

**ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UN CURSO DE DIAGNÓSTICO Y
CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS**

SERGIO IVÁN GUARÍN SANTIAGO

LAURA TATIANA OLIVEROS PRADA

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE INGENIERÍA FISCOQUÍMICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA**

2014

**ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UN CURSO DE DIAGNÓSTICO Y
CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS**

SERGIO IVÁN GUARÍN SANTIAGO

LAURA TATIANA OLIVEROS PRADA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Químico**

Modalidad Práctica en Docencia

Director

Prof. FERNANDO VIEJO ABRANTE

Codirector

Prof. NATHALIA BEDOYA CARVAJAL

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

FACULTAD DE INGENIERÍA FISCOQUÍMICAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

BUCARAMANGA

2014

Agradecimiento profundo a mis padres, Jorge I. Guarín y Zoraida M. Santiago que siempre me han apoyado en las decisiones que he tomado; a María J. M'Causland quien me brinda su amor y apoyo a diario. Y a los profesores Fernando Viejo y Nathalia Bedoya que sin ellos, este proyecto no se hubiera sacado adelante.

Sergio IGS

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. ALCANCE	17
4. DESARROLLO CURRICULAR	18
4.1 PERFIL DE LOS ASISTENTES	19
4.2 OBJETIVOS DEL CURSO	19
4.3 METODOLOGÍA DEL CURSO	19
4.4. DESARROLLO DEL LIBRO Y PRÁCTICAS DE LABORATORIO	20
4.4.1 Etapa 1. Recopilación de información.....	20
4.4.2 Etapa 2. Contenido y desarrollo del libro	20
4.4.3 Etapa 3. Desarrollo de laboratorios y guías	21
4.5 VISITA TÉCNICA A PLANTAS DE TRATAMIENTO	23
5. RESULTADOS	25
5.1 Tabla de Contenido y descripción de los capítulos del Libro Guía Diagnóstico y Control de Calidad de Aguas	25
5.2 Libro Manual Laboratorio de Diagnóstico y Control de la Calidad de Aguas ...	29
5.3 Cronograma del Curso.....	33
6. CONCLUSIONES	35
7. RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de desarrollo curricular.	18
Figura 2. Plantilla de Ficha de Seguridad	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contenido y descripción del Libro Guía Diagnóstico y Control de Calidad de Aguas.....	25
Tabla 2. Prácticas del Manual Laboratorio de Diagnóstico y Control de Calidad de Aguas.....	29
Tabla 3. Cronograma del curso.	33

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. GUÍA DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS	45
ANEXO B. MANUAL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS	46

RESUMEN

TÍTULO:

ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UN CURSO DE DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS*

AUTORES:

SERGIO IVÁN GUARÍN SANTIAGO
LAURA TATIANA OLIVEROS PRADA**

PALABRAS CLAVE: aguas, calidad, diagnóstico, potabilización, depuración, caracterización.

DESCRIPCIÓN

Ante la necesidad de encontrar medios que ayuden a profesionales recién egresados y estudiantes de últimos semestres en ahondar en el tema de los recursos hídricos; surge la propuesta de elaborar un curso de profundización en Diagnóstico y Control de Calidad de Aguas, el cual contribuye al desarrollo de la región y favorece a la Escuela de Ingeniería Química, aumentando su portafolio de servicios; cuya intensidad horaria es de 110 horas distribuidas entre clases, prácticas de laboratorio, evaluaciones y una visita técnica.

Se elige una metodología teórica-práctica, donde el componente teórico corresponde a la elaboración de un “libro guía”, el cual se encuentra dividido en seis capítulos y se tratan temas como: principios básicos de química, clasificación de los recursos hídricos, su distribución y su caracterización, los principales agentes contaminantes, los métodos de tratamiento para potabilización y depuración, además se especifica la normatividad vigente para Colombia relacionados con la calidad de aguas, entre otros tópicos. El componente práctico se refiere a la elaboración de un “manual de guías de laboratorio”, el cual está compuesto de doce prácticas enfocadas en la caracterización del agua desde tres ejes: físico, químico y microbiológico; con pruebas como la determinación de acidez, alcalinidad, contenido de Cinc, sulfatos, medición de pH, sólidos totales y volátiles, la prueba de jarras, bacteria coliformes fecales y *Eschericia Coli*, entre otras.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Fernando Viejo Abrante. Codirector: Nathalia Bedoya Carvajal

ABSTRACT

TITLE:

ELABORATION OF A PROPOSAL FOR A COURSE OF DIAGNOSIS AND CONTROL ON WATER QUALITY *

AUTHOR:

SERGIO IVÁN GUARÍN SANTIAGO
LAURA TATIANA OLIVEROS PRADA**

KEYWORDS: water, quality, diagnosis, potabilization, depuration, characterization.

DESCRIPTION

In view of the need to find ways and means to enable recent university graduates and students about to graduate to delve into the issue of water resources; a proposal is raised to elaborate a deepening course on Diagnosis and Control on Water Quality, which contributes to development in the region and favours the department of Chemical Engineering by extending its service portfolio.

The duration of the course is 110 hours; divided between classes, labs, assessments and field visits. A theoretical-practice methodology was chosen, where the theoretical part is related to the drafting of a “guide book”, which is compound by six chapters and issues such as basic principles of chemistry, water resource classification, its distribution and characterization, the main pollutants, treatment methods for potabilization and depuration as well as the current regulations in Colombia on quality water are dealt. On the other hand, the practice part refers to the drafting of a “lab manual”, which includes twelve laboratory practices focused on the water characterization from three areas: physical, chemical, and microbiological; having tests such as the determination of acidity, alkalinity, Zinc, sulfates, pH, total solids, jar testing, fecal coliform bacteria and *Escherichia Coli*, among others.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Fernando Viejo Abrante. Codirector: Nathalia Bedoya Carvajal

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, en medio de sus continuos cambios en cuanto a su estructura académica y en la demanda de sus programas, busca ampliar el portafolio de servicios con el ánimo de contribuir al desarrollo de la región, generando nuevas formas de aprendizaje a través de cursos de profundización en áreas específicas.

