplicar a todas las organizaciones que realizan calibraciones y/o ensayos. Entre éstas se incluyen, por ejemplo, los laboratorios de primera, segunda y tercera parte, y los laboratorios donde la calibración y/o el ensayo forman parte de la inspección y la certificación de productos.

Esta Norma Internacional se puede aplicar a todos los laboratorios, independientemente del número de su personal o de la magnitud de las actividades de calibración y/o ensayo. Cuando un laboratorio no realiza una o más de las actividades contempladas en esta Norma Internacional, tales como el muestreo y el diseño/desarrollo de nuevos métodos, no se aplican los requisitos de esos apartados.

- Las notas incluidas constituyen aclaraciones del texto, los ejemplos y las orientaciones. No contienen requisitos y no son parte integral de esta Norma Internacional.
- Esta Norma Internacional es para el uso en laboratorios que están desarrollando los sistemas de la calidad, así como los administrativos y técnicos, que rigen sus operaciones. También los clientes del laboratorio, las autoridades legales y los órganos de acreditación pueden utilizar esta norma para confirmar o reconocer la competencia de los laboratorios.

NOTA Esta Norma Internacional no abarca la conformidad con los requisitos legales y de seguridad relativos a la operación de los laboratorios.

- Si los laboratorios de calibración y ensayo satisfacen los requisitos de esta Norma Internacional, pondrán en práctica un sistema de la calidad para sus operaciones de calibración y ensayo que también satisfaga los requisitos de la ISO 9001:1994 cuando emprenden el diseño/desarrollo de nuevos métodos, y/o elaboran programas de ensayo que combinan métodos de calibración y ensayo normalizados y no normalizados, y los requisitos de la ISO 9002:1994 cuando sólo utilizan métodos normalizados. En el Anexo A aparecen referencias cruzadas nominales entre esta Norma Internacional y las normas ISO 9001:1994 e ISO 9002:1994. La ISO/IEC 17025 abarca requisitos de competencia técnica no incluidos en la ISO 9001:1994 y la ISO 9002:1994.

NOTA 1 Puede ser necesario explicar o interpretar algunos requisitos de esta Norma Internacional para garantizar que los requisitos se apliquen de forma consistente. En el Anexo B aparecen orientaciones para interpretar los requisitos, especialmente para los órganos de acreditación (Guía 58 de ISO/IEC, apartado 4.1.3).

NOTA 2 Si el laboratorio desea acreditar todas sus actividades de calibración y ensayo o una parte de las mismas debe seleccionar a un órgano de acreditación que funcione en conformidad con la Guía 58 de ISO/IEC.

5.1 SISTEMA DE CALIDAD

El laboratorio debe establecer, implementar y mantener un sistema de calidad apropiado para el rango de sus actividades. Este sistema de calidad es útil para la definición de los procesos que el laboratorio lleva a cabo, su representación y su implementación.

Es necesario confeccionar los procedimientos del sistema que junto con el manual de calidad describen todo el sistema de gestión. El alcance y los detalles de los documentos dependen de la complejidad del trabajo, de los métodos

empleados y de las habilidades y capacitación del personal involucrado en la ejecución de la tarea.

6 DESCRIPCION DEL AREA DE TRABAJO

La Unidad de Calidad Ambiental (UCA) comienza sus actividades con la creación del Laboratorio de Calidad Ambiental, en el año 1992, donde el LCA es el brazo técnico de la UCA que ofrece los servicios de análisis. Inicialmente, los esfuerzos se concentran en la estructuración, equipamiento y acreditación del LCA, mientras que paralelamente se capacitan equipos de investigadores y se desarrollan las líneas de investigación e interacción social en la temática de calidad ambiental.

EL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL (LCA)

En 1992, se establece la necesidad de crear un laboratorio de análisis físico - químicos, independiente de las actividades académicas, a fin de asegurar la confiabilidad de los análisis para los proyectos de investigación del Instituto de Ecología. Para garantizar la sostenibilidad de este laboratorio a largo plazo se define prestar servicios al propio Instituto y también a terceros, y se delega la planificación y organización a Margot Franken. Durante los siguientes años se adquieren los primeros equipos, se contrata a Franz Velasco como Responsable Químico (en 1994), y se capacita el personal contratado, todo eso con fondos de la GTZ.

En 1996 se realizó una evaluación del LCA como parte de los logros del proyecto GTZ, donde se define que el LCA pasa a responsabilidad del IE como una de sus unidades. Desde el principio, se buscó el apoyo de expertos internacionales para el desarrollo de las capacidades y asesorar al proceso de la acreditación del LCA. Es así que en 2000 se incorpora por dos años a un experto del CIM (Michael Bertz), para finalmente llevar al laboratorio a la acreditación bajo la Norma ISO/IEC 25. Jaime Chincheros Paniagua es nombrado como

Responsable del LCA y para la acreditación, la cual se logra el 25 de enero de 2002.

Lastimosamente, en los siguientes años (2004-2005) se pierde la mayoría del personal capacitado, por problemas de contratación por parte de la UMSA, y así también se pierde la posibilidad de una reacreditación inmediata bajo la nueva norma de laboratorios, la ISO 17025.

En 1997, se firma un convenio entre la UMSA, el Banco Mundial y el Ministerio de Desarrollo Sostenible, bajo el Programa PMAIM, para proveer a dos laboratorios de la Universidad con infraestructura nueva y equipamiento sofisticado, entre ellos el LCA. En 2005, el LCA se instala en la nueva construcción, y en 2007 culmina el proyecto con la entrega de los últimos equipos y la evaluación final del proyecto.



Infraestructura del LCA financiado por el Banco Mundial (Foto y Gráfico: Jaime Chincheros)

El LCA tiene varios módulos, a saber de agua, suelos, metales pesados, microbiología, alimentos y el laboratorio de aire, que funciona para la investigación en biomonitorio de la calidad de aire y otros ensayos de bioindicación. Además, en conjunto con la cooperación francesa (IRD), la Unidad de Limnología y el Instituto de Biología Molecular, se llevan a cabo análisis integrales de mercurio y metilmercurio en los ecosistemas de la cuenca amazónica.

Actualmente, el LCA tiene el siguiente personal, contratado por la UMSA: un responsable (Jaime Chincheros), cuatro analistas, un portero y una secretaria. Además, en conjunto con la cooperación francesa (IRD), la Unidad de Limnología y el Instituto de Biología Molecular, se llevan a cabo análisis integrales de mercurio y metilmercurio en los ecosistemas de la cuenca amazónica.

CAPACIDADES DESARROLLADAS Y PROYECCIONES FUTURAS:

- El LCA ha programado su acreditación bajo la norma ISO 17025 para 2012.
- Se perfila como laboratorio de referencia para elementos traza, a nivel nacional. Se realizan intercomparaciones en metales pesados, suelos y aguas con diferentes instituciones el Sistema Internacional de Metrología realiza intercomparaciones de metales en muestras líquidas.
- Actualmente incursiona al campo de la salud ambiental analizando metales en muestras de sangre, orina y cabellos.
- El LCA forma parte de la Red Latinoamericana de Alimentos (RELOAA).

EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Las actividades del Área de Investigación de la Unidad de Calidad Ambiental se han desarrollado en tres campos principales: calidad de agua y del aire, además de la ecología y el mejoramiento urbano.



Jaime Chincheros (Responsable LCA) en equipo de Absorción Atómica

ESTUDIOS EN AGUAS SUPERFICIALES

La Unidad de Calidad Ambiental, desde el año 1997, comienza con varios trabajos de investigación, en el principio todavía muy ligados a las actividades de la Unidad de Limnología. Se realizan estudios de la calidad ecológica de ríos, integrando la calidad morfoestructural, la calidad de aguas y la calidad biológica mediante el análisis de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, en varias cuencas del país: en el valle de La Paz, los Yungas, varias cuencas altas del Departamento de Potosí, y finalmente en la cuenca del río Bermejo del Departamento de Tarija, participando en el estudio de biodiversidad de la cuenca boliviana del Bermejo financiado por la OEA.

Estudios En Calidad Del Aire

Con la suscripción de un convenio entre la UMSA y la Universidad Karl-Franzens de Graz, Austria, en el año 1997, comienzan los primeros estudios de contaminación atmosférica y climatología urbana, en la ciudad de La Paz. Desde la Universidad austriaca.

7 METODOLOGIA

La presente monografía fue desarrollada en base a la experiencia de trabajo en el Modulo de Aguas del LCA. También se trabajo en el modulo de suelos en los tres meses de pasantía.

7.1 MODULO AGUAS

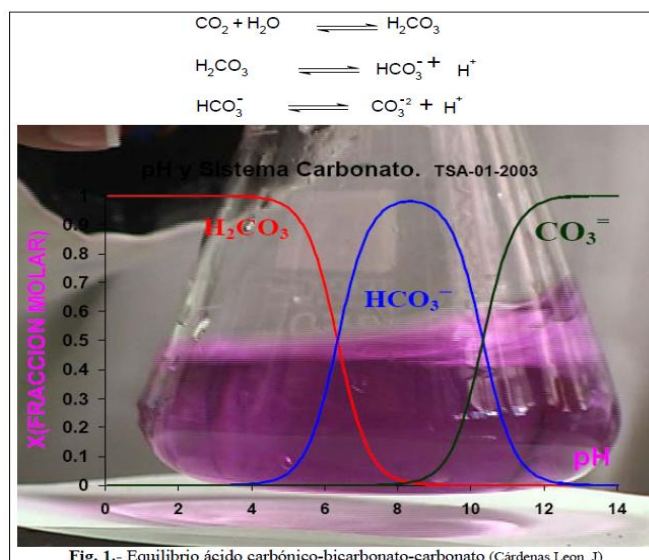
Los parámetros realizados son:

- Alcalinidad
- Conductividad eléctrica
- Cloruros
- DBO-5
- DQO

- pH
- Sulfatos
- Sólidos suspendidos
- Sólidos disueltos
- Sólidos totales
- Turbidez

7.1.1 ALCALINIDAD

- Preparar HCl 0,1 N y estandarizar.
- Medir pH con (pH-metro/ conductivity meter AR20) de la muestra y filtrar con papel filtro de porosidad 0,45 µm
- Colocar 2 gotas del indicador mixto (verde bromocresol + rojo de metilo), el cual se prepara con 100 mg de verde de Bromo cresol y 20 mg de rojo de metilo en 100 ml de C₂H₅OH.
- Titular hasta que cambie de azul a rosado.



INTERFERENCIAS

La muestra no debe presentar altos niveles de turbiedad que impidan apreciar el punto final de titulación. Si se presenta este problema se filtra la muestra a través del filtro de fibra de vidrio.

7.1.2 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

- Se debe calibrar el equipo con 3 soluciones de 12,89 mS/cm, 146,9 μ S/cm y de 1412 mS/cm.

INTERFERENCIAS

Los valores medidos de la conductividad eléctrica pueden ser afectados por la contaminación de la muestra dentro de la celda. La presencia de grandes cantidades de materia en suspensión, la grasa o el aceite pueden causar falla de los electrodos.

Las interferencias causadas por tales efectos no son, en la rutina de operación, fáciles de reconocer. Pueden provocar un cambio en la constante de celda, pero esto sólo puede determinarse mediante la verificación con la disolución patrón de trabajo apropiada de cloruro de potasio.

Una interferencia puede resultar por la adherencia de burbujas de aire en los electrodos al momento de calentar la muestra a 25 °C.

Las mediciones de las aguas con conductividad eléctrica inferior a 1 mS/m se ven influidas por la atmósfera de dióxido de carbono y amonio. En estos casos la medición se llevará a cabo con una celda de tipo flujo.

Cuando se trata con agua con muy bajo contenido de iones la contribución de la conductividad eléctrica del agua de alta pureza puede ser significativa.

7.1.3 CLORUROS

(STANDARD METHODS 4500-B)

Para analizar los cloruros, la muestra, a un pH neutro o ligeramente alcalino, se titula con nitrato de plata (AgNO_3), usando como indicador cromato de potasio (K_2CrO_4).⁽¹⁴⁾

El cloruro de plata AgCl , precipita cuantitativamente primero, al terminarse los cloruros, el AgNO_3 reacciona con el K_2CrO_4 formando un precipitado rojo ladrillo de Ag_2CrO_4 .



INTERFERENCIAS

Los iones bromuro, yoduro y cianuro se registran como concentraciones equivalentes de cloruro.

Los iones sulfuro, tiosulfato y sulfito interfieren.

El ortofosfato en concentraciones mayores de 25 mg/L interfiere ya que precipita como fosfato de plata.

El hierro con concentraciones arriba de 10 mg/L interfiere porque enmascara el punto final de la valoración.

7.1.4 DBO – 5

METODO DE WINKLER (STANDARD METHODS 5210-B)

- Se llena una botella con un litro de agua y se deja conectado a un envase con agua lleno de agua recolectado del río por dos

horas, para que el agua donde se preparará la dilución se oxigene.

Los dos conectados a una bomba para que sea más rápida la reacción.



- Luego de las dos horas se desconecta los envases de la bomba y se comienza a preparar el agua de dilución.
- El agua de dilución es el agua destilada con la adición de: 1ml de las soluciones de: Sulfato de magnesio, cloruro de calcio, cloruro férrico y tampón de fosfato.
- Para comenzar las lecturas de oxígeno disuelto inicial y su temperatura, se debe tener un blanco, el cual es solamente el agua de dilución, y para las muestras, se coloca 100 ml de muestra si es agua cristalina si es algo turbia 50 ml y si es un lixiviado se coloca 10 ml de muestra y se llena los Winklers con agua de dilución.
- Medir oxígeno disuelto inicial, temperatura final, para luego llenar completamente los Winkler taparlos y llevarlos a la incubadora por 5 días.



<u>Nivel DBO</u> <i>(en ppm)</i>	<u>Calidad del Agua</u>
1 - 2	Muy Buena No hay mucho desecho orgánico presente en la muestra de agua.
3 - 5	Aceptable: Moderadamente Limpia
6 - 9	Mala: Algo Contaminada Generalmente indica que hay materia orgánica presente y que las bacterias están descomponiendo este desecho.
100 o más	Muy Mala: Muy Contaminada Contiene desecho orgánico.

➤ Paso los 5 días se mide el oxígeno disuelto final y la temperatura final.

INTERFERENCIAS

El pH ácido o alcalino

Cloro residual

Nitritos: Es la interferencia más común en las muestras de DBO_5 incubadas.

Sustancias inorgánicas y orgánicas reductoras

La presencia de burbujas durante el periodo de incubación alterna de determinación de la DBO.

7.1.5 DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

METODO TITULOMETRICO A REFLUJO CERRADO (STANDARD METHODS 5220-C)

- Para este método se utiliza tubos, los cuales pueden tener un volumen total de 7,5 ml.
- Colocar 2,5 ml de muestra + 1,5 ml de $K_2Cr_2O_7$ 0,250 N +3,5 ml Ag_2SO_4 en los tubos.
- Realizar la digestión por 2 horas y luego dejar enfriar para luego vaciar la solución en erlenmeyer y enjuagar completamente los tubos y sus tapas con agua para que no exista perdida de la solución.



- Titular la solución con $FeSO_4$ y con dos gotas de ferroina hasta que vire de azul a rojizo.

7.1.6 MEDICION DEL pH

(STANDARD METHODS 4500-A)

- Para poder medir el pH de las muestras, primero se debe calibrar el pH- metro con soluciones Buffer de 7 – 10 y 4, para luego poder tener un pH exacto de las muestras.



- Los electrodos húmedos deben estar almacenados en KCl.
- Las muestras deben estar a temperatura ambiente

INTERFERENCIAS

El electrodo de vidrio está relativamente libre de interferencias debidas al color, el color, la turbiedad coloidal, oxidantes, reductores o elevada salinidad, excepto para un error de sodio a $\text{pH} > 10$ se debe reducir este error utilizando electrodos especiales con bajo error de sodio.

7.1.7 SULFATOS

METODO TURBIDIMETRO (STANDARD METHODS 4500-E)

- Medir 100 ml de muestra o una porción apropiada llevada a 100 ml, en un erlenmeyer de 250 ml, agregar 20 ml de solución buffer y mezclar en aparato de agitación. Mientras se agita, agregar una medida de espátula de cristales de BaCl_2 y comenzar la cuenta del tiempo inmediatamente. Agitar durante 60 segundos a velocidad constante.



- Después que el periodo de agitación ha finalizado, colocar la solución en una celda de absorción del fotómetro y medir la turbiedad a los 5 minutos.
- Estimar la concentración de SO_4^{-2} en la muestra comparando la turbiedad leída con una curva de calibración preparada sometiendo los estándares de SO_4^{-2} a todo el procedimiento. Espaciar los estándares en incrementos de 5 mg/l en el rango de 0 a 40 mg/L de SO_4^{-2} . Por encima de 40 mg/L la exactitud disminuye y las suspensiones de BaSO_4 pierden estabilidad.



INTERFERENCIAS

En este método, interfieren la materia en suspensión en grandes cantidades y el color.

La materia suspendida puede eliminarse parcialmente por filtración. Si ambos interferentes producen lecturas pequeñas en comparación con la de la concentración del ion sulfato, la interferencia se corrige según el inciso 6.5.4. La sílice en concentración de 500 mg/L y la materia orgánica en concentraciones altas, también interfieren, imposibilitando la precipitación satisfactoria del sulfato de bario.

En aguas normales, no existen otros iones además del sulfato, que formen compuestos insolubles con bario, bajo condiciones fuertemente ácidas. Efectuar las determinaciones a temperatura ambiente, con una variación del orden de \pm diez grados, no causa error apreciable.

7.1.8 SOLIDOS SUSPENDIDOS

(STANDARD METHODS 2540-D)

- El papel filtro de fibra de vidrio debe estar 24 hrs en la estufa a 105°C
- Se prepara el filtro con fibra de vidrio, y se selecciona el volumen según su espesor, ya que puede tapar los poros y tardar el filtrado.



- Una vez filtrado se lleva por una hora a la estufa a 105°C .
- Se coloca en un desecador hasta que este a temperatura ambiente
- Se pesa la fibra e vidrio más la muestra filtrada.



7.1.9 SOLIDOS DISUELTOS

(STANDARD METHODS 2540-C)

- Se filtra un volumen conocido de agua, a través de un filtro de 0,45 μm de porosidad.
- El filtrado se coloca en una cápsula previamente pesada y secada en una estufa a 105°C.
- La cápsula con el filtrado se lleva a sequedad en baño María.
- Luego se lleva a la estufa a 105°C por cuatro horas.
- Se lleva al desecador hasta que adquiera peso constante.

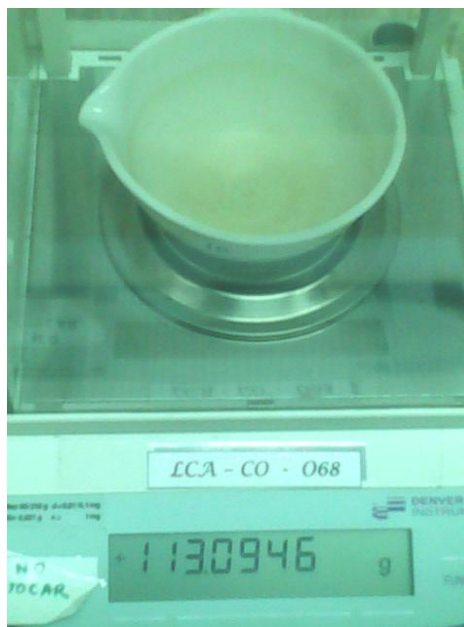


7.1.10 SOLIDOS TOTALES

(STANDARD METHODS 2540-C)

- Se coloca las capsulas en la estufa a 105°C por una hora y se lo lleva a un desecador hasta que tenga peso constante.
- Se coloca un volumen de muestra conocida bien mezclada, según el tipo de muestra, si es cristalina puede colocarse hasta 100 ml y si es un lixiviado se coloca 10 ml.
- La cápsula se lleva a sequedad en baño María, para luego colocar en la estufa a 105°C.

- Se lleva al desecador hasta que este a peso constante, para luego pesar.



7.1.11 TURBIDEZ

- Calibrar el turbidímetro con agua mili-Q a 0.03.
- Mantener la celda limpia lavar por fuera y por dentro.
- Agitar la muestra problema y llenar la celda.
- Con la lectura de la escala y con el factor de disolución . Posteriormente se calcula la turbidez



INTERFERENCIAS

El color verdadero, es decir el color del agua debido a las sustancias disueltas que absorben luz, origina que la turbiedad sea más baja, aunque este efecto generalmente no es significativo en aguas tratadas.

La presencia de residuos flotantes y materia fina los cuales puedan sedimentarse rápidamente darán lecturas bajas. Pequeñas burbujas de aire pueden afectar el resultado de manera positiva.

Existen numerosas fuentes de error como son presencia de burbujas en las paredes de la celda al momento de realizar la lectura, empañamiento de las celdas, suciedad del vidrio, y efectos de vibración que alteran la visibilidad superficial de la muestra los cuales conducirán a errores en las lecturas.

7.2 MODULO SUELOS

7.2.1 Conductividad Eléctrica

- Se debe calibrar el equipo con 3 soluciones de 12,89 mS/cm, 146,9 μ S/cm y de 1412 mS/cm.
- Para realizar la medida de conductividad en suelos, se tiene una relación de 1:2,5 muestra- agua.
- Se coloca 20 gramos de muestra y 50 ml de de agua.
- Se deja agitando por 3 horas, y luego se realiza las lecturas.

INTERFERENCIAS

Los valores medidos de la conductividad eléctrica pueden ser afectados por la contaminación de la muestra dentro de la celda. La presencia de grandes cantidades de materia en suspensión, la grasa o el aceite pueden causar falla de los electrodos.

Las interferencias causadas por tales efectos no son, en la rutina de operación, fáciles de reconocer. Pueden provocar un cambio en la constante de celda, pero esto sólo puede determinarse mediante la verificación con la disolución patrón de trabajo apropiada de cloruro de potasio.