Dentro de la creciente preocupación por los aspectos ambientales que se evidencian en tres grandes componentes como lo son el suelo, el aire y el agua; surge el interés por parte de los profesores y directivos de la escuela de crear un curso que se enfoque en el control y diagnóstico de la calidad del agua, que está inicialmente diseñado para grupos no muy extensos y dirigidos a un nicho específico de profesionales y con una intensidad horaria de 110 horas.

El programa que se propone para llevar a cabo este curso consiste básicamente en clases magistrales que se impartirán por parte de un profesional en el área, que tendrá como soporte un libro guía compuesto de seis capítulos y que irá acompañado de un componente práctico que ayude a los estudiantes a reconocer la aplicabilidad de las pruebas a realizar, además de reafirmar los conocimientos desarrollados en clase. También se propone llevar a cabo visitas técnicas al Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P (AMB) y a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) río frío.

El componente práctico está enfocado en la caracterización del agua y consta de 12 prácticas que servirán como base a los estudiantes para identificar algunos de los parámetros que normalmente se deben evaluar para determinar la calidad del agua, y tiene como propósito, además de recopilar y procesar datos, profundizar en el análisis y comprensión de los resultados.

1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Ante la necesidad de encontrar medios que ayuden a los profesionales de áreas específicas como: Ingeniería Química, Química, Biología, Ingeniería Civil y áreas afines, en profundizarse en los recursos hídricos, la Escuela de Ingeniería Química bajo la dirección del Doctor Dionisio Laverde y en compañía de profesores como el Dr. Fernando Viejo, Dr. Crisóstomo Barajas y el Dr. Humberto Escalante, idearon la creación de un curso de profundización denominado **“Control y Diagnóstico de la Calidad del Agua”**, que busca abarcar temas como la importancia de los recursos hídricos, la abundancia de los mismos tanto a nivel global como nacional, las principales fuentes de contaminación, así como su tratamiento y los parámetros a evaluar dentro de un estudio de diagnóstico de calidad de agua.

Basados en esto, se decide llevar a cabo la realización de este proyecto, el cual ofrece una modalidad de propuesta investigativa, mediante el diseño del curso que incluye la elaboración de un libro guía que presenta el contenido del mismo; así como también el diseño de prácticas de laboratorio que facilitarán a los asistentes del curso desarrollar las habilidades para buscar, procesar y analizar información técnica procedente de fuentes diversas y conocimientos sobre el área del estudio y la profesión.

Actualmente, dentro la especialización de Ingeniería Ambiental y la Maestría de Ingeniería Ambiental se desarrollan dos cursos, Química Ambiental para la especialización que contempla los tres ejes de contaminación, aire, suelo y agua; y Diagnóstico Ambiental de Aguas para la Maestría. Ambos tienen un componente práctico enfocado en la determinación de la calidad de diferentes fuentes hídricas pero no tan robusto, lo que hará de este curso un complemento adicional a estas asignaturas ya existentes.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un curso de profundización denominado “**Control y Diagnóstico de la Calidad del Agua**”.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un libro guía que sirva de referencia para facilitar la comprensión del contenido del curso.
- Diseñar y elaborar una guía de prácticas de laboratorio que apoye la enseñanza y la investigación en el control y diagnóstico de calidad del agua.
- Plantear el cronograma de las actividades del curso.

3. ALCANCE

Se pretende diseñar un curso de “**Control y Diagnóstico de la Calidad del Agua**” que atraiga a recién egresados o estudiantes en los últimos años de carreras afines. Se propone inicialmente que cada grupo tenga una capacidad máxima de quince personas, y se dicte al menos una vez al año durante los fines de semanas, con el apoyo del Centro de Estudios de la Escuela de Ingeniería Química (CEIQ). Su intensidad horaria será de 110 horas distribuidas en clases teóricas, talleres, prácticas de laboratorio, visitas técnicas y evaluaciones. Al finalizar el curso, la Escuela de Ingeniería Química emitirá un certificado donde se certifique la asistencia y el desempeño de cada estudiante en dicho curso. Sin embargo, se buscara aumentar la frecuencia del mismo, según la receptividad de los asistentes.

4. DESARROLLO CURRICULAR

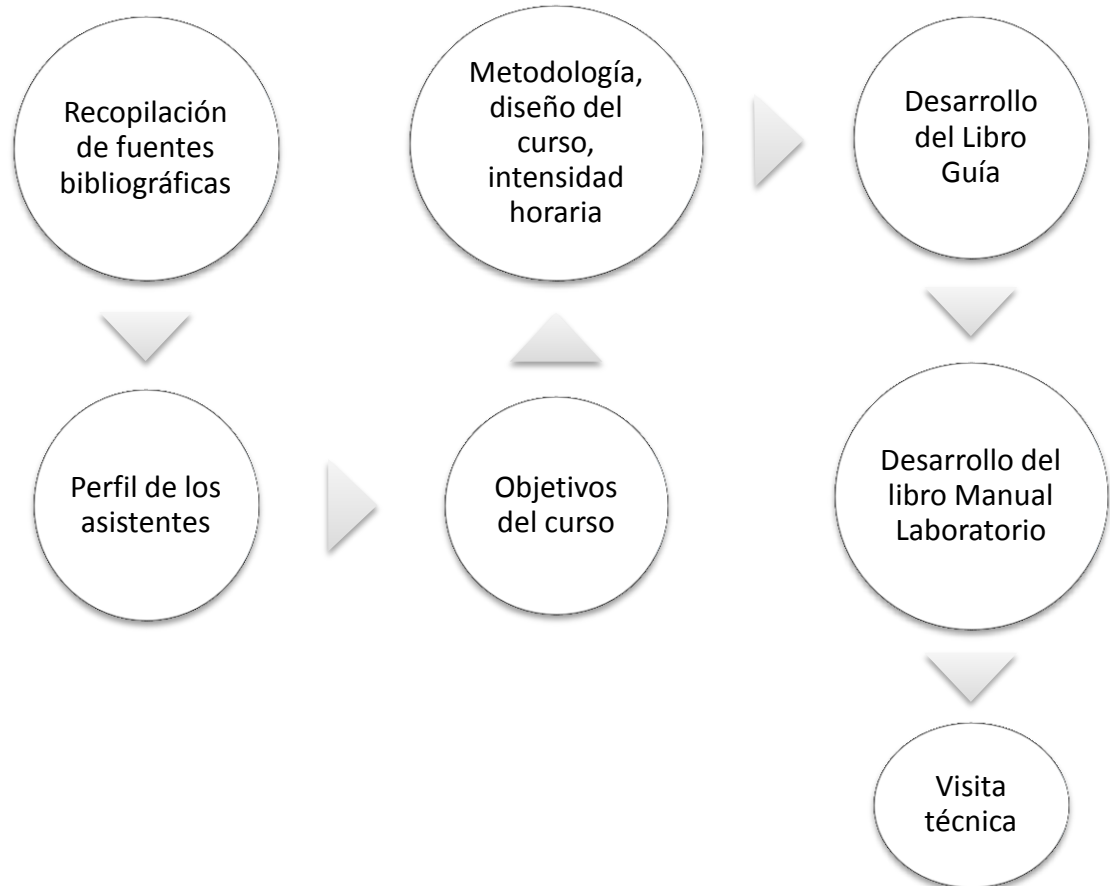


Figura 1. Proceso de desarrollo curricular.

Partiendo de la propuesta por parte de los directivos de la escuela, de la creación de un curso de profundización en Diagnóstico y Control de la Calidad de Aguas, se comenzó con la recopilación de fuentes bibliográficas y se definió a quiénes podría ir dirigido, para así poder definirlos objetivos del curso. Teniendo los objetivos se pudo fácilmente seleccionar la metodología a seguir para desarrollar los libros, el Libro Guía “*DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS*” (ANEXO I) y el “*MANUAL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS*” (ANEXO II) y la elaboración del cronograma del curso.

4.1 PERFIL DE LOS ASISTENTES

Las personas interesadas en asistir a este curso, deben ser estudiantes o profesionales de carreras como Biología, Microbiología, Ingeniería Química, Química, Ingeniería Civil y carreras afines que busquen generar conocimientos dentro de este campo ya sea sólo por interés en la temática o porque dentro de sus planes se encuentra la profundización de esta área de desempeño específica.

4.2 OBJETIVOS DEL CURSO

Los objetivos del curso en Control y Diagnóstico de Calidad de Aguas propuesto son los siguientes:

- Introducir los conceptos básicos del agua, desde su estructura molecular hasta las normas de calidad vigentes en Colombia, pasando por la caracterización de todas sus fuentes.
- Estudiar el agua y su relación con los agentes contaminantes, las clases de contaminación y el proceso de eutrofización; así como los métodos existentes para el tratamiento de aguas residuales y consumo humano.
- Aplicar los conceptos expuestos durante el curso en prácticas de laboratorio, además de desarrollar habilidades en el manejo de equipos de laboratorio y preparación de soluciones.

4.3 METODOLOGÍA DEL CURSO

Dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, la teoría y la práctica constituyen dos realidades autónomas que gestionan conocimientos de diferente envergadura y se desenvuelven también en contextos diferentes; sin embargo y dependiendo del área aplicativa se necesitan y justifican mutuamente; por lo que se considera importante para este curso contar con los dos componentes ya que no es

suficiente que el conocimiento adquirido quede sólo en las clases. Se necesita llevar lo aprendido a la acción, lo que genera mayor satisfacción en el estudiante puesto que tendrá la oportunidad de enfatizar en la investigación, la reflexión, la lectura profesional y el pensamiento autocrítico al llevar todos sus conocimientos a la práctica. Para lograr esta sinergia entre la teoría y la práctica se proponen clases o charlas que estarán a cargo de un profesional en el tema que tendrá como base el Libro Guía que se elaboró. Además, se realizarán prácticas de laboratorio que tienen como propósito la evaluación de parámetros importantes a la hora de determinar si muestras específicas de agua son aptas para el consumo humano, es necesaria una acción correctora o pueden ser vertidas como corrientes residuales. Todo ello se complementará con visitas programadas al Acueducto de la ciudad de Bucaramanga o a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Río Frío que logrará afianzar los conocimientos adquiridos durante todo el curso. Finalmente, se llevarán a cabo una o varios controles de carácter teórico-práctico para poder evaluar el desempeño así como los conocimientos adquiridos por el estudiante a lo largo del curso.

4.4. DESARROLLO DEL LIBRO Y PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.4.1 Etapa 1. Recopilación de información

Una vez definido lo que se desea con el curso, se procedió a recopilar fuentes bibliográficas que sirvieron de base para el libro guía, empleándose como libro base el libro que se utiliza en la asignatura de Químicas de Aguas de la Especialización en Ingeniería Ambiental, además de acudir a otros libros especializados como el “Manual de Tratamiento de Aguas de Herman” de E. Hilleboe, entre otros y que aparecen citados en la bibliografía.

4.4.2 Etapa 2. Contenido y desarrollo del libro

Luego de la recopilación de información y de establecer con el profesor encargado los temas más relevantes, se elaboró la tabla de contenido del Libro Guía (**Tabla**

1) que corresponde intrínsecamente al contenido del curso, compuesto de seis capítulos principales.

4.4.3 Etapa 3. Desarrollo de laboratorios y guías

Para seleccionar qué prácticas de laboratorio se deberían elaborar se tuvo en cuenta ciertos factores como: la disponibilidad de laboratorios y equipos, disponibilidad y peligrosidad de los reactivos para algunas pruebas (ej.: pruebas de sales de cianuro o mercurio, etc.), el costo y la facilidad de conseguir los reactivos. Teniendo en cuenta estos factores, se eligieron varios procedimientos habituales en la industria y en las depuradoras, de manera de que el curso fuera lo más completo posible y creara buenas expectativas. Para ello se tomó como guía el libro de “Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales”¹. Se diseñaron las prácticas de laboratorio para elaborar sus respectivas guías que ayuden al estudiante al momento de estar en las respectivas prácticas, tengan una mayor facilidad para el manejo de equipos y reactivos. El montaje de las prácticas y la elaboración de las guías de laboratorio contaron con el apoyo de la profesora Nathalia Bedoya Carvajal.