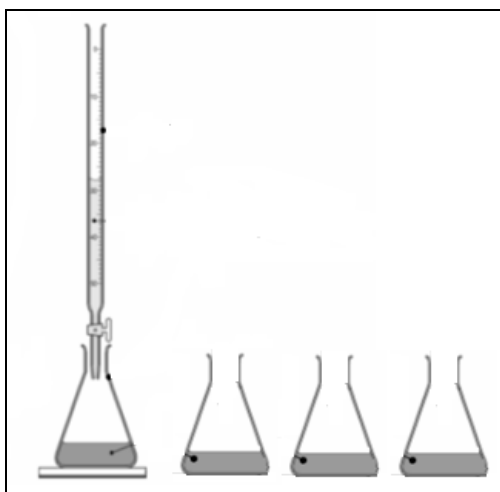
Una interferencia puede resultar por la adherencia de burbujas de aire en los electrodos al momento de calentar la muestra a 25 °C.

Las mediciones de las aguas con conductividad eléctrica inferior a 1 mS/m se ven influidas por la atmósfera de dióxido de carbono y amonio. En estos casos la medición se llevará a cabo con una celda de tipo flujo.

Cuando se trata con agua con muy bajo contenido de iones la contribución de la conductividad eléctrica del agua de alta pureza puede ser significativa.

7.2.2 CARBONO ORGANICO TOTAL

- Pesar 0,3 o 0,2 gramos de muestra
- Agregar dicromato de potasio
- Agregar ácido sulfúrico
- Agregar agua destilada
- Titular con sulfato ferroso y con ferroina de indicador. Registrar los volúmenes gastados para determinar el carbono total en la muestra.



7.2.3 MEDICION DE pH

- Pesar 1 g de suelo y colocarlo en un vaso de precipitado de 25 ml.
- Agregar 10 ml de agua destilada.
- Agitar y dejar reposar 10 minutos.
- Ajustar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras.
- Pasados los 10 minutos, medir el pH con el potenciómetro.

7.3 MUESTREO EN ESCOMA Y EPSAS

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción de material cuyo volumen sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio sin que por ello deje de representar con exactitud al material de donde procede.

Al igual que para cualquier otro tipo de muestra, en la toma de muestra debe tenerse en cuenta que la muestra no debe deteriorarse ni contaminarse antes de llegar al laboratorio.



Antes de llenar el envase con la muestra hay que lavarlo dos o tres veces con el agua que se va a recoger, a menos que el envase contenga algún tipo de conservante o decolorante. En el caso de muestras que han de ser

transportadas, lo mejor es dejar un espacio de alrededor de 1% de la capacidad del envase para permitir la expansión térmica.

La toma debe realizarse con cuidado, con objeto de garantizar que el resultado analítico represente la composición real.

En general los envases están hechos de plástico o vidrio, según los casos puede resultar preferible uno u otro de los materiales. Para muestras que contienen compuestos orgánicos conviene evitar los envases de plástico, salvo los fabricados con polímeros fluorados el politetrafluoretileno.

Para reducir al máximo la posible volatilización o biodegradación entre la toma de muestra y el análisis, se debe mantener la muestra a la menor temperatura posible, sin que llegue a congelarse. Las muestras se analizarán lo antes posible una vez llegadas al laboratorio. Si no es posible hacerlo de manera inmediata, se recomienda conservarlas a 4°C en la mayoría de los casos.

Sólo se utilizarán conservantes químicos cuando se haya demostrado que van a interferir en el análisis. En caso que se utilicen, deberán añadirse al envase antes de poner la muestra. No exige ningún método de conservación que sea totalmente satisfactorio. Los métodos de conservación son relativamente limitados y están diseñados para retardar la acción de los microorganismos y retrasar la hidrólisis de los compuestos y complejos químicos y reducir la volatilidad de los componentes.



Los métodos de conservación se limitan al control del pH, la adición de productos químicos, el uso de envases ámbar u opacos, la refrigeración, la filtración y la congelación.

Si la conductividad eléctrica no supera 100mS/cm, las muestras no requieren preparación especial para la medida del pH.

1. Calibración de pH-meter con las soluciones tampón de referencia, el electrodo deberá estar siempre en disolución (3M KCl).
2. La temperatura de la muestra debe ser la adecuada para efectuar la medida de pH (temperatura ambiente)
3. Se tomará como valor pH de la muestra, cuando la medida de lectura sea estable por al menos 1 minuto. El valor puede ser leído con una precisión de 0,1 unidades o 0,01 unidades.
4. Entre medida y medida de pH de muestras diferentes, el electrodo debe limpiarse con agua destilada y posteriormente secado.

La conductividad de la muestra se debe medir a una temperatura lo más cercana a 20°C.



También se realizó un muestreo en las plantas de EPSAS (Empresa Pública Social de AGUAS Y Saniamiento) en Pampahasi y Achachicala



8 TRATAMIENTO DE DATOS

8.1 MODULO AGUAS

8.1.1 ALCALINIDAD

Calcular la alcalinidad de acuerdo a como se indica a continuación:

Titulación hasta el pH del punto final: Emplear la fórmula siguiente:

$$\text{ALCALINIDAD (mg de CaCO}_3\text{/L)} = \frac{A \times N \times 50000}{V_m}$$

Donde:

A = Gasto, expresado en ml, de solución estándar de ácido usado en la titulación.

B = Normalidad de la solución estándar de ácido usada en la titulación.

Vm = Volumen de muestra en ml

Ejemplo:

DETERMINACION DE ALCALINIDAD EN AGUAS						
INFORME: A 23/11 CALCULO DE RESULTADOS						
Vol. de muestra	Normalidad HCl	Muestra Codigo	pH inicial	Volumen gastado	Alcalinidad total mg/L CaCO ₃	valores reportados
100	0,01348	Blanco	4,66	0,3	2,02	2
100	0,01348	23-1	5,79	1,05	7,08	7,5
100	0,01348	23-1r	5,79	1,1	7,41	
100	0,01348	23-1rr	5,79	1,2	8,09	

8.1.2 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Para calcular la conductividad eléctrica de una solución no se realiza ningún cálculo, la medida es directa.

Excepto en las conversiones pues un mS/m = 10 µS/cm=1.000Ohm x m.

Ejemplo:

DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN AGUAS					
INFORME: A 23/11 CALCULO DE RESULTADOS					
Muestra Codigo	Temperatura °C	Conductividad µS/cm	µS/cm	SD	CV %
23-1	6,90	52,7	52	0,350	0,67
23-1r	7,00	52,0			

8.1.3 CLORUROS

Para poder calcular la concentración de cloruros, expresada en mg/L, en la muestra mediante la siguiente fórmula:

$$Cl^{-} \text{ (mg/L)} = \frac{(A - B) \times N \times 35450}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

A = ml de la solución titulante gastados en la titulación de la muestra

B = ml de la solución titulante gastados en la titulación del blanco

N = Normalidad de la solución titulante de AgNO_3

$$\text{mg NaCl /L} = (\text{mg Cl /L}) \times 1,65$$

Ejemplo:

DETERMINACION DE CLORUROS EN AGUAS							
INFORME : A 23/11							
CALCULO DE RESULTADOS							
Muestra Código	Muestra ml	AgNO3 ml muestra	AgNO3 ml blanco	mg Cl/L	f.d.	mgCl/L Total	Promedio
Blanco	100	0,5	0,5	0	1	0	
23-1	1	13,6	0,5	5869,95	1	5869,95	5892
23-1r	1	13,7	0,5	5914,76	1	5914,76	

8.1.4 DBO-5

Para cada botella ensayada que cumpla el criterio de un consumo mínimo de 2mg/L y un Oxígeno Disuelto residual mínimo de 1 mg/L, calcular la DBO_5 como sigue:

$$\text{DBO}_5 (\text{mg / L}) = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Donde:

D_1 = El contenido de OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación expresado en mg/L.

D_2 = El contenido de OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 ± 1 °C.

P = Fracción decimal volumétrica de la muestra utilizada.

Ejemplo:

DETERMINACIÓN DE LA DBO-5 POR LA TÉCNICA DE WINKER									
INFORME : A 23/11									
CALCULO DE RESULTADOS									
Muestra	Volumen de aforo	OD1	Temperatura	OD 2	Temperatura	P	DBO	fd	DBO-5
Código	ml	mg/L	inicial °C	mg/L	final °C		mg/L		mg/L
Blanco	288,68	6,4	19,1	6	20,3	1	0,4	1	
23-1	288,4	6,3	19	0,6	19,9	3,47 E-3	1643,9	10	16438,8
23-1r	288,4	6,3	19	0,6	19,9	3,47 E-3	1643,9	10	16438,8

8.1.5 DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

Calcular la DQO de la muestra mediante la fórmula siguiente:

$$DQO \text{ (mg/L)} = \frac{(A - B) \times M \times 8.000}{V}$$

Donde:

A = ml de sulfato ferroso en la titulación del blanco.

B = ml de sulfato ferroso usados en la titulación de la muestra.

M = Molaridad de la solución de sulfato ferroso.

8.000 = Peso equivalente de oxígeno x 1000 ml

Ejemplo:

DETERMINACION DE LA DQO EN AGUAS POR TITULOMETRIA						
INFORME: A 23/11						
CALCULO DE RESULTADOS						
Muestra	Vol. Gastado de FeSO4x7H2O	Vol. Gastado de FeSO4x7H2O	Volúmen muestra	Normalidad	Aforo	DQO
Código	Muestra ml Fe	Blanco ml Fe	ml	FeSO4x7H2O	ml	mg/L
Blanco	12,50	12,50	2,5	0,02415	7,5	0,000
23-1	11,90	12,50	2,5	0,02415	7,5	46,368
23-1r	11,90	12,50	2,5	0,02415	7,5	46,368

8.1.6 MEDICION DE pH

Para calcular el pH de una solución no se realiza ningún cálculo, la medida es directa.

Ejemplo:

DETERMINACION DE pH EN AGUAS				
		INFORME: A 23/11		
CALCULO DE RESULTADOS				
Muestra Código	pH	pH	Precisión (CV < 10 %)	
			SD	CV%
23-1	5,79	5,72	0,07	1,22
23-1r	5,65			

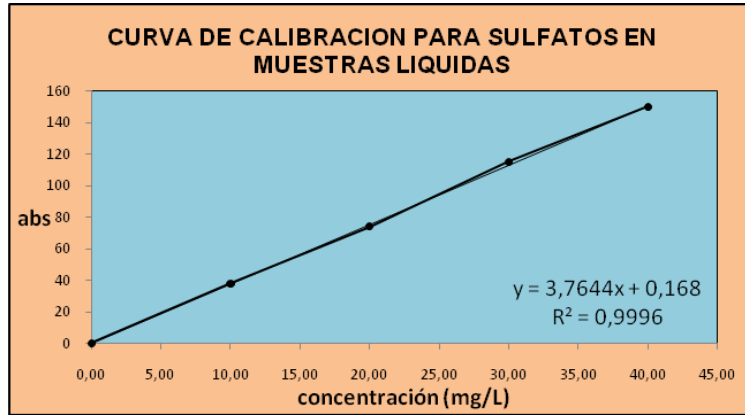
8.1.7 SULFATOS

$$\text{mg de SO}_4^{-2} / \text{L} = \frac{\text{mg de BaSO}_4 \times 1.000}{\text{ml de muestra}}$$

Se determina la concentración de SO_4^{-2} directamente de la curva de calibración, después de restar la absorbancia de la muestra antes de agregar el BaCl_2 .

Ejemplo

Patrones ppm SO4	Prom UNT
0,00	0,28
10,00	38
20,00	74
30,00	115
40,00	150



Entonces:

$$Y = 3,7644X + 0,168$$

$$\text{mg SO}_4/\text{L} = X = (Y - a) / b$$

DETERMINACION DE SULFATOS EN AGUAS				
INFORME: A 39/11				
CALCULO DE RESULTADOS				
Código Muestra	Promedio L UNT	Blanco UNT	L - Blanco	SO4 mg/L
Blanco	0,26	0,26	0	-0,0446
39-1	91,00	0,26	90,74	24,0601
39-1r	91,00	0,26	90,74	24,0601
39-2	0,85	0,26	0,59	0,1121
39-3	130,00	0,26	129,74	34,4204

8.1.8 SOLIDOS SUSPENDIDOS

Calcular los sólidos suspendidos totales mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sólidos suspendidos totales (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{V_m}$$

Donde:

A = Peso, expresado en mg, del filtro más peso del residuo.

B = Tara, expresada en mg, del filtro.

V_m = Volumen de muestra expresado en ml.

Ejemplo:

DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS EN AGUAS				
INFORME: A 22/11				
CALCULO DE RESULTADOS				
Muestra Código	Papel filtro mg	Pap + sól. Secos mg	Volumen muestra ml	mg sól. susp.
22-1	127,81	129,88	100	20,7
22-1r	127,59	129,46	100	18,7
22-2	129,06	141,06	100	122,3

8.1.9 SOLIDOS DISUELTOS

Para calcular la cantidad de sólidos disueltos se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{mg de sólidos disueltos / L} = \frac{((\text{masa de cápsula} + \text{S.D.}) - \text{masa de cápsula}) \times 1000}{V_m}$$

Donde:

V_m = Volumen de la muestra.

Ejemplo:

DETERMINACION DE SÓLIDOS DISUELTOS EN AGUAS			
INFORME: A 22/11			
CALCULO DE RESULTADOS			
Muestra Código	Masa Cápsula mg	Masa Cápsula + SD mg	S.D. Mg
22-1	114154,10	114252,50	9840,00
22-1r	114154,10	114252,50	9840,00
22-2	114589,60	114671,00	8140,00

8.1.10 SOLIDOS TOTALES

Se realiza el mismo tratamiento que para sólidos disueltos.

8.1.11 TURBIDEZ

Para determinar la turbidez de la muestra, se lee primero el blanco.

Se lee la turbiedad de las muestras y se resta el blanco.

No se debe realizar dilución.

Ejemplo:

DETERMINACION DE TURBIDEZ EN AGUAS			
INFORME: A 20/11			
CALCULO DE RESULTADOS			
Muestra Codigo	Lectura UNT	Turbidez Blanco UNT	Turbidez UNT
Blanco	0,03	0,03	0
20-1	42	0,03	41,97
20-1r	42	0,03	41,97

8.2 MODULO SUELOS

Los cálculos que se realizan para la medida de pH y conductividad no son necesarios ya que el equipo nos da la lectura directa.

9 CONTRIBUCION AL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL.

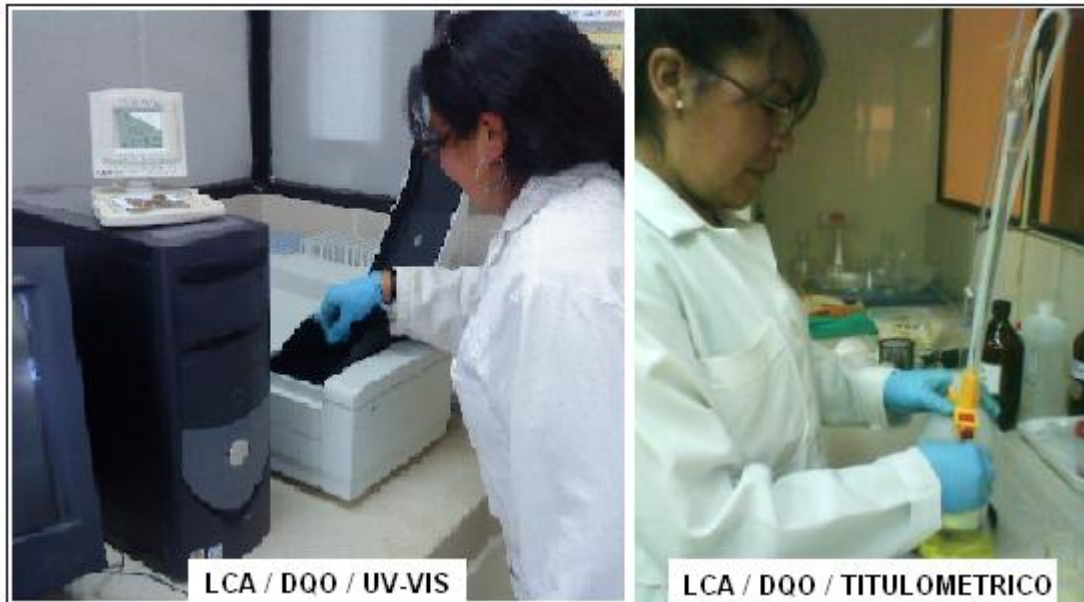
La contribución que pude realizar en el laboratorio de calidad ambiental fue la comparación de métodos para la medición de DQO, de manera titulometrica o colorimétrica a reflujo cerrado.

Pues en el mismo se trabaja con el método titulométrico para los análisis de la Demanda Química de Oxigeno para todas las muestras, lo que quise fue comprobar la desviación estándar que se tiene en bibliografía, ya que el mismo EPA nos da una desviación estándar de ± 17 mg/L para el método colorimétrico a reflujo cerrado y un ± 11 mg/L para el método titulométrico a reflujo cerrado. y poder verificar la diferencia o factibilidad de los métodos.

Para esto se realizo la misma preparación con el mismo material para ambos métodos y se lleva al digestor por 120 minutos a 150°C.



Al haber preparado por duplicado las muestras, una parte se llevo al UV-VIS y la para la otra parte se realizó la titulación.



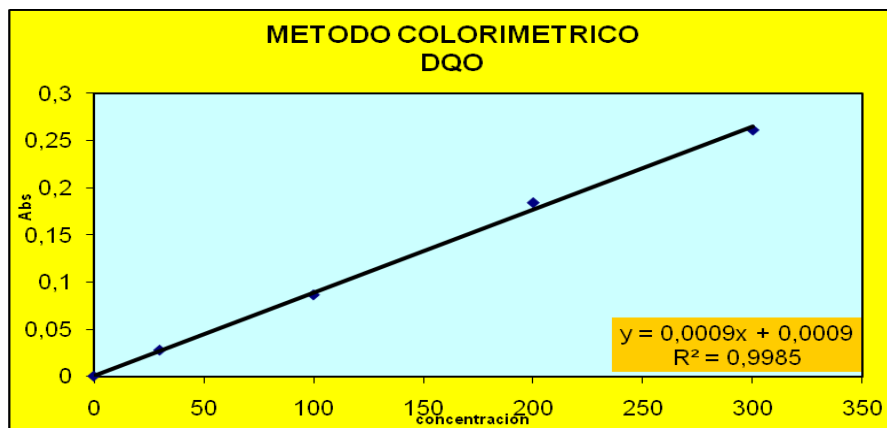
Obteniendo los siguientes resultados:

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO METODO COLORIMÉTRICO A REFLUJO CERRADO

Se construye la curva patrón

patrones	Abs
0	0
30	0,0276
100	0,0863
200	0,1842
300	0,26135

Concentración Teórica	Concentración Experimental	D.S. mg / L
0	-1,00	1,00
30	29,67	0,33
100	94,89	5,11
200	203,67	3,67
300	289,39	10,61



$$Y = 0,0009 X + 0,0009$$

$$DQO = X = (Y - 0,0009)/0,0009$$

Una vez que se tiene la curva, se realiza la lectura de una muestra "x", para así determinar su Demanda Química de Oxígeno.

METRODO COLORIMETRICO				
MUESTRA	L	DQO	F.D.	DQO
12-1	0,0964	106,111111	10	1061,11

Obteniendo el valor **DQO= 1061.11 mg/L** en la muestra.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

METODO TITULOMETRICO

Se realiza la titulación para las soluciones patrón, y así poder verificar la concentración del mismo, pues se preparo las soluciones con un estándar de 1500 mg/L y así se obtiene los siguientes valores:

METODO TITULOMETRICO								
	VOL GASTADO	VOL BLANCO	VOL MUESTRA ml	NORMALIDAD	DQO mg / L	F.D.	DQO mg / L	D.S. mg /L
BLANCO	12,65	12,65	2,50	0,02415	0	1	0	
1	11,50	12,65	0,15	0,02415	1481,2	1	1481,20	18,80
2	8,70	12,65	0,50	0,02415	1526,28	1	1526,28	-26,28
3	5,00	12,65	1,00	0,02415	1477,98	1	1477,98	22,02
4	1,55	12,65	1,50	0,02415	1429,68	1	1429,68	70,32
MUESTRA	10,70	12,50	2,50	0,02415	139,104	10	1391,04	

Obteniendo el valor **DQO= 1391.04 mg/L** en la muestra.

Por lo tanto observando las desviaciones estandares de ambos métodos, se puede apreciar que el más confiable es aquel que tiene menor desviación estandar, es asi que el método titulometrico resulta ser el mejor.

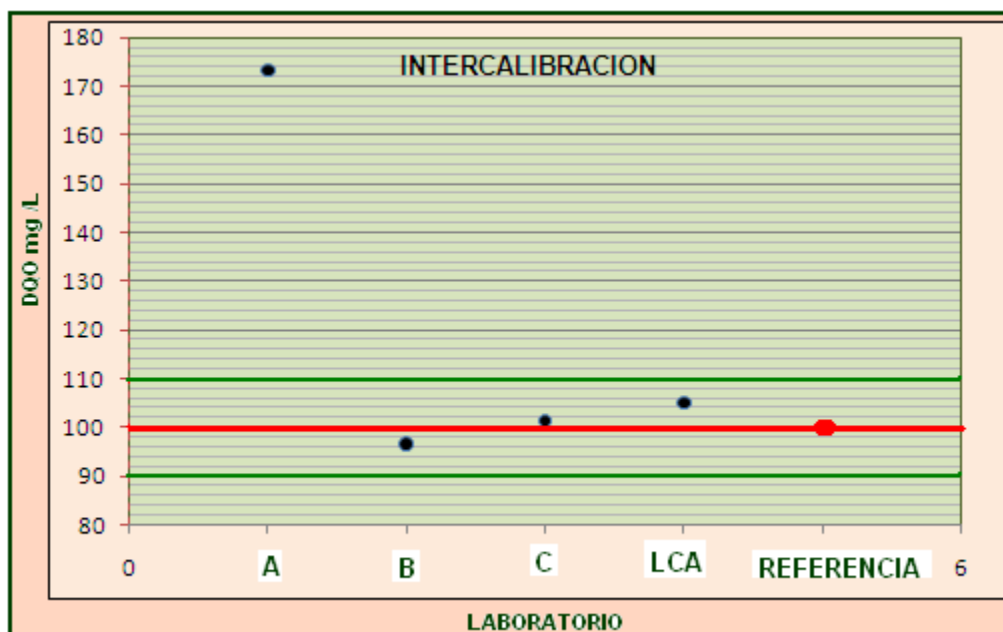
Pues se verifica la factibilidad del método y se comprueba el metodo de EPA.