Para la elaboración de las guías se tomó como modelo las guías de laboratorio de la asignatura de “Laboratorios de Procesos” y “Técnicas Experimentales para Ingenieros Químicos” ofertadas en el pensum de la carrera de Ingeniería Química. Se diseñó entonces una plantilla para poder proporcionar información sobre cada prueba experimental que se va a realizar en el curso. En la guía se presenta el nombre de la universidad y escuela encargadas en el encabezado, junto con el nombre del curso y posteriormente sigue el número y nombre de la práctica. El cuerpo de la guía cuenta con los siguientes ítems:

¹ APHA: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA: AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WPCF: WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION.

- **Objetivos:** Indica de manera concisa los propósitos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de la práctica, incluyendo las técnicas que se emplearán y el tipo de análisis que se efectuará.
- **Introducción:** Describe la importancia de la prueba y pone de manifiesto la información general.
- **Fundamento teórico:** Proporciona los conceptos que deben ser revisados antes de la práctica. Es un resumen fundamental de la teoría que será expuesta o ampliada durante el desarrollo de la misma.
- **Reactivos y materiales:** Presenta un listado de los reactivos, materiales y equipos esenciales para el desarrollo de la práctica.
- **Procedimiento:** Describe paso a paso las acciones que debe hacer el estudiante para el desarrollo de la práctica, que van desde el montaje de laboratorio, preparación de reactivos hasta la toma de datos.
- **Disposición de residuos:** Puesto que en algunas prácticas se va a usar químicos peligrosos, esta sección indica al asistente cómo se deben gestionar los residuos generados durante el desarrollo de la práctica con objeto de cumplir con las normas ambientales.
- **Resultados:** Es un espacio destinado para la inclusión de los datos obtenidos durante el procedimiento, y puedan calcular el resultado con las ecuaciones descritas en la guía.
- **Preguntas:** Se plantearon diferentes preguntas para ayudar al asistente a profundizar y a interesarse más sobre la práctica, resaltando la importancia de los resultados obtenidos. Además, sirve de herramienta para que el profesor puede evaluar los conocimientos obtenidos durante el proceso.
- **Referencia bibliográfica:** Finalmente se listaron las fuentes que sirvieron de apoyo para la elaboración de la guía y que el estudiante puede consultar para profundizar en sus conocimientos.

Por otro lado, como parte de la metodología que se ha venido desarrollando en la Escuela de Ingeniería Química, los estudiantes dispondrán de una plantilla de

ficha de seguridad (**Figura 2**). Que deberán cumplimentar, haciendo que el estudiante investigue y esté informado sobre los reactivos que va a manipular.

4.5 VISITA TÉCNICA A PLANTAS DE TRATAMIENTO

Se tiene como propuesta que al final del curso los asistentes junto al profesor puedan tener una visita técnica, ya sea, al Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) o a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en el municipio Girón, Río Frío. Esto con el objetivo de que los estudiantes tengan una visión de cómo son los procedimientos para la potabilización del agua en el caso de ir a la AMB o el procedimiento de reducción de contaminantes en aguas residuales en el caso de ir a PTAR. En ambos casos, lo que se quiere mostrar al estudiante es la aplicabilidad de los resultados en los laboratorios que se enseñaron en el desarrollo del curso.

La AMB consta de cuatro plantas de tratamientos de agua, cada una de ellas con diferente capacidad de tratamiento y que cumplen con la demanda de toda el área metropolitana de Bucaramanga. Dicho sistema de obtención la componen la planta de **Bosconia** que tiene una capacidad de 2000 L/s, ubicada en el nororiente de la ciudad en la vía que conduce desde Bucaramanga, al municipio de Matanza, a una cota topográfica de 685 y 675 metros sobre el nivel del mar (msnm); **La Flora**, localizada en la parte alta Oriental de Bucaramanga en la zona de Morrórico, sobre la margen izquierda de la carretera que conduce a Pamplona, a la altura del kilómetro dos entre las cotas topográficas 1170 y 1195 msnm, **Morrórico**, localizada al Oriente de la carrera 33a entre la avenida Quebrada Seca y Calle 32 de Bucaramanga, entre las cotas topográficas 1050 y 1081 msnm y tiene una capacidad de 400 L/s. y **Floridablanca**, localizada en la zona Suroriental del Área Metropolitana de Bucaramanga, en la parte alta de los barrios Bucarica y Caracolés del municipio de Floridablanca, a una altura media de 1042 msnm.

Por otro lado, la PTAR recibe todas las aguas domesticas generadas por la población de Floridablanca (260 mil habitantes) y la zona sur de Bucaramanga (alrededor de 40 mil habitantes), que le permiten una capacidad instalada de 0,64 m³/s. PTAR se encuentra ubicada en el kilómetro 5 del anillo vial que comunica los municipios de Floridablanca y Girón.

5. RESULTADOS

5.1 Tabla de Contenido y descripción de los capítulos del Libro Guía Diagnóstico y Control de Calidad de Aguas

El Libro Guía consta de seis capítulos cuyo contenido y descripción se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Contenido y descripción del Libro Guía Diagnóstico y Control de Calidad de Aguas

CONTENIDO	DESCRIPCIÓN
1. PRINCIPIOS DE QUÍMICA	Es un capítulo introductorio que abarca conceptos básicos en química como la definición de un mol, tipos de enlace, formas de expresar la concentración de una solución, qué es una reacción química, diferencias entre una base y un ácido. Además, de una guía rápida para entender cómo se nombran los compuestos orgánicos e inorgánicos, que se considera absolutamente necesario para lograr comprender de manera clara el contenido del curso.
1.1 Conceptos básicos de química	
1.2 Soluciones	
1.2.1 Soluciones acuosas	
1.2.2 Concentración de una solución	
1.3 Reacciones químicas	
1.3.1 Ecuación química	
1.3.2 Tipos de reacciones químicas	
1.3.3 Estequiometría de las reacciones químicas	
1.3.4 Equilibrio químico	
1.4 Ácidos, bases e Ionización	
1.4.1 Ionización	
1.4.2 Autoionización del agua	
1.4.3 Producto iónico del agua	
1.4.4 Ácidos y bases	
1.4.5 Valorizaciones ácido – base	
1.5 Nomenclatura química orgánica e inorgánica	
1.5.1 Nomenclatura en química orgánica	
1.5.2 Nomenclatura en química	

2. INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA DEL AGUA

2.1 Generalidades

2.2 Recursos Hídricos

2.2.1 Clasificación de los cuerpos de agua

2.2.2 Recursos hídricos en el mundo

2.2.3 Recursos hídricos en Colombia

2.3 Propiedades físicas y químicas del agua

2.4 Ciclo del agua

Este capítulo se centra en el tema principal del curso, donde de manera sencilla el estudiante obtiene nociones de qué es el agua y sus propiedades fisicoquímicas, además de aprender cómo se clasifican los recursos hídricos y cómo se distribuyen a nivel mundial y en Colombia, así como también de entender el ciclo del agua.

3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

3.1 Origen de la contaminación de las aguas

3.1.1 Fuentes Naturales

3.1.2 Fuentes Antropogénicas

3.2 Tipos de degradación

3.2.1 Degradación Física

3.2.2 Degradación Química

3.2.3 Degradación Biológica

3.3 Eutrofización

3.4 Fuentes hídricas más contaminadas en Colombia

3.5 Efectos de la contaminación del agua

El tercer capítulo tiene como propósito concientizar al estudiante en la importancia de la conservación de los cuerpos de agua, que dentro del capítulo muestra las principales fuentes de contaminación hídrica, los tipos de degradación existentes y sus efectos sobre el medio ambiente. También cuenta con un apartado que trata exclusivamente el tema de la contaminación en el país.

4. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

4.1 Características físicas

4.1.1 Temperatura

4.1.2 Turbidez

Luego de adquirir los fundamentos cognitivos necesarios en los capítulos

- 4.1.5 Sabor y Olor
- 4.1.6 Conductividad
- 4.2 Características Químicas
 - 4.2.1 pH
 - 4.2.2 Acidez
 - 4.2.3 Alcalinidad
 - 4.2.4 Dureza
 - 4.2.5 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
 - 4.2.6 Demanda química de oxígeno (DQO)
 - 4.2.7 Oxígeno disuelto (OD)
 - 4.2.8 Carbono orgánico total (COT)
 - 4.2.9 Cianuros
 - 4.2.10 Fósforo total
 - 4.2.11 Grasas y aceites
 - 4.2.12 Nitrógeno amoniacal y orgánico
 - 4.2.13 Nitratos
 - 4.2.14 Nitritos
 - 4.2.15 Sulfatos
 - 4.2.17 Metales
- 4.3 Características microbiológicas
 - 4.3.1 Coliformes totales
 - 4.3.2 Coliformes fecales
 - 4.3.3 Estreptococos fecales

agua desde tres ejes de análisis, físico, químico y microbiológico que son descritos de manera específica, indicando la importancia y definición de cada parámetro y su posible efecto sobre los seres vivos y su entorno; y en algunos casos se señalan los métodos más utilizados en el laboratorio para su evaluación.

5. TRATAMIENTO DE AGUAS

5.1 Operaciones unitarias presentes en el tratamiento de aguas

- 5.1.1 Transferencia de gases
- 5.1.2 Transferencia de iones

En este capítulo se mencionan las operaciones unitarias (coagulación química, filtración, cribado, sedimentación, desinfección, entre otras)

5.1.3 Transferencia de sólidos	vinculadas al proceso de
5.2 Etapas del tratamiento de aguas	agua, mostradas en un orden
5.2.1 Tratamiento primario o tratamiento físico-químico	lógico, desde su captación hasta
5.2.2 Tratamiento secundario o tratamiento biológico	su distribución o disposición,
5.2.3 Tratamiento terciario	pasando a través de los
5.3 Potabilizadora y depuradora	tratamientos primario, secundario
5.3.1 Proceso de potabilización	y terciario.
5.3.2 Proceso de depuración	

6. CALIDAD DEL AGUA

6.1 Normas y regulaciones para el control de la calidad del agua	
6.1.1 Decreto 1594 de 1984 - Usos del agua y residuos líquidos	
6.1.2 Decreto 475 de 1998 - Normas sobre calidad del agua potable.	

En este último capítulo se tratan temas puramente legislativos, donde se indican las normas más importantes dentro de la legislación Colombiana referente a calidad de aguas; este capítulo muestra las condiciones indicadas del agua para vertimientos bien sea a alcantarillados o hacia un cuerpo de agua, así como también los niveles admisibles de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para que el agua sea destinada para uso agrícola, uso pecuario, fines recreativos o para consumo humano.

Fuente: Autores

5.2 Libro Manual Laboratorio de Diagnóstico y Control de la Calidad de Aguas

En la **Tabla 2**, se presenta el nombre de cada una de las prácticas diseñadas para el curso junto con un pequeño resumen de lo que debe entender el asistente.

Tabla 2. Prácticas del Manual Laboratorio de Diagnóstico y Control de Calidad de Aguas

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	PROPÓSITO
Práctica 1 - Preparación de disoluciones y medición de pH	Se le enseñará a los asistentes a desenvolverse en el laboratorio, a identificar los instrumentos, equipos y reactivos, y a preparar soluciones, además, aprenderá los diferentes métodos para determinar el pH e identificará el equipo potenciómetro y su respectiva calibración.
Práctica 2 - Acidez y Alcalinidad	El estudiante comprenderá la importancia de la acidez y alcalinidad en el agua, sobre todo en el caso de las industrias, que niveles altos de estos parámetros causan corrosividad en las tuberías, afectando la velocidad de los procesos químicos, etc. Aprenderá a manejar el proceso de titulación y su aplicabilidad.
Práctica 3 - Determinación de Dureza Total en Muestras de Agua	Se le va a enseñar al estudiante a medir y clasificar el agua dependiendo de su dureza. A durezas altas (aguas duras) y bajas (aguas blandas) el agua presenta muchos problemas, se pueden formar costras hasta llegar a obstruir tuberías o corroerlas.