Otra manera de sostener el método de DQO fue lel taller de intercalibración entre cuatro laboratorios (*por privacidad se reserva los nombres de los laboratorios*).

Utilizando una solución estandar de 100 ppm los cuatro laboratorios aplicaron sus métodos obteniendo los siguientes resultados de DQO:

Lab. A	Lab. B	Lab. C	LCA
168	97	101,78	110
178	97	100,1	95
174	96	102	110
173,33	96,67	101,29	105,00

Entre los cuatro laboratorios 3 cumplen con los resultados esperados con un ± 11 que es lo aceptable para DQO.



Entre los 3 laboratorios aprobados está el Laboratorio de Calidad Ambiental, por lo tanto el método utilizado es aceptable.

10 CONCLUSIONES

En el tiempo de permanencia en el Laboratorio de calidad ambiental se aprendió a realizar análisis en aguas y suelos.

Los análisis realizados en el laboratorio fueron 14 : alcalinidad, conductividad eléctrica (en aguas y suelos) ,cloruros, DBO-5, DQO, medición de pH (en aguas y suelos) , sulfatos, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos totales, turbidez y carbón orgánico en suelos.

Se realiza esta evaluación para determinar la contaminación de los tipos de aguas que ingresan al laboratorio, ya que los resultados pueden ayudar a la sociedad dando resultados del grado de contaminación.

Se aprendió a tener habilidad, destreza y mucho cuidado con la manipulación de reactivos, materiales de laboratorio y además a poder realizar muestreos de campo, esto implica además la codificación y la conservación de las muestras.

Pues al haber aprendido la medida de 14 parámetros y el muestreo en campo me da la seguridad de poder trabajar en un laboratorio de Análisis, ya que por día se realizaba 5 parámetros como promedio.

Los parámetros medidos no son los suficientes para poder determinar la el grado de contaminación del agua y del suelo, se necesita realizar más pruebas, que por tiempo no se pudo realizar.

Finalmente se comprobó que el método utilizado para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno – titulométrico a reflujo cerrado es óptimo por no gastar reactivo y además por su confiabilidad al tener un mínimo error.

11 BIBLIOGRAFIA

1. <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>
2. h:\monografia\alcalinidad.mht
3. h:\monografia\análisis de cloruros.mht
4. Análisis de agua - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa-073-1981)
5. http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm
6. <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>
7. http://www.miliarium.com/Monografias/PHN/Ciclo_hidrologico.asp
8. http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/17agua.html
9. <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/#Parámetros Físicos>
10. <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/suelos.html>
11. interpretación, implementación y evaluación de la norma
12. ISO/IEC 17025, INPPAZ, Buenos Aires, Argentina 19 al 23 mayo 2003
13. EPA. 1997. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual

14. Standard methods for the examination of water and waste water publicado por la APHA. Medición de Cloruros por Argentometría, Método 4500 Cl⁻ B - 1995
15. *estudio de eliminación de materia orgánica de agua del río mapocho por, tratamiento uvc* , premio junior del agua. estocolmo 2010
16. American Society for testing and Materials. Annual book of Standards 1994 .Determinación de Sulfatos por turbidimetría en agua. Metodo ASTM D 516-90
17. American Society for testing and Materials. Annual book of Standards 1994 .Determinación de turbidez en agua. Metodo ASTM D1889-88a
18. Principios de análisis instrumental. Quinta Edición. Skoog-Holler- Nieman
19. Química Analítica. J.G.Dick

ANEXOS

Calidad del Agua – Determinación de la Demanda Química de Oxígeno DQO en aguas residuales industriales – métodos de reflujo abierto y de reflujo cerrado.

0. INTRODUCCIÓN

La Demanda Química de Oxígeno DQO es definida como la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas. Se utiliza como una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma proporciona dos métodos para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno en aguas residuales industriales crudas y tratadas.

2. REFERENCIAS

Standard Methods for Waste and Wastewater	15 th Edition. 1995
Standard Methods for Waste and Wastewater	20 th Edition. 2000
NMX-AA-030-SCFI-2001	Análisis de agua - Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en aguas naturales y residuales.

3. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

MUESTREO: El proceso de tomar una porción, considerada como representativa, de un curso de agua, con el propósito de examinar varias características definidas.

AGUAS RESIDUALES: Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

BLANCO ANALÍTICO O DE REACTIVOS: Agua reactivo o matriz equivalente que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos disolventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra problema.

MATERIAL DE REFERENCIA: Material de referencia, acompañado de un certificado, en el cual uno o más valores de las propiedades están certificadas por un procedimiento que establece la trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la cual se expresan los valores de la propiedad, y en el que cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza.

4. FUNDAMENTO

Muchas clases de materia orgánica son oxidadas por una ebullición en una mezcla de ácidos crómico y sulfúrico. Una muestra es refluja en la solución fuertemente ácida con un exceso conocido de $K_2Cr_2O_7$ por espacio de 2 h. Luego de la digestión, el $K_2Cr_2O_7$ consumido. La materia orgánica oxidable es calculada en términos de oxígeno equivalente.

4.1 Selección del método

El método de reflujo abierto (Sección 8) es adecuado para una amplia gama de residuos en los que se refiere un gran tamaño de muestra. El método de reflujo cerrado (Capítulos 8 y 9) es más económico en cuanto al uso de sales metálicas como reactivos, y generan menor cantidad de residuos peligrosos, pero requieren homogeneización de las muestras que contengan sólidos suspendidos para obtener resultados reproducibles. Es posible obtener en el mercado ampollas y tubos de cultivo con reactivos medidos previamente. La medición de los volúmenes de muestra como también los volúmenes de reactivo y concentraciones son críticos. Consecuentemente se debe obtener especificaciones de límites de error para reactivos premezclados del fabricante.

5. INTERFERENCIAS Y LIMITACIONES

La oxidación de la mayor parte de los componentes orgánicos es del 95% al 100% del valor teórico. La piridina y los compuestos relacionados con ella resisten la oxidación, y los compuestos orgánicos volátiles sólo son oxidados en la medida en que permanecen en contacto con el oxidante los compuestos alifáticos de cadena lineal se oxidan con mayor eficacia cuando se añaden sulfato de plata (Ag_2SO_4) como catalizador. Sin embargo, el Ag_2SO_4 reacciona con el cloro, el bromo y el yodo para producir precipitados oxidados sólo parcialmente. Las dificultades causadas por la presencia de cloruros pueden ser superadas en gran medida, aunque no del todo, mediante la formación de un complejo con el sulfato de mercurio ($HgSO_4$) es especificado para la muestra de 50 mL, una cantidad menor puede ser usada cuando se sabe que la concentración de Cl es menor a 2000 mg/L, tanto como se mantenga una relación 10:1 en peso entre $HgSO_4$: Cl No usar el test para muestras que contienen más de 2000 mg/L. Las interferencias por haluros pueden ser removidas por precipitación con ión plata y filtración antes de la digestión. Esta operación puede introducir errores sustanciales debido a la oclusión y pérdidas por precipitación de la materia orgánica.

NOTA

Especialmente en aguas residuales provenientes de la industria textil, el contenido de cloruros Cl, por lo tanto en ese caso es conveniente determinar con anterioridad a la determinación de la DQO la concentración de cloruros.

El amoníaco y sus derivados, presente en la materia orgánica que contiene nitrógeno, o liberado desde ella, no son oxidados. Sin embargo, el cloro reacciona con estos compuestos. Por lo tanto las correcciones para interferencias por cloruro son dificultosas.

El nitrito (NO_2^-) ejerce una DQO de 1,1 mg O_2/mg de O_2^- - N. Ya que las concentraciones de O_2^- en el agua raramente exceden de 1 ó 2 mg de NO_2^- -N/L, la interferencia significativa y suele ser ignorada. Para eliminar una interferencia significativa debida al NO_2^- , añádanse 10 mg de ácido sulfámico por cada mg de NO_2^- -N presente en el volumen de muestra utilizado; añádase la misma cantidad de ácido sulfámico al vaso de reflujo que contenga el blanco de agua destilada.

Las especies inorgánicas reducidas, tales como el hierro ferroso, el sulfuro, el ión manganoso, etc., resultan oxidadas cuantitativamente bajo las condiciones de la prueba. Para muestras que contengan niveles significativos de estas especies, puede suponerse una oxidación estequiométrica a partir de la concentración inicial conocida de las especies que interfieren, y se pueden hacer las correcciones para el valor de DQO obtenido. La plata, Cr (VI) y las sales de mercurio utilizadas en las determinaciones de DQO generan residuos peligrosos. El mayor problema está en el uso del mercurio. Si la contribución del cloruro a la DQO es despreciable, el sulfato de mercurio puede ser omitido. Tamaños de muestras más pequeñas reducen la cantidad de residuo. La recuperación del material residual puede ser factible si es permitida por la autoridad reguladora.

6. TOMA DE MUESTRAS Y ALMACENAMIENTO

Preferiblemente, recójense las muestras en frascos de cristal. Ensáyese las muestras inestables sin demora. Si es inevitable el retraso antes del análisis, consérvase la muestra por acidificación a un $\text{pH} \leq 2$ utilizando H_2SO_4 concentrado. Mézclense las muestras que contengan sólidos precipitables antes del análisis. Si la DQO va a ser relacionada con la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO asegúrese de que todas las pruebas reciban idéntico pretratamiento. Háganse diluciones preliminares de los residuos que tengan una alta DQO alto para reducir el error inherente a la determinación de volúmenes pequeños de muestra. Se dan detalles en la NB 64002.

7. MÉTODO DEL REFLUJO ABIERTO

7.1. Discusión general

La mayor parte de la material orgánica resulta oxidada por una mezcla a ebullición de los ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a reflujo una muestra en una solución ácida fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Después de la digestión, el $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ no reducido (equivalente a la cantidad de este reactivo no consumido) se determina (cuantifica) con sulfato de amonio ferroso par determinar la cantidad de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ consumido y calcular la materia orgánica oxidable en términos de equivalente de oxígeno. Manténgase constantes las proporciones de pesos de reactivos, de volúmenes y de concentraciones cuando se utilicen volúmenes de muestra distintos de 50 mL. El tiempo estándar de reflujo de 2 horas puede reducirse si se ha demostrado que un período mas corto produce los mismos resultados.

7.2. Equipos y aparatos

7.2.1. El instrumental para reflujo consiste en matraces erlenmeyer de 500 ó 250 mL con cuello 24/40 de vidrio esmerilado* y un refrigerante** de 300 mm de chaqueta Liebig, West, o equivalente con junta de cristal esmerilado 24/40, y una placa caliente que tenga suficiente energía para producir al menos $1,4 \text{ W/cm}^2$ de superficie de calentamiento o equivalente.

7.2.2. Homogeneizador

7.2.3. Pipetas, clase A y de cuello ancho

7.3. Reactivos

7.3.1. Solución de dicromato de potasio patrón 0,0417M: Disuélvase 12,259 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, de calidad estándar primaria, secado previamente a 103°C durante 2 h, en agua destilada y dilúyase hasta 1000 mL.

7.3.2. Reactivo ácido sulfúrico: Añádase Ag_2SO_4 , de calidad para reactivos o técnica en cristales o en polvo, a H_2SO_4 conc. En la proporción de 5,5 g de $\text{Ag}_2\text{SO}_4/\text{kg}$ de H_2SO_4 . Déjese reposar de 1 a 2 días para disolver Ag_2SO_4 .

7.3.3. Solución indicadora de ferroína: Disuélvase 1,485 g de 1,10-fenantrolina monohidratado y 695 mg de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y dilúyase hasta 100 mL. Esta solución indicadora puede adquirirse ya preparada

7.3.4. Sulfato de amonio ferroso (SAF) patrón para titulación, aproximadamente 0,25M: Disuélvase 98 g de $(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada. Añádase 20mL de H_2SO_4 concentrado frío, y dilúyase hasta 1000 mL. Estandarícese esta solución a diario frente a una solución patrón de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ como sigue:

7.3.5. Dilúyanse 10 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ patrón hasta aproximadamente 100 mL. Añádanse 30mL de H_2SO_4 concentrado y enfríese. Valórese con titulante SAF utilizando 0,10 mL a 0,15 mL (2 a 3 gotas) de indicador ferroína.

Molaridad de la solución SAF=

$$\frac{V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) \text{ 0,0417 M titulada, L,}}{V_{\text{SAF}} \text{ en la titulación, mL}} \times 0,25$$

7.3.6. Sulfato mercuríco, HgSO_4 , cristales o polvo.

7.3.7 Ácido sulfámico: Necesario solo si debe eliminarse la interferencia de los nitritos.

7.3.8. Flatato de hidrógeno de potasio (FHP) patrón: Tritúrese ligeramente y luego séquese el flatato de hidrógeno de potasio ($\text{HOCC}_6\text{H}_4\text{COOK}$) a peso constante a 120°C . Disuélvase 425 mg en agua destilada y dilúyase hasta 1000 mL. El FHP tiene una DQO teórica del 1,176 mg O_2/mg y esta solución tiene un DQO teórico de 500 $\mu\text{g O}_2/\text{mL}$. Es estable hasta 3 meses cuando se congela en ausencia de crecimiento biológico visible.

7.4. Procedimiento

7.4.1. Tratamiento de las muestras con un DQO de > 50,0 mg O₂/L: Homogeneizar la muestra de ser necesario e introdúzcanse 50,0 mL de muestra en un matraz de reflujo de 500 mL. Para las muestras con un DQO de > 900 mg O₂/L, usar fracciones de muestras más pequeñas diluidas hasta 50 mL. Añádase 1g de HgSO₄, (tómese en cuenta lo mencionado en el capítulo 5, interferencias), varias cuentas de cristal y, muy despacio, 5,0 mL de reactivo ácido sulfúrico grado reactivo, mezclando para disolver el HgSO₄. Enfríese mientras se mezcla para evitar la posible pérdida de materiales volátiles. Añádanse 25,0 mL girar en agua fría. Añádase el reactivo ácido sulfúrico restante (70 mL) a través del extremo abierto del refrigerante. Continúese agitando y mezclando mientras se añade el ácido sulfúrico grado reactivo. Precaución: Mézclese por completo la mezcla de reflujo antes de aplicar calor para evitar el calentamiento local del fondo y una posible explosión de los contenidos del frasco.

Cúbrase el extremo abierto del refrigerante con una pequeña cubeta para evitar la entrada de material extraño a la mezcla de reflujo y sométase durante 2 horas. Enfríese y lávese el condensador con agua destilada. Desconéctese el condensador de reflujo y dilúyase la mezcla hasta aproximadamente el doble de su volumen con agua destilada. Enfríese a temperatura ambiente y determínese el exceso de K₂Cr₂O₇ con SAF, utilizando 0,10 mL a 0,15 mL (2 a 3 gotas) de indicador ferroina. Aunque la cantidad de este indicador no es crítica, utilícese el mismo volumen para todas la titulaciones. Tómese como punto final de la titulación el cambio de color manifiesto desde el azul verdoso, el marrón rojizo. El azul verdoso puede volver a aparecer. De la misma forma, sométase a reflujo y titúlese un blanco que contenga los reactivos y un volumen de agua destilada igual que la muestra.

7.4.2. Procedimiento alternativo para las muestras con DQO bajo: Sígase el procedimiento descrito en el apartado 4a, con dos excepciones: (i) empléese K₂Cr₂O₇ 0.0417M patrón, y (ii) titúlese con SAF 0,025M. Téngase extremo cuidado con este procedimiento ya que incluso una traza de materia orgánica en el material de vidrio o procedente de la atmósfera causa grandes errores. Si se requiere un aumento adicional de la sensibilidad, concéntrese un volumen de la muestra antes de realizar la digestión bajo reflujo, como sigue: añádase todos los reactivos a un volumen de muestra superior a 50 mL y redúzcase el volumen total a 150 mL hirviéndolo en el matraz de reflujo sin tapar, en contacto con la atmósfera, sin estar unido al refrigerante. Calcúlese la cantidad de HgSO₄ que hay que añadir (antes de concentrar) sobre la base de una relación de peso de 10:1 de HgSO₄: Cl, utilizando la cantidad de Cl presente en el volumen de muestra original. Realícese el mismo procedimiento con un reactivo en blanco. Esta técnica tiene la ventaja de concentrar la muestra sin pérdida significativa de los materiales volátiles de fácil digestión. Se pierden los materiales volátiles de difícil digestión, tales como los ácidos volátiles, pero se consigue una mejora sobre los métodos de concentración por evaporación ordinarios.

7.4.3. Determinación de la solución estándar: Evalúese la técnica y la calidad de los reactivos realizando la prueba en una solución de flatato de hidrógeno y potasio patrón.

7.5. Cálculo

$$\text{DQO en mg O}_2/\text{ L} = \frac{(A - B) \times M \times 8.000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

A= mL de SAF utilizados para el blanco
B = mL de SAF utilizados para la muestra
M = molaridad de la SAF

8. MÉTODO DEL REFLUJO CERRADO – Método Titulométrico

8.1. Discusión general

8.1.1. Principio

8.1.2. Interferencias y limitaciones

Los compuestos orgánicos volátiles resultan más oxidados en el sistema cerrado debido al mayor tiempo de contacto con el oxidante. Antes de usarlos cada vez, inspecciónense los tapones de los tubos de cultivo en busca de grietas en el revestimiento de TFE. Selecciónese el tamaño del tubo de cultivo para el grado de sensibilidad deseado. Utilícese el tubo de 25 mm x 15° mm para las muestras con bajo DQO porque permiten tratar un volumen mayor de la muestra.

8.2. Equipos y aparatos

8.2.1. Vasos de digestión: Preferiblemente, utilícense tubos de cultivo de borosilicato, de 16 mm x 100 mm, 20 x 150 mm o 25 x 150 mm, con tapones de rosca forrados con TFE. De forma alternativa, utilícense ampollas de borosilicato, capacidad 10 mL, 19 mL a 20 mL de diámetro. Vasos de digestión con reactivos premezclados y otros accesorios están disponibles a nivel comercial.

8.2.2. Bloque de calentamiento: Aluminio fundido, 45 mm a 50mm de profundidad, con agujeros al tamaño de los tubos de cultivo o ampollas.

8.2.3. Horno o calentador de bloque, que funcione a 150 °C +/- 2 °C. Nota: El grave deterioro causado a la mayoría de los cierres de los tubos de cultivo durante la digestión en el horno introduce una fuente potencial de contaminación y aumenta la probabilidad de escapes. Utilícese un horno para la digestión del tubo de cultivo sólo cuando se haya determinado que la exposición durante 2 horas a 150 °C no dañara el tapón.

8.2.4. Sellador de la ampolla: Utilícese sólo un sellador mecánico para asegurar un cierre fuerte y consistente.

8.3. Reactivos

8.3.1. Solución de digestión de dicromato de potasio patrón, 0,0167M: Añádanse a unos 500 mL de agua destilada 4,913 g de $K_2Cr_2O_7$, calidad para reactivos primaria, previamente secado a 103 °C durante 2 horas, 167 mL de $HgSO_4$. Disuélvase, enfríese a temperatura ambiente y dilúyase hasta 1.000 mL.

8.3.2. Reactivo ácido sulfúrico: Véase sección 7.3.2

8.3.3. Solución indicadora de ferroína: Véase sección 7.3.3.

8.3.4. Sulfato de amonio ferroso (SAF) patrón para titulación. Aproximadamente 0,10 M: Disuélvanse 39.2 g de $\text{Fe}(\text{NH}_2)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada. Añádanse 20 mL de HgSO_4 conc., enfríese y dilúyase hasta 1000 mL. Estandarice la solución a diario frente a la solución de digestión patrón de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ como sigue:

8.3.5. Añádanse los reactivos de acuerdo con la Tabla 1 a un tubo de cultivo que contenga el volumen correcto de agua destilada sustituido por la muestra. Enfríese el tubo a temperatura ambiente y añádase de 0,05 a 0,10 mL (1 a 2 gotas) de indicador ferroína y titúlese con la solución de titulación de SAF.

Molaridad de la solución de SAF=

$$\frac{V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) \text{ 0,01667 M titulada, L,}}{V_{\text{SAF}} \text{ en la titulación, mL}} \times 0,10$$

8.3.6. Ácido sulfámico: Véase sección 7.3.7.

8.3.7. Patrón de flatato hidrógeno de potasio: Véase sección 7.3.8.

Tabla 1 – Cantidades de muestra y reactivos para varios vasos de digestión

Volúmenes, en mm

Vaso de digestión	Volumen de muestra	Volumen de Solución de Digestión	Volumen de Reactivo Ácido Sulfurico	Volumen total final
Tubos de cultivo				
16 mm x 100 mm	2,5	1,5	3,5	7,5
20 mm x 150 mm	5,0	3,0	7,0	15,0
25 mm x 150 mm	10,0	6,0	14,0	30,0
Ampollas estándar				
De 10 mL	2,5	1,5	3,5	7,5

8.4. Procedimiento

8.4.1. Lávense los tubos de cultivo y los tapones con HgSO_4 por 100 antes de usarlos por primera vez para evitar la contaminación. Consúltase la Tabla 1 para los volúmenes adecuados de reactivos y muestras. Colóquese la muestra en el tubo de cultivo o en la ampolla y añádanse la solución de digestión. Viértase con cuidado el ácido sulfúrico en el vaso, de forma que se cree una capa de ácido debajo de la capa de la solución de digestión de la muestra. Apriétese bien el tapón de los tubos o ciérrense bien las ampollas, e inviértase varias veces cada uno de ellos para mezclar completamente.

PRECAUCIÓN: Utilícense mascarillas en la cara y protéjase las manos del calor producidos cuando se mezcla el contenido del vaso. Mézclase por completo antes de aplicar calor para evitar el calentamiento local del fondo del vaso y una posible reacción explosiva.

8.4.2. Colóquense los tubos o las ampollas en un digestor de bloque o un horno precalentado a 150 °C y sométase a reflujo durante 2 horas. Enfríese a temperatura ambiente y colóquense los vasos en la rejilla de tubos de ensayo. Quítense los tapones de los tubos de cultivo y añádanse una varilla de agitación magnética cubierta de TFE. Si se han utilizado ampollas, pásese el contenido a un envase más grande para titulación. Añádase de 0,05 mL a 0,10 mL (de 1 a 2 gotas) de indicador de ferroina y agítase rápidamente en un agitador magnético mientras se titula con SAF 0,10 M. El punto final es un marcado cambio de color del azul y verdoso al marrón rojizo, aunque el azul verdoso puede volver a aparecer en pocos minutos. De la misma forma sométase a reflujo y titúlese un blanco que contenga los reactivos y un volumen de agua destilada igual al de la muestra.