Práctica 4 - Determinación de Sólidos Totales.	El estudiante aprenderá a medir y diferenciar las diferentes clases de sólidos presentes en el agua.
Práctica 5 - Determinación de Ácidos Volátiles	La determinación de los ácidos volátiles debe dar al estudiante la capacidad de hallar el factor de recuperación de su montaje y con ello saber que tan eficiente puede ser su destilación.
Práctica 6 - Determinación de Sulfatos	El estudiante aplicará el método gravimétrico, además, debe analizar y comparar los resultados con las leyes vigentes y observar si su contenido es aceptable o no
Práctica 7 - Determinación de Oxígeno Disuelto	El estudiante comprenderá que ocurre en una reacción redox, así como también la importancia que tiene controlar la cantidad de oxígeno que hay presente en el agua.
Práctica 8 - Determinación de Cloruros	El estudiante comprenderá el método argentométrico para hallar la cantidad de cloruros.
Práctica 9 - Determinación de Nitratos	El estudiante comprenderá el proceso de un Cromatógrafo de iones y su funcionamiento.
Práctica 10 - Ensayo de Jarras: Floculación-Coagulación y Determinación de Turbidez	El estudiante se familiarizara con el turbidímetro, conocer su función y a calibrarlo. Con la prueba de jarras, el asistente medirá la turbidez, pH, la cantidad de sólidos totales y aprenderá de manera simple como se potabiliza el agua.
Práctica 11 - Determinación del contenido de Cinc	El estudiante aprenderá el funcionamiento de un espectrofotómetro y determinará la cantidad de cinc en el agua.




Práctica 12 - Determinación de Bacterias Coliformes fecales y *Escherichia Coli*






Esta práctica pretende que el estudiante aprenda a preparar medios de cultivo, los cuales servirán como matriz para determinar la presencia de microorganismos coliformes fecales y *Escherichia Coli* mediante el método de Número Más Probable (NMP).

Fuente: Autores

El Manual Laboratorio cuenta con un anexo, que es la ficha de seguridad (ver **Figura 2**) que los estudiantes deben cumplimentar, indicando el nombre de la práctica, los reactivos que se van a utilizar, las frases de riesgo y seguridad para cada uno de ellos, sus propiedades fisicoquímicas, concentración y volumen, así como las acciones que se deben de tomar en caso de que ocurra cualquier accidente.

Figura 2. Plantilla de Ficha de Seguridad

		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA LAB. DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS	
FICHA DE SEGURIDAD PARA EL CONTROL DE SUSTANCIAS PELIGROSAS PARA LA SALUD Práctica N° _____ Fecha: _____			

Sustancia y su concentración	Propiedades Físicoquímicas	Frases R y S	Diamante de seguridad	Acciones ante un accidente
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

<u>Estudiante</u> Nombre: Firma:	<u>Supervisor</u> Nombre: Firma:	<u>Profesor Encargado</u> Nombre: Firma:
--	--	--

5.3 Cronograma del Curso

Las 110 horas de las que se compone el curso están distribuidas entre: prácticas, visitas técnicas, charlas profesionales, clases teóricas, talleres, quices y el examen globalizador, como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Cronograma del curso.

ACTIVIDAD	INTENSIDAD HORARIA [h]	COMPONENTE	SEMANA
Examen de entrada	4	Teórico	1 – Viernes
Capítulo 1 - Principios de química	4	Teórico	1 – Sábado
Capítulo 2 – Introducción a la Química del Agua	4	Teórico	2 – Viernes
Inducción al Laboratorio	2	Práctica	2 – Sábado
Práctica 1 - Preparación de disoluciones y medición de pH	4	Práctica	2 – Sábado
Capítulo 3 – Contaminación del Agua	8	Teórico	3 – Viernes y Sábado
Capítulo 4 – Caracterización del Agua	4	Teórico	4 – Viernes
Práctica 2 – Acidez y Alcalinidad	4	Práctica	4 – Sábado
Capítulo 4 – Caracterización del Agua	4	Teórico	5 – Viernes
Práctica 3 - Determinación de Dureza Total en Muestras de Agua	4	Práctica	5 – Sábado
Práctica 4 – Determinación de Sólidos Totales	4	Práctica	6 – Viernes
Práctica 5 - Determinación de	4	Práctica	6 – Sábado

Ácidos Volátiles			
Práctica 6 - Determinación de Sulfatos	4	Práctica	7 – Viernes
Práctica 7 - Determinación de Oxígeno Disuelto	4	Práctica	7 – Sábado
Práctica 8 - Determinación de Cloruros	4	Práctica	8 – Viernes
Práctica 9 - Determinación de Nitratos	4	Práctica	8 – Sábado
Capítulo 5 – Tratamiento de Aguas	4	Teórico	9 – Viernes
Práctica 10 -Ensayo de Jarras: Floculación-Coagulación y Determinación de Turbidez	4	Práctica	9 – Sábado
Capítulo 6 – Calidad del Agua	4	Teórico	10 – Viernes
Práctica 11 -Determinación del contenido de Cinc	4	Práctica	10 – Sábado
Práctica 12 - Determinación de Bacterias Coliformes fecales y <i>Escherichia Coli</i>	8	Práctica	11 – Viernes
Entrega de informes y evaluación final	4	Teórico	12 – Viernes
Visita Técnica	4	Práctica	12 – Sábado
Trabajo Independiente	12	Teórico	--
TOTAL		110	