8.5 Cálculo

$$\text{DQO en mg O}_2/\text{ L} = \frac{(A - B) \times M \times 8.000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

A= mL de SAF utilizados para el blanco
 B = mL de SAF utilizados para la muestra
 M = molaridad de la SAF

9. MÉTODO DEL REFLUJO CERRADO – Método Colorimétrico

9.1. Discusión general

9.1.1. Principio

(Ver capítulo 4) Cuando una muestra es digerida, el ión dicromato oxida a la materia orgánica (DQO) en la muestra. Esto resulta en el cambio del cromo del estado hexavalente Cr (VI) al estado trivalente Cr (III). Ambas especies de cromo son coloridas y absorben en la región visible del espectro. El ión dicromato absorbe fuertemente en la región de 600 nm, donde el dicromato tiene una absorción cercana a cero. En solución de ácido sulfúrico 9 M sulfúrico el coeficiente de extinción molar para estas especies de cromo son las siguientes: Cr^{+3} 50 L/mol cm a 604 nm; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 380 L/mole cm a 444 nm. Por tanto el trabajo de absorción máximo es a 420 nm. Para valores de DQO en el intervalo de 100 mg/L a 900 mg/L, el incremento en Cr^{+3} en la región de 600 nm es determinado. Valores mas altos pueden ser determinados por simple dilución. Valores de DQO de 90 mg/L o menores pueden ser determinados siguiendo la disminución en $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ a 420 nm. La correspondiente generación de proporciona un incremento en la absorción a 420 nm, pero esto es compensado por el procedimiento de calibración.

9.1.2. Interferencias y limitaciones

Ver capítulo 8.1.2. Para que este procedimiento sea aplicable, todos los interferentes absorbentes de luz deben estar ausentes o ser compensados. Esto incluye a la materia insoluble suspendida como a los componentes coloreados. Si cualquiera de estas interferencias ocurre, el ensayo de DQO, no es necesariamente descartado, porque puede ser determinado titulométricamente.

9.2. Equipos y aparatos

9.2.1. Ver sección 9.2. Asegúrese que el vaso de reacción tenga la calidad óptica adecuada. Otros tipos de celdas de absorción con diferentes longitudes de paso de luz pueden ser usadas. Emplee los coeficientes de extinción de los iones de interés como aproximación. Equipos y aparatos.

9.2.2. Espectrofotómetro, para uso a 600 nm y/o 420 nm con adaptador de acceso de abertura para ampollas de 16-, 20-, tubos de 25-mm. Verificar que el instrumento opera en la región de 420 nm y 600 nm. Valores ligeramente diferentes de estos pueden ser encontrados, dependiendo de los pasos de banda espectral del instrumento.

9.3. Reactivos

9.3.1. Soluciones de digestión de alto rango: Adicionar a aproximadamente 500 mL de agua destilada 10,216 g $K_2Cr_2O_7$ grado estándar primario, previamente secado a 150 °C por 2 h, 167 mL de $HgSO_4$ concentrado y 33.3 g de $HgSO_4$. Disolver, enfriar a temperatura ambiente, y diluir a 1000 mL .

9.3.2. Soluciones de digestión de bajo rango: Prepare como en la sección 8.3.1. pero use solamente 1,022 g de dicromato de potasio.

9.3.3. Reactivo ácido sulfúrico: Ver sección 7.3.2.

9.3.4. Ácido sulfámico: Ver sección 7.3.7.

9.3.5. Flatato de Hidrógeno de potasio (FHP) estándar: Ver sección 7.3.8.

9.4. Procedimiento

9.4.1. Tratamiento de las muestras: Medir un volumen apropiado de muestra y reactivos dentro del tubo o ampolla como se indica en la Tabla 1. Preparar, dirigir, y enfriar las muestras, el blanco, y uno o más estándares como se indica en la sección 8.4.

Note las precauciones de seguridad. Es crítico que el volumen de cada componente sea conocido y que el volumen total sea el mismo para cada caso de reacción. Si el control de volumen es difícil, transferir la muestra digerida, diluir a un volumen de muestra

conocido, y leer. Reactivos premezclados en tubos de digestión están disponibles comercialmente.

9.4.2. Medición de la Reducción de dicromato: Enfriar la muestra a temperatura ambiente lentamente para evitar la formación de precipitado. Una vez que las muestras han sido enfriadas, ventiladas, si fuera necesario, para liberar cualquier presión generada durante la digestión. Mezclar el contenido del vaso de reacción para combinar el agua condensada y desagregar la materia insoluble. Dejar que la materia suspendida se sedimente y asegurarse que el paso óptico este limpio. Medir la absorción de cada muestra, blanco y estándar a la longitud de onda seleccionada (420 nm o 600 nm). A 600nm, use un blanco no digerido como solución de referencia. Analice un blanco digerido para confirmar la calidad analítica de los Reactivos y determinar la DQO del blanco, sustraer la DQO del blanco del de cada una de las muestras. Alternativamente, use el blanco digerido como solución de referencia una vez que se ha establecido que el blanco tiene una baja. A 420 nm, usar agua como solución de referencia. Medir todas las muestras, blancos y estándares contra la solución. La medida de absorción de un blanco no digerido conteniendo dicromato, con agua grado reactivo reemplazando a la muestra, dará la absorción inicial del dicromato. Cualquier muestra digerida, blanco, o estándar que tenga un valor de DQO dará una absorbancia menor a causa de la disminución en la concentración del ión dicromato. Analizar el blanco digerido con agua grado reactivo reemplazando la muestra, para asegurar la calidad de los reactivos y determinar la contribución de los reactivos al decremento en la absorbancia durante la digestión realizada. La diferencia entre la absorbancia de una muestra digerida dada y el blanco digerido es una medida de la DQO de la muestra. Cuando los estándares son corridos, graficar las diferencias de las absorbancias del blanco digerido y de las absorbancias del estándar digerido contra los valores para cada estándar.

9.4.3. Preparación de la curva de calibración: Prepare por lo menos cinco soluciones estándares de Hidrógeno ftalato de potasio con equivalentes concentraciones de DQO para cubrir el rango de concentraciones. Completar el volumen con agua grado reactivo, usar el mismo grado de reactivos, y el mismo tamaño de ampollas o tubos, y seguir el procedimiento de digestión para las muestras. Preparar curvas de calibración para cada nuevo lote de tubos o ampollas o cuando los estándares preparados en la sección difieren en valores de >5% de la curva de calibración. Las curvas deberían ser rectas. Sin embargo, alguna no linealidad puede ocurrir, dependiendo del instrumento empleado y de la precisión total necesitada.

9.5. Cálculo

Si las muestras, estándares y blancos son corridos bajo las mismas condiciones de volumen y de paso óptico, calcular la DQO como sigue:

$$\text{DQO.como.mg.O}_2 / \text{L} = \frac{\text{mg O}_2 \text{ en el volumen final} \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Preferiblemente analizar las muestras en duplicado, a causa del pequeño tamaño de la muestra. Las muestras que están no homogéneas pueden requerir múltiples determinaciones

para obtener análisis precisos. Estas no deberían diferir de su promedio en más del +/- 5% para altos niveles de DQO, a menos que la condición de la muestra dictara de otro modo. En el procedimiento de bajo nivel, los resultados por debajo de 25 mg/L pueden tender a ser cualitativos más que cuantitativos

10. MANEJO DE RESIDUOS

Es responsabilidad del laboratorio cumplir con todas las exigencias ambientales nacionales de vertido de efluentes líquidos contaminados, manejo de residuos y disposición de residuos peligrosos.

10.1. Desecho de residuos

10.1.1. Para los residuos de mercurio, diluir todo el residuo ácido en aproximadamente dos veces su volumen original.

10.1.2. Ajustar el pH a un valor mayor de 7 adicionando lentamente disolución de hidróxido de sodio (40 % a 50 %, peso/volumen) con agitación, pudiendo también combinar este residuo con desechos alcalinos. Los residuos combinados deben tener un pH de 10 o mayor; en caso contrario, agregar hidróxido de sodio hasta que el pH alcance un valor de 10 a 11.

10.1.3. Agitar con pequeñas cantidades de disolución de tiosulfato de sodio (40 % a 50% peso/volumen) mientras el residuo alcalino está aún tibio y hasta que no ocurra ninguna precipitación.

10.1.4. Dejar que sedimente el precipitado y drenar unos cuantos mililitros de la disolución sobrenadante asegurando que el pH esté aún arriba de 10, adicionar un volumen igual de disolución de tiosulfato de sodio. Si el sobrenadante aún contiene mercurio disuelto, se forma rápidamente un precipitado, indicando que debe adicionarse más tiosulfato de sodio.

10.1.5. Decantar o sifonear el sobrenadante y descartar después que el precipitado se ha sedimentado.

10.1.6. Lavar el precipitado dos veces con agua que contenga trazas de hidróxido de sodio, dejar sedimentar y descartar los lavados.

10.1.7. Secar el precipitado, primero con aire y después en una estufa a temperatura no mayor de 110 °C.

10.1.8. Almacenar los sólidos secos hasta que haya una cantidad suficiente acumulada para justificar el envío a algún sitio de reproceso. El mercurio metálico y los desechos organomercuriales deben almacenarse en contenedores herméticos hasta su reproceso comercial.

NOTAS

1. Cada laboratorio debe contemplar dentro de su programa de Control de Calidad (CC) el destino final de los residuos generados durante la determinación.
2. Todas las muestras que cumplan con la norma de descarga al sistema de alcantarillado pueden ser descargadas en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA.

Parámetros que ofrece el LCA

A continuación desarrollamos la lista de parámetros que ofrece el Laboratorio de Calidad Ambiental con sus correspondientes límites de determinación

Parámetros en Aguas			
Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación
Aceites y Grasas	EPA 413.1	mg/l	10
Alcalinidad	EPA 310.1	meq/l	0.1
- OH-		mg/l	2
- CO ₃ =		mg/l	3
- HCO ₃ -		mg/l	6
Acidez	EPA 305.1	mg/l	10
Amonio	EPA 350.3	mg/l	1.3
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	
Color aparente	EPA 110.2	Unid Pt.Co	5,0
Color verdadero	EPA 110.2	Unid Pt.Co	5,0
Cianuro libre	SM 4500-CN-J	µg/l	1,0
Cianuro total	SM 4500-CN-I	µg/l	2,0
Cianuro disociable	SM 4500-CN-E	µg/l	2,0
Cloruros	SM 4500-Cl-B	mg/l	1,0
Clorofila	SM 10200 H	mg/l	0.10
Coliformes fecales	SM 9221-E	NMP/100ml	2,0
Coliformes totales	SM 9221-B	NMP/100ml	2,0
Cromo+6 (Colorimétrico)	EPA 218.5	µg/l	2,0
Dureza	EPA 130.2	°dH	0.60
DBO-5	EPA 405.1	mg/l	0.20
DQO	EPA 410.2	mg/l	13
Fósforo soluble	EPA 365.2	mg/l	0.040
Fósforo total	EPA 365.2	mg/l	0.070
Nitratos (IC)	EPA 300.0	mg/l	0.010
Nitritos (IC)	EPA 300.0	mg/l	0.020
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0.30
Oxígeno disuelto	EPA 360.2 Modificado	mg/l	0.10
pH	EPA 150.1	mg/l	0 - 14
Sulfatos (Espectrofotométrico- IC)	SM 4500-SO ₄ ⁻² E	mg/l	0.30
Sulfuros	EPA 376.1	mg/l	0.30
Sólidos suspendidos	EPA 160.2	mg/l	5,0
Sólidos disueltos	EPA 160.1	mg/l	10
Sólidos totales	EPA 160.3	mg/l	10
Sólidos decantables	EPA 160.5	mg/l	0.10
Temperatura	EPA 170.1	°C	
Turbidez	EPA 180.1	UTN	0.10

Parámetros en Suelos			
Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación
Químicos			
Acidez extractable	LCA	cmol/kg	
Acidez intercambiable	ISRIC 11	cmol/kg	0.050
Aluminio intercambiable (AAS)	ISRIC 11	cmol/kg	0.010
Aluminio intercambiable (p/titul.)	ASPT 19	cmol/kg	0.030
Calcio intercambiable	ISRIC 9	cmol/kg	0.016
Carbonatos	ISRIC 13-6.1	cmol/kg	0.10
Bicarbonatos	ISRIC 13-6.1	cmol/kg	0.050
Cianuro total	SM 4500-CN-E	mg/kg	0.020
Cloruros	ISRIC 13-1/ASPT 18	cmol/kg	0.010
Conductividad eléctrica	ASPT 6	µS/cm	1,0
Fósforo disponible	ISRIC 14-2	mg/kg	0.010
Magnesio intercambiable	ISRIC 9	cmol/kg	0.00083
Materia orgánica (Método húmedo)	ISRIC 5	%	0.10
Materia orgánica (Método seco)	HRMSA 172	%	0.50
Nitrógeno amoniacal	ASPT 12MQ	mg/kg	0.40
Nitrógeno – nitritos	ASPT 12MQ	mg/kg	0.40
Nitrógeno – nitratos	ASPT 12MQ	mg/kg	0.40
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0,0014
pH acuoso	ISRIC 4		1-14
pH en cloruro de calcio	HRMSA 36		1-14
pH en cloruro de potasio	ISRIC 4		1-14
Potasio intercambiable	ISRIC 9	cmol/kg	0.0053
Sodio intercambiable	ISRIC 9	cmol/kg	0.00083
Sulfatos	ISRIC 13-1/SM4500-SO4-2E	cmol/kg	0.003
Físicos			
Capacidad de campo	ASPT 42	%	0.40
Densidad aparente	ASPT 37	g/cm ³	0.010
Densidad real	ASPT 46 MF	g/cm ³	0.10
Estabilidad estructural	ASPT 41		
Humedad gravimétrica	ISRIC 2	%	0.10
Humedad de saturación (pasta)		%	0.10
Humedad volumétrica (cilindros)	ASPT 37	%	0.50
Punto de marchitez	ASPT 42	%	0.40

Textura tres fracciones	ASPT 33		
Bouyoucos			
- Arena	ASPT 33	%	2.5
- Limo	ASPT 33	%	1,1
- Arcilla	ASPT 33	%	1,1
Textura tres fracciones pipetas	LCA		
- Arena		%	2.5
- Limo		%	1,1
- Arcilla		%	1,1
METALES PESADOS EN SUELOS			
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0,10
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0,020
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,56
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.1	mg/kg	0,020
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0,038
METALES PESADOS EN PLANTAS			
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0,10
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0,020
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,56
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.1	mg/kg	0,020
Cobre total	Microwave Reaction	mg/kg	0,020

Cinc total	System/EPA 220.1 Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0,038
Plantas			
Materia orgánica/calcinación	HRMSA 172	%	0.5
Nitrógeno total (Kjeldahl)	ISRIC 6	mg/kg	30
Fósforo total	ASPT 29	mg/kg	0.4
Sodio total	ASPT 29	%	0.0005
Potasio total	ASPT 29	%	0.001
Calcio total	ASPT 29	%	0.001
Magnesio total	ASPT 29	%	0.0005

Parámetros en Metales Pesados – aguas

Parámetro	Método	Unidad	Límite de Determinación
Aluminio	EPA 202.2	µg/l	10
Arsénico	EPA 206.2	µg/l	1,0
Antimonio	EPA 204.2	µg/l	5,0
Cadmio	EPA 213.2	µg/l	0.20
Calcio	EPA 215.1	µg/l	320
Cobalto	EPA 219.2	µg/l	20
Cobre	EPA 220.2	µg/l	0.050
Cromo total	EPA 218.2	µg/l	10
Cromo +6	EPA 218.5	µg/l	5,0
Estaño	EPA 282.2	µg/l	10
Hierro	EPA 236.2	µg/l	0.05
Magnesio	EPA 242.1	µg/l	100
Manganeso	EPA 243.2	µg/l	0.2
Mercurio	EPA 245.1	µg/l	0.2
Níquel	EPA 249.2	µg/l	10
Potasio	EPA 258.1	µg/l	50
Plomo	EPA 239.2	µg/l	5,0
Selenio	EPA 270.2	µg/l	5,0
Sodio	EPA 273.1	µg/l	20
Zinc	EPA 289.2	µg/l	58

**Universidad Mayor de San
Andrés
FCPN - Instituto de
Ecología
Laboratorio de Calidad
Ambiental**

TABLA DE PARÁMETROS DE AGUAS

Parámetro	Método-1	Unidad	Límite de Determinación	Método-2	Unidad	Límite de Determinación	Método-3	Unidad	Límite de Determinación
- Bicarbonatos	EPA 310.1	mg/l	6,0	EPA 310.1	mg/l	6,0	EPA 310.1	mg/l	6,0
- Carbonatos	EPA 310.1	mg/l	3,0	EPA 310.1	mg/l	3,0	EPA 310.1	mg/l	3,0
Aceites y grasas	EPA 413.1	mg/l	10	EPA 413.1	mg/l	10	EPA 413.1	mg/l	10
Acidez	SM 2320 B	mg/l	2,0	SM 2320 B	mg/l	2,0	SM 2320 B	mg/l	2,0
Alcalinidad	EPA 310.1	mg/l	5,0	EPA 310.1	mg/l	5,0	EPA 310.1	mg/l	5,0
Amonio	EPA 350.3	mg/l	0,30	EPA 350.3	mg/l	0,30	EPA 350.3	mg/l	0,30
Amonio con Nitrógeno	EPA 351.1	mg/l	0,30	EPA 351.1	mg/l	0,30	EPA 351.1	mg/l	0,30
Cianuro disociable	SN 4500-CN-E	mg/l	0,0020	SN 4500-CN-E	mg/l	0,0020	SN 4500-CN-E	mg/l	0,0020
Cianuro Libre	SM 4500-CN-E	mg/l	0,0096	SM 4500-CN-E	mg/l	0,0096	SM 4500-CN-E	mg/l	0,0096
Cianuro total	SM 4500-CN-E	mg/l	0,0096	SM 4500-CN-E	mg/l	0,0096	SM 4500-CN-E	mg/l	0,0096
Cloruros	EPA 300.0	mg/l	0,020	EPA 300.0	mg/l	0,020	EPA 300.0	mg/l	0,020
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1,0	EPA 120.1	µS/cm	1,0	EPA 120.1	µS/cm	1,0
Cromo +3	EPA 218.2	mg/l	0,0010	EPA 218.2	mg/l	0,0010	EPA 218.2	mg/l	0,0010
Cromo +3 soluble	EPA 218.2	mg/l	0,0010	EPA 218.2	mg/l	0,0010	EPA 218.2	mg/l	0,0010
Cromo +3 total	EPA 218.2	mg/l	0,0010	EPA 218.2	mg/l	0,0010	EPA 218.2	mg/l	0,0010
Cromo +6	EPA 218.5	mg/l	0,0050	EPA 218.5	mg/l	0,0050	EPA 218.5	mg/l	0,0050
Cromo total	EPA 218.1	mg/l	0,050	EPA 218.1	mg/l	0,050	EPA 218.1	mg/l	0,050
DBO-5	EPA 405.1	mg/l	0,20	EPA 405.1	mg/l	0,20	EPA 405.1	mg/l	0,20
DQO	EPA 410.2	mg/l	5,0	EPA 410.2	mg/l	5,0	EPA 410.2	mg/l	5,0
Dureza total	SM 2340 - B	mg/l	2,0	SM 2340 - B	mg/l	2,0	SM 2340 - B	mg/l	2,0
Fluor	EPA 300.0	mg/l	0,10	EPA 300.0	mg/l	0,10	EPA 300.0	mg/l	0,10
Fosfato	EPA 365.2	mg/l	0,070	EPA 365.2	mg/l	0,070	EPA 365.2	mg/l	0,070
Fósforo soluble	EPA 365.2	mg/l	0,040	EPA 365.2	mg/l	0,040	EPA 365.2	mg/l	0,040
Fósforo total	EPA 365.2	mg/l	0,070	EPA 365.2	mg/l	0,070	EPA 365.2	mg/l	0,070
Nitratos	SM 450 NO ₃ B	mg/l	0,30	SM 450 NO ₃ B	mg/l	0,30	SM 450 NO ₃ B	mg/l	0,30
Nitritos	ASPT-12	mg/l	0,30	ASPT-12	mg/l	0,30	ASPT-12	mg/l	0,30
Nitrógeno amoniacal	EPA 351.1	mg/l	0,30	EPA 351.1	mg/l	0,30	EPA 351.1	mg/l	0,30
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	EPA 351.1	mg/l	0,30	EPA 351.1	mg/l	0,30
Oxígeno disuelto	SM 4500 O-G	mg/l	0,10	SM 4500 O-G	mg/l	0,10	SM 4500 O-G	mg/l	0,10
pH	EPA 150.1		1 - 14	EPA 150.1		1 - 14	EPA 150.1		1 - 14
Sólidos decantables	EPA 160.5	mg/l	0,10	EPA 160.5	mg/l	0,10	EPA 160.5	mg/l	0,10
Sólidos disueltos	EPA 160.1	mg/l	10	EPA 160.1	mg/l	10	EPA 160.1	mg/l	10
Sólidos suspendidos	EPA 160.2	mg/l	5,0	EPA 160.2	mg/l	5,0	EPA 160.2	mg/l	5,0
Sólidos totales	EPA 160.3	mg/l	10	EPA 160.3	mg/l	10	EPA 160.3	mg/l	10
Sulfatos	SM 450-SO ⁻ E	mg/l	6,0	SM 450-SO ⁻ E	mg/l	6,0	SM 450-SO ⁻ E	mg/l	6,0
Sulfuros	EPA 376.1	mg/l	0,30	EPA 376.1	mg/l	0,30	EPA 376.1	mg/l	0,30

Temperatura	EPA 170.1	C°	1-100	EPA 170.1	C°	1-100	EPA 170.1	C°	1-100
Turbidez	EPA 180.1	UTN	0,10	EPA 180.1	UTN	0,10	EPA 180.1	UTN	0,10