Fuente: Autor

6. CONCLUSIONES

- Se diseñó un curso **Diagnóstico y Control de Calidad de aguas** destinado a egresados y estudiantes de últimos semestres de carreras afines tales como Ingeniería Química, Química, Biología, Ingeniería Civil, entre otros.
- El curso consta de dos partes bien diferenciadas:
 - Un componente teórico para el cual se elaboró como soporte y apoyo para el estudiante un libro guía que se divide en seis capítulos y que engloba los principios básicos de química, el análisis y control de calidad de aguas, su tratamiento y la legislación vigente en el país. Éste se desarrolló en un lenguaje sencillo, de tal manera que profesionales y estudiantes de Ingeniería Química, Química, Biología, Ingeniería Civil o carreras afines, estén en la capacidad de comprender el contenido del curso.
 - Un componente práctico que comprende doce prácticas de laboratorio, enfocadas en la caracterización y diagnóstico de la calidad del agua. Para todas ellas se elaboraron guías de laboratorio que facilitarán el desarrollo de la práctica por parte del estudiante y servirá de herramienta para realizar la evaluación de desempeño por parte del profesor.

7. RECOMENDACIONES

- Al finalizar el curso, realizar una encuesta a los asistentes que evalúe su grado de satisfacción; aceptando sugerencias que ayuden al mejoramiento del mismo.
- Tanto el Libro Guía como el Manual Laboratorio están sujetos a recomendaciones y posibles modificaciones de acuerdo a los criterios de los profesores de la Escuela de Ingeniería Química, con el fin de mejorar el aprendizaje de los estudiantes.
- Agregar nuevas prácticas al Manual Laboratorio con el objetivo de poder disponer de un amplio abanico y poder variar las prácticas realizadas de una cohorte a otra.

BIBLIOGRAFÍA

Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB), <<Proceso de Potabilización>>; Recuperado el 15 de Diciembre de 2013, de <http://www.amb.com.co/frmlInformacion.aspx?inf=34>

ALARCON L.R. y OLIVAS E.E., Manuel de prácticas de microbiología básica y microbiología de alimentos. 1st Ed., Universidad Autónoma de ciudad de Jerez., 2004, pp. 17-18.

Alcaldía de Bogotá, <<Decreto 1594 de 1984>>, Recuperado el 10 de Diciembre de 2013, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

Alcaldía de Bogotá, <<Decreto 475 de 1998>>, Recuperado el 10 de Diciembre de 2013, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1327>

AMB. Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. Recuperado el 20 de Enero de 2014, de <http://www.amb.com.co/frmlInformacion.aspx?inf=36>

APHA, AWWA, WPCF., Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17th ed., Ediciones Díaz de Santos S.A., 1992, España, pp. 1,2-1,4; 1,33-1,46; 9,87 -9,89; 1,55-1,58; 3.180-3.183; 4,2-4,6; 4,149; 4.76-4.78; 4,168-4,178; 4.229-4.230; 5-83-5-84; 2.12-2.14; 2.56; 2.57-2.62; 2.33 - 2.38.

ARENAS DE PULIDO, Helena y BAUTISTA, Gerardo. Manual de Laboratorio de Química 1 y Química General. 1st. ed., Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1998, pp. 54-57.

ARTIGAS M. J., CAPILLA P., PUJOL J. Fundamentos de Colorimetría. Editorial Maite Simón. 2002. España.

BABBITT H. E., Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras, Cecsca, México, 1965.

BRICEÑO, Carlos Omar y RODRÍGUEZ, Lilia. Química. 1 ed., Bogotá: Editorial educativa, 1993. pp. 409-415.

C. HARRIS DANIEL. Análisis Químico Cuantitativo. 3ra Edición, 2003, Barcelona, España, Editorial Reverté S.A. pp. 641-649.

CHANG R., Química, 7th ed., McGraw-Hill, Mexico, 2006.

Consultora de aguas. Argentina <<Nitratos en agua potable>>.Recuperado el 30 de Enero de 2014, de http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/06_Nitratos_en_agua_potable.pdf

DELGADILLO, Oscar, CAMACHO, Alan, PEREZ, Luis y ANDRADE, Mauricio. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. 1st ed., Editorial Serie Técnica, 2010, pp. 56-58.

DOUGLAS A. S. y DONALD M. W., Introducción a la Química Analítica. Primera Edición, Reverté S.A., 1986, pp.237-238.

EMPAS. Empresa Pública de Alcantarillado de Santander S.A. E.S.P. Recuperado el 20 de Enero de 2014, de <http://m.empas.gov.co/ptar>

GARZÓN, Guillermo, Fundamentos de química general. 2nd ed., Bogotá: McGraw-Hill, 1989. pp. 419-422.

Geological U.S., «Earth's water distribution,» Mayo 2007. Recuperado el 8 de Octubre de 2013, de <http://www.usgs.gov/>

GONZALEZ LEAL G. R., Microbiología Del Agua: Conceptos Y Aplicaciones, Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, 2012.

GORDON MASKEW FAIR, JOHN CHARES GEYER Y DANIEL ALEXANDER OKUN. Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales, Vol. 2 Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Editorial Limusina S.A. México, 1997, pp. 71-85.

HEBER G., Simple Methods for the Treatment of Drinking Water, Vieweg, Braunschweig, Alemania, 1985.

HILLEBOE H.E., Manual de Tratamiento de Aguas. 1st Ed., Limusa S.A., 1998, pp. 76-77; 25-38; 89-93; 15-19; 65-66; 173-174.

IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, «Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010» 2011. Recuperado el 17 de Septiembre de 2013, de <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022166/PARTE1.pdf>

Interempresas, Diseprosa<<Plantas de Tratamiento de Aguas>>; Recuperado el 15 de Enero de 2014, de http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87264/Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas.pdf

KENNETH W. WHITTEN, RAYMOND E. DAVIS, M. LARRY PECK. Química General, 3rd ed., McGraw-Hill, Madrid, 1998

LABARCES CAMPO E. (2007). Evaluación del proceso coagulación – floculación a partir de sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ preparado utilizando envases reciclados del metal y aluminio modificado en la potabilización de aguas. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado el 8 de Enero de 2014 de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7053/2/124931.pdf>

Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México <<Caracterización del agua residual>>. Recuperado el 04 de Febrero de 2014, de http://dicyg.fic.unam.mx:8080/labsanitaria/documentos/01_TAR.pdf

LENNTECH. Water Treatment Solution. <<Zinc-Zn>>. Recuperado el 3 de Febrero de 2014, de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/zn.htm>

LvivNational Medical University<<Iodometry. TitrationwithSodiumThiosulfate>>. Recuperado el 28 de Enero de 2014, de http://www.meduniv.lviv.ua/files/kafedry/tokshim/English/Analytical/Manuals_Analytchem/Iodometry.pdf

M. Leo, L. Nollet. Handbook of water analysis. 2nd Ed., CRC Press, 2007. pp. 9–20; 400–402.

MARK J. H. y MARK J. H. Jr., Waste and Wastewater Technology. 3rd ed., Prentice Hall. Englewood Cliffs-New Jersey, 1996, pp. 216-268.

Min. Ambiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, <<Legislación del Agua>>. Recuperado el 10 de Diciembre de 2013, de <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=909&conID=3975>

Mira, Juan Camilo. ECO porta.net. <<El Agua en Colombia>>. Recuperado el 07 de Diciembre de 2013, de http://www.ecoportel.net/Temas_Especiales/Agua/El_agua_en_Colombia.

National Institute of Technical Teachers Training and Research <<Experiment on determination of dissolved oxygen>>. Recuperado el 28 de Enero de 2014, de http://nitttrc.ac.in/Four%20quadrant/eel/Quadrant%20-%201/exp10_pdf.pdf

OLSEN E. O. Métodos Ópticos de Análisis. Edición en español por Editorial Reverté S.A. 1990. España, pp. 163-254.

Optek <<Fotometría. La turbidez, ¿Qué es la turbidez y cómo se mide?>>. Recuperado el 19 de Enero de 2014, de <http://www.optek.com/es/Turbidity.asp>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura UNESCO, «Recursos Hídricos: Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo». Recuperado el 8 de Octubre de 2013, de <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>

Organización Mundial de la Salud, Guidelines for Drinking Water Quality, 4th ed., 2011, Geneva, pp. 376–377.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Manual de Bioseguridad en el Biolaboratorio. 3ra ed., Ginebra, 2005, pp. 9-20.

Oxígeno Disuelto. Recuperado el 28 de Enero de 2014, de http://www2.vernier.com/sample_labs/CMV-41-oxigeno_disuelto.pdf

PEREZ DE LA CRUZ F. URREA MALLEBRERA M. Universidad Politécnica de Cartagena. Abastecimiento de aguas, Coagulación y floculación. Recuperado el 19 de Enero de 2014, de http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf

Perry, R.H. and Green, D.ed., Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th ed., McGraw-Hill., 1985.

PRIETO E. 2012. ¿Sabías que Exactitud no es lo mismo que Precisión?. e-medida Revista Española de Metrología, 1. pp. 94-95.

RAMALHO R. S., Tratamiento de Aguas Residuales. 2ed., Editorial Reverté. España, 2003, pp. 91-93; 253-259, 531-532.

RIAÑO,C. N., Fundamentos de Química Analítica Básica, Análisis Cuantitativo. PrimeraEdición, Universidad de Caldas, 2007, pp. 128.

Robert E. Treybal. Operaciones de transferencia de masa. 2nd Ed., McGraw Hill. pp. 378.

ROMERO ROJAS J. A., Acuiquímica. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 1996, SANTAFE DE BOGOTA, pp. 73-81; 92-94; 106-107; 85-88; 53-54; 145-160; 56-58; 69-73; 61-68.

RUSSELL, J. Y LARENA, A. Química. 1 ed., México: Prentice-Hall hispanoamericana, 1989. pp. 317-330.

SCHOTT INSTRUMENTS. Instrucciones de Operación – Lab 850, Medidor de pH de laboratorio. 2006pp. 8; 22-30.

SETTE R. R., Introduction to Wastewater Treatment Processes, Academic Press, New York, 1977.

SNOEYINK V. L. y JENKINS D., Química del Agua, Limusa, México, 2008.

UNDA OPAZO F., SALINAS CORDERO S. M. Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. 1st ed., Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. México, 1969, pp. 118-173.2

UNICEF, «UNICEF Únete por la niñez». Recuperado el 8 de Octubre de 2013, de <http://www.unicef.com.co/situacion-de-la-infancia/el-agua-potable/>

Universidad Autónoma de México, Facultad de Química <<Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichiacoli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (número más probable o NMP)>>. Recuperado el 22 de Enero de 2014, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER DEPARTAMENTO DE SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO HSEQ. Yo Promuevo el trabajo seguro en el laboratorio. 1st ed., División de Publicaciones UIS, Bucaramanga, 2012.

UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE MANIZALES. Fundamentos Sobre Química Ambiental. Manizales, 2004, Recuperado el 28 de Enero de 2014, de http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4090020/files/pdf/cap_1+.pdf

VIEJO F. y BEDOYA N., Química Ambiental, PRÁCTICA 1: ALCALINIDAD Y ACIDEZ DE AGUAS. Laboratorio de Química de Aguas, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.

VIEJO F. y BEDOYA N., Química Ambiental, PRÁCTICA 2: ENSAYO DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN: PRUEBA DE JARRAS. Laboratorio de Química de Aguas, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.

VIEJO F. y BEDOYA N., Química Ambiental, PRÁCTICA 3: DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS. Laboratorio de Química de Aguas, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.

Washington State Department of Health. 2012, <<Nitratos en el agua potable>>. Recuperado el 30 de Enero de 2014, de <http://www.doh.wa.gov/Portals/1/Documents/Pubs/331-214s.pdf>

Wide World Develops at the Harvard Graduate School of Education. <<Turbidity>>. Recuperado el 19 de Enero de 2014, de http://learnweb.harvard.edu/ent/gallery/pop4/Turbidity_MWRA.pdf

ANEXOS

ANEXO A. LIBRO GUÍA DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS

ANEXO B. MANUAL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS