

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE QUÍMICA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN:

“APOYO TÉCNICO PARA EL MONTAJE DE UN LABORATORIO ESPECIALIZADO EN EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE AGUA DE MAR”

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS

ELABORADO POR:

GERSON ANTONIO HERNÁNDEZ PATRIZ

ASESORES:

DR. NÉSTOR GUILLERMO ORELLANA VELADO

M.Sc. JOSÉ ALBERTO GONZÁLEZ LEIVA

SEPTIEMBRE, 2022
SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
GOBIERNO UNIVERSITARIO



M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
RECTOR

DR. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ
VICE-RECTOR ACADÉMICO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA
VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO

ING. FRANCISCO ALARCÓN
SECRETARIO GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN
FISCAL

LIC. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE
DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
AUTORIDADES



LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA
DECANO

M.Sc. ZOILA VIRGINIA GUERRERO MENDOZA
VICEDECANA

LIC. JAIME HUMBERTO SALINAS ESPINOZA
SECRETARIO

LIC. DOUGLAS BLADIMIR ALFARO CHÁVEZ
ADMINISTRADOR ACADÉMICO

LIC. NELSON MAURICIO COTO MENDOZA
DIRECTOR INTERINO DE LA ESCUELA DE QUÍMICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
JURADO EVALUADOR



LIC. JENNIFER BEATRIZ CHÁVEZ ZAMORA
TRIBUNAL EVALUADOR 1

LIC. RENÉ ALEXANDER ARÉVALO
TRIBUNAL EVALUADOR 2

DR. NÉSTOR GUILLERMO ORELLANA VELADO
DOCENTE ASESOR

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE QUÍMICA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN:

“APOYO TÉCNICO PARA EL MONTAJE DE UN LABORATORIO ESPECIALIZADO EN EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE AGUA DE MAR”

REVISADO POR:

DR. NÉSTOR GUILLERMO ORELLANA VELADO

M.Sc. JOSÉ ALBERTO GONZÁLEZ LEIVA

SEPTIEMBRE, 2022
SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

DEDICATORIA

A Dios y la virgencita de Guadalupe por llenarme de fuerzas y sabiduría en esta etapa tan importante de mi vida. A mi mamá Hilda Sonia Patriz Guzmán quién ha sido mi ángel y motor para lograr todas mis metas, a mi papá Pedro Hernández Paiz por todo su apoyo incondicional, a mi hermano Elmer Wilfredo Hernández Patriz quien se ha sacrificado mucho para que yo pueda lograr mis metas y a mi familia Hernández y Patriz.

“Sendas Dios hará donde piensas que no hay”
Salmos 77

AGRADECIMIENTOS

Desde del fondo de mi corazón quiero agradecer a personas que me han acompañado durante esta etapa tan importante de mi vida, quienes me han marcado con su ejemplo y perseverancia, quienes me apoyaron cuando más lo necesité.

A mis asesores:

Dr. Néstor Guillermo Orellana Velado por sus consejos, amistad y apoyo como asesor interno en este proceso de graduación,

M.Sc Alberto González por sus consejos y apoyo en este proceso de graduación como asesor externo, gracias por su amistad, confiar y creer en mí.

Lic. Jennifer Beatriz Chávez Zamora por su excelente trabajo como coordinadora de procesos de graduación de la Escuela de Química, al mismo tiempo agradecerle por su disposición en ser parte del tribunal evaluador de este trabajo.

Lic. René Alexander Arévalo por su valioso apoyo como parte del tribunal evaluar.

A mis docentes:

Quienes me formaron y apoyaron en diferentes etapas de mi vida, gracias por todos sus consejos y apoyo, ahora soy el reflejo de sus enseñanzas y luchas. (Seño. Josefina Cornejo, Seño. Daniela Hernández; Seño Aleyda Olla; Seño Iris Hernández; Seño Dina Hernández; Licda. Ana Thelma; Licda. Dina de Guidos; Licda. Messalina; Licda. Rosario de Zepeda; Dr. Orlando Canjura; Dr. Nerys Funes; Lic. Milagro Salinas; Lic Trini.)

Dr. Luis Gilberto Parada Gómez por sus consejos, apoyo y velar por mis derechos desde el Consejo Superior Universitario para que pudiera culminar este trabajo de graduación.

M.Sc. Angela Gudelia Portillo por recibirme como auxiliar de cátedra en la materia de Microbiología General.

MSc. Diego Francisco Chicas Baños por su apoyo y consejos durante mi proceso de horas sociales.

MSc. Francisco Antonio Chicas Batres por su apoyo y consejos en mi estancia como estudiante en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología ICMARES (2015-2017), gracias por permitirme ser parte de su equipo de estudiantes en Ciencias del Mar.

A ICSEM EL SALVADOR:

Ing. José Daniel Rodríguez por permitirme realizar mi trabajo de graduación en ICSEM EL SALVADOR. gracias por esta oportunidad que ha cambiado mi vida.

A mi familia Marina:

M.Sc Johana Segovia; Gabi Montes; Vian Mátal; Alejandra Trejo “Titi”; Fernanda Ramos; Laura Figueroa; Gilma Guerra; Maythe Morán; Andrea Fortis; Gina López; Gabriela López; Laura Perdomo; Ruth Arévalo; Wilson Martínez (Q.E.P.D). Gracias por todo el apoyo que me brindaron en esta etapa de mi vida, me enseñaron lo que significa la amistad, el apoyo y el trabajo en equipo, más que un grupo interés en Ciencias del Mar los considero una familia, por siempre en mi corazón.

A mis padrinos:

Mercedes Blanco, Mirian Baires, Dinora Baires, gracias por apoyarme cuando más lo necesité, fueron ángeles que me han permitido alcanzar esta meta.

Mr & Mrs Robert Dubos, Judith Quienes fueron mis padrinos de estudios por muchos años.

Ing. Miguel Coreas por recibirme como foráneo en su casa y apoyarme, sin su apoyo no hubiera logrado esta meta.

A mi familia:

Quienes me han apoyado durante todas las etapas de mi vida.

Abuelos: Marta Paiz; Roberto Hernández; Mélida Guzmán; Antonio Patriz; Mis tí@s: Sarita; Aracely; Magdalena; Vilma; Sandra; Amalia; Tita; Miriam e Israel (Q.E.D); Carmen; Luisa; Geovanni (Yova); Roberto; Noé; Tío Padre “Jorge”; Josué.

A mi novia:

Alisson Monroy, por todo su amor y apoyo que me ha mostrado durante este proceso, sin dudas me has dado fuerzas para culminar esta etapa.

A mis amigo y compañeros de lucha:

Quienes han estado siempre apoyando mis proyectos, metas y locuras: Albert Abrego; Alexia Payes; Bladimir Zavala; Bryan Umaña; Jeoselin Buruca; Daniel Elías; Abigail Cruz; Sandra Hernández; Katherine Bermúdez; Katherine Funes; Marcela Albanés; Alicia Beltrán; Walter Medrano; Xiomara Crespín; Melvin Gabriel; Marcela Valle; Valeria López; Jocelyn Calles; Denis Hernández; Katia de Arévalo; Marina Ramírez; Sandra de Theodoro; Thamara Jacobo; Andrea Escobar; Guadalupe Pineda; David Martínez; Yanira Martínez; Alfredo Carranza; Monserrath Hernández; Alejandra Pérez, gracias por todo siempre encontrarán en mi a un amigo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1.0 Introducción	3
1.1 Generalidades del Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa ICSEM-EL SALVADOR.....	6
2.0 Metodología.....	10
2.1 Descripción de las actividades desarrolladas.....	10
2.1.1 Inventario de materiales, equipos y reactivos.	10
2.1.2 Propuestas de equipos, materiales, reactivos y condiciones para el montaje del laboratorio.....	10
2.1.3 Elaboración de guías para la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos.	11
2.2 Descripción sobre los recursos utilizados en la pasantía.	11
3.0 Resultados y Discusión	14
3.1 Inventario de materiales, equipos y reactivos.	14
3.1.1 Materiales.....	15
3.1.2 Reactivos.....	16
3.1.3 Equipos	17
3.2 Otras actividades realizadas durante la pasantía.....	18
3.2.1 Participación en el Programa de Monitoreo de Calidad de Agua Marina.....	18
3.2.2 Calibración de sondas multiparámetros.....	19
3.2.3 Monitoreo de parámetros fisicoquímicos.....	20
3.2.4 Capacitación en el uso de drones para fines medioambientales.....	20
3.2.5 Facilitador en el uso de sondas multiparámetros.....	21
3.2.6 Encuestador.	22
3.2.7 Firma de carta de entendimiento ICSEM-UES.....	22
4.0 Recomendaciones.	26
4.1 Equipos.	26
4.2 Reactivos.....	37
4.3 Materiales.....	39
4.4 Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos en muestras de agua marina.....	41
4.5 Acreditación de laboratorio	42

4.6	Requisitos relativos a la estructura.....	43
4.7	Requisitos relativos a los recursos.....	44
4.8	Instalaciones y Condiciones Ambientales.....	45
5.0	Conclusiones.....	49
6.0	Referencias.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.	Laboratorios húmedo y seco del Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa ICSEM-El Salvador. Figura de ICSEM El Salvador.....	4
Figura 2.	Investigadora realizando estudios para la identificación, cuantificación de plancton. Foto de ICSEM EL SALVADOR.....	5
Figura 3.	Investigadoras realizando estudios de invertebrados bentónicos. Foto de ICSEM EL SALVADOR.....	5
Figura 4.	Investigadora realizando estudio de Calidad de agua marina. Foto de ICSEM EL SALVADOR.....	6
Figura 5.	Mapa con la ubicación del ICSEM (https://goo.gl/maps/GfSFnrzrwGZYfxH88)	7
Figura 6.	Equipo Bio Marino ICSEM El Salvador. Imagen de ICSEM El Salvador.....	8
Figura 7.	Rombo de seguridad NFPA-704 (National Fire Protection Association). Imagen tomada de https://bit.ly/38lnP2g	14
Figura 8	Frascos para la toma de muestras de agua marina y carnet de seguro de salud. Fotos de ICSEM El Salvador.....	19
Figura 9	Calibración de sondas multiparámetros. Fotos de ICSEM EL Salvador.....	20
Figura 10.	Determinación parámetros fisicoquímicos en la columna de agua usando la Sonda Multiparámetros HANNA HI9829. Fotos de ICSEM EL Salvador.....	20
Figura 11.	Equipo BioMarino ICSEM El Salvador. Fotos de ICSEM EL Salvador.....	21
Figura 12.	Equipo de Herpetofauna y pasantes recibiendo capacitación. Fotos de ICSEM EL Salvador.....	21
Figura 13	Encuestando a los pescadores tuberos. Fotos de ICSEM EL Salvador.....	22
Figura 14	Visita de autoridades centrales de la Universidad de El Salvador a ICSEM El Salvador para firma de carta de entendimiento Foto de ICSEM EL Salvador.....	22
Figura 15.	Prácticas de buceo en aguas abiertas. Fotos de ICSEM EL Salvador.....	23
Figura 16	Certificado de buzo Open Water, fuente propia.....	23
Figura 17	Certificado curso especializado en “Sistema de monitoreo de Agua y Toxicología Ambiental”. Fuente propia.....	24

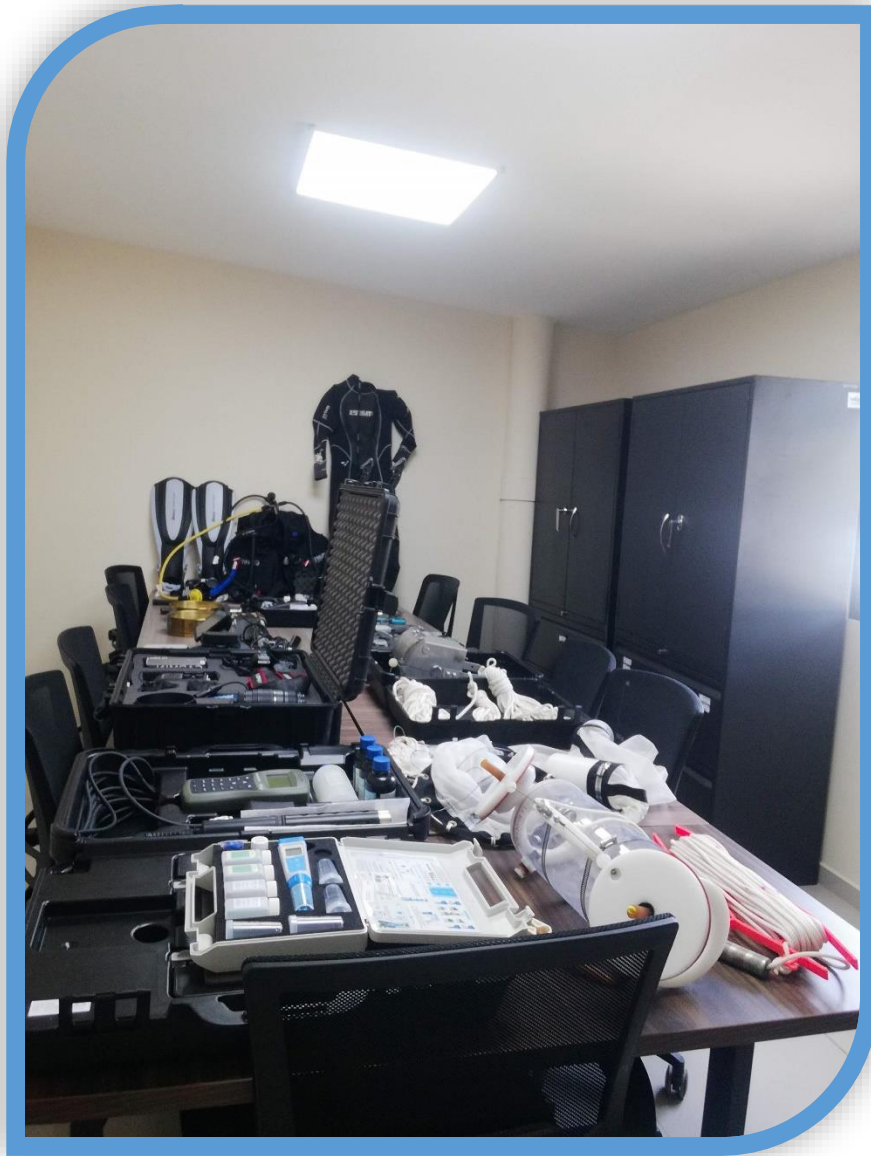
Figura 18. Equipo digestor de 6 puestos, imagen tomada de https://bit.ly/34e75HY	27
Figura 19. Incubadora de laboratorio, imagen tomada de https://bit.ly/32JycKR	28
Figura 20. Bureta Automática, imagen tomada de https://bit.ly/3n1NAZN	30
Figura 21. Balanza Analítica, imagen tomada de https://bit.ly/3P5NI77	31
Figura 22. Sonda multiparámetros HANNA HI9829.imagen tomada de https://bit.ly/3w1PNJE	32
Figura 23. Espectrofotómetro UV-VIS, modelo Evolution One Plus, marca Thermo Scientific, Imagen tomada de cotización proporcionada por INSTRUQUIMICA S.A de C.V. Imagen tomada de https://bit.ly/3sqM2LK	33
Figura 24. Espectrómetro de absorción atómica ICE TM 3500 AAS. Imagen https://bit.ly/3PbOqzw	34
Figura 25. Analizador de mercurio, imagen tomada de https://bit.ly/3vPYkyd	35
Figura 26. Cromatógrafo de grasas. Imagen tomada de https://bit.ly/3w2Duvr	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	11
Descripción sobre los recursos utilizados.	11
Tabla 2	15
Materiales de los laboratorios húmedo y seco.	15
Tabla 3	16
Reactivos más utilizados en los laboratorios de ICSEM-El Salvador clasificados con el Rombo de seguridad NFPA-704	16
Tabla 4.....	17
Equipos utilizados durante la pasantía.....	17
Tabla 5.....	26
Equipos necesarios para la implementación para el montaje del laboratorio.	26
Tabla 6.....	37
Reactivos necesarios para el montaje del laboratorio.	37
Tabla 7.....	39
Materiales básicos para el montaje del laboratorio.	39

RESUMEN

En el presente informe se detallan las actividades que se realizaron durante la pasantía de prácticas profesionales en el Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa ICSEM-EL SALVADOR, que tuvo lugar desde el 30 de abril al 30 de octubre del año 2021, este trabajo se desarrolló en marco a un proyecto del instituto titulado “Montaje de un laboratorio especializado en el análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos de agua de mar, este trabajó buscó apoyar al desarrollo de métodos analíticos, la creación de propuestas de equipos, reactivos, materiales y condiciones para el montaje del laboratorio, todas las propuestas desde el enfoque químico, para ello se inició con la elaboración de un inventario de materiales, equipos y reactivos del laboratorio denominado húmedo, seguidamente se elaboró un manual con técnicas analíticas para los siguientes parámetros fisicoquímicos: Demanda Química de Oxígeno “DQO”, Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBO_n”, Oxígeno Disuelto “OD”, turbidez, clorofila A, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, cloruros, Pb, Cd, Hg, Cu, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno. Cabe resaltar que estos indicadores de calidad de agua fueron tomados de acuerdo a las necesidades del instituto. A partir del inventario y el manual se realizó un informe que se encontrará distribuido en los diferentes apartados de este reporte, en ellos se especifican los materiales, reactivos y equipos indispensables para poder trabajar con los parámetros antes mencionados en el laboratorio de calidad de agua marina que se pretende adecuar, al desarrollar este trabajo el pasante reforzó sus conocimientos en química analítica, química ambiental, análisis instrumental, así mismo se adquirió experiencia en la adecuación de laboratorios, también durante el desarrollo de la pasantía tuvo lugar la firma de una carta de entendimientos entre ICSEM-EL SALVADOR y la Universidad de El Salvador, de esta forma más estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Químicas y otras carreras afines a las áreas de desarrollo del instituto podrán realizar pasantías profesionales, horas sociales o voluntariados. Al finalizar esta pasantía se cumplieron las metas propuestas en el plan de trabajo.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.0 Introducción

Para el desarrollo de un país con zonas marinas y costeras es fundamental la implementación de medidas que permitan el manejo y conservación de sus recursos, debido a que la franja litoral comprende uno de los ecosistemas naturales más productivos; consiste en un área de transición e influencia entre la tierra y el mar donde los procesos de producción, consumo e intercambio de energía se efectúan con una extraordinaria intensidad (SEMARNAP-INE, 1997). La actividad económica genera diferentes fuentes de contaminación antrópicas, que impactan negativamente en la calidad del agua, dañando los ecosistemas marino-costeros y su biodiversidad; afectando los medios de vida de las comunidades que viven adyacentes a esta zona. (Monsalve, 2018)

ICSEM en sus instalaciones ubicadas en los Planes de Renderos, San Salvador, cuenta con dos laboratorios clasificados como húmedo y seco, como se puede observar en la *figura 1*, en los cuales a la fecha de hoy se han realizado estudios para la identificación, cuantificación de plancton *figura 2*, estudios de invertebrados bentónicos *figura 3* y estudios que contienen indicadores de calidad de agua marina *figura 4*, estos laboratorios cuentan con una serie de equipamiento básico que le permite obtener información en el campo de parámetros fisicoquímicos, así como equipo muy propio del laboratorio como estereoscopio y microscopio invertido. Con estos equipos le permiten ofrecer servicios de consultorías en el área medioambiental específicamente en calidad de agua.

Dentro de las proyecciones de expansión de ICSEM El Salvador, se encuentra desarrollar un proyecto para implementar un laboratorio especializado en el análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos de agua de mar, es por ello que surge la necesidad de adecuar un laboratorio para completar los componentes en el estudio de calidad de agua, con el fin de que en el futuro se puedan realizar estos análisis en los laboratorio del Instituto, para ello se contó con el apoyo de un estudiante de la carrera de Licenciatura en Ciencias Químicas en calidad de pasante para trabajar en esta iniciativa.

Para realizar estudios de calidad de agua marina es necesario contar con las instalaciones, equipos y reactivos adecuados. En el país existen varios laboratorios de calidad de agua, sin embargo, muy pocos hacen trabajos con agua de mar, es por ello que la presente pasantía profesional buscará apoyar a la empresa ICSEM El Salvador en su iniciativa de montar un laboratorio de calidad de agua especializado en el análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos de agua de mar.

Durante la pasantía profesional el pasante adquirió diferentes destrezas y con la experiencia adquirida podrá incursionar en el área de control de calidad de agua marina, análisis instrumental, química ambiental entre otros campos relacionados con la temática, con el trabajo desarrollado quedan las puertas abiertas para que en oportunidades futuras más

estudiantes de las ciencias químicas puedan realizar, horas sociales, pasantías, o voluntariados con ICSEM-El Salvador.

El objetivo general de esta pasantía fue proponer el diseño de un laboratorio de calidad de agua marina especializado en la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos.

Como objetivos específicos se propuso realizar un estudio bibliográfico para identificar el proceso a seguir en el tratamiento de muestras de agua marina en Latinoamérica y verificar las condiciones en las que trabajan. Generar una lista de materiales, reactivos y condiciones necesarias para adecuar un laboratorio de calidad de agua marina. Elaborar guías de trabajo para la determinación de parámetros fisicoquímicos (Demanda Química de Oxígeno “DQO”, Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBO_n”, Oxígeno Disuelto “OD”, Turbidez, Clorofila A), sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos y cloruros, Pb, Cd, Hg, Cu, Hidrocarburos (BTEX), Elaborar un manual que recopile las guías con técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos, determinación de nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos



Figura 1. Laboratorios húmedo y seco del Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa ICSEM-El Salvador. Foto de ICSEM El Salvador.



Figura 2. Investigadora realizando estudios para la identificación, cuantificación de Plancton. Foto de ICSEM EL SALVADOR



Figura 3. Investigadoras realizando estudios de invertebrados bentónicos. Foto de ICSEM EL SALVADOR



Figura 4. Investigadora realizando estudio de Calidad de agua marina. Foto de ICSEM EL SALVADOR.

1.1 Generalidades del Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa ICSEM-EL SALVADOR.

El Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa “ICSEM” está conformado por un equipo abierto, dinámico y multidisciplinario, con sede en España y El Salvador, posee una trayectoria de 20 años, generando experiencia en investigación y consultoría especializada en desarrollo económico, ambiental y social, de la misma forma trabaja en red, conectando con especialistas de diferentes disciplinas, de diferentes partes del mundo, de modo que ofrece soluciones adaptadas a las necesidades específicas de cada asistencia, en la figura 6 se observa al equipo biomarino de ICSEM El Salvador (ICSEM, 2021)

Su carácter como Instituto le permite mantener su “Laboratorio” donde apoya el diseño de ideas y metodologías innovadoras y de aplicación sencilla en el marco del emprendimiento, innovación social, la elaboración de hojas de ruta, evaluación de impacto social, estudios sectoriales y de alineación. Además, es de interés de ICSEM promover espacios de encuentro y aplicar metodologías de co-creación. (ICSEM, 2021)

ICSEM entiende por crecimiento sostenible como indicador de generación de riqueza, que compromete al desarrollo, conciliando a la sociedad, a la economía y al ambiente. Por ello

su misión es contribuir a la consolidación de un tejido empresarial fuerte, fundamentado en la sostenibilidad, el desarrollo y la cooperación. (ICSEM, 2021)

También es de alto interés para ICSEM aplicar modelos económicos y sociales que vinculan a la empresa con entidades públicas y privadas con el desarrollo sostenible y exigen responsabilidades en sus actuaciones con el fin de lograr una sociedad fundamentada en valores y en el cuidado del medioambiente. (ICSEM, 2021)

Su director ejecutivo en El Salvador es el Ing. José Daniel Rodríguez Artiga y la dirección del Instituto es: km 8 ½ Carretera a Los Planes de Renderos, Calle al Hogar del Padre Vito Guarato, N° B-1, Panchimalco, San Salvador como se puede observar en la figura 5. (ICSEM, 2021)

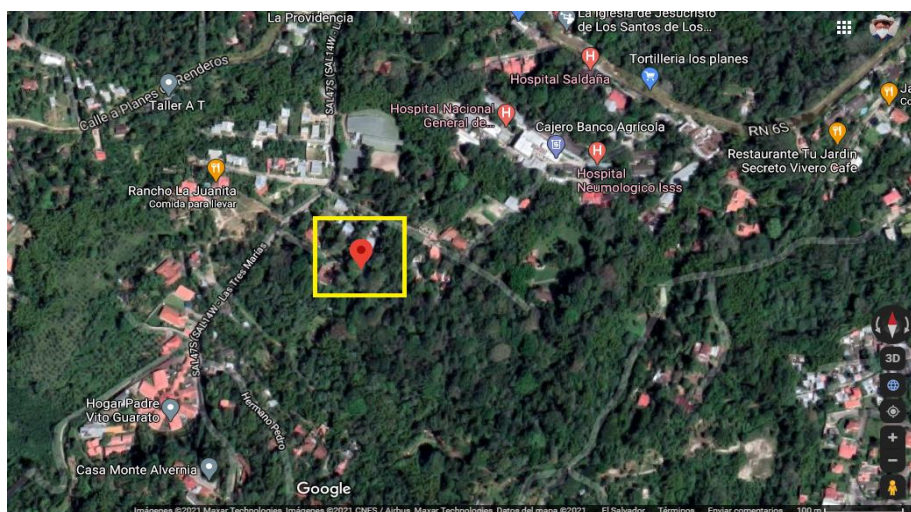


Figura 5. Mapa con la ubicación del ICSEM (<https://goo.gl/maps/GfSFnrzrwGZYfxH88>)



Figura 6. Equipo Biomarino ICSEM El Salvador. Imagen de ICSEM El Salvador.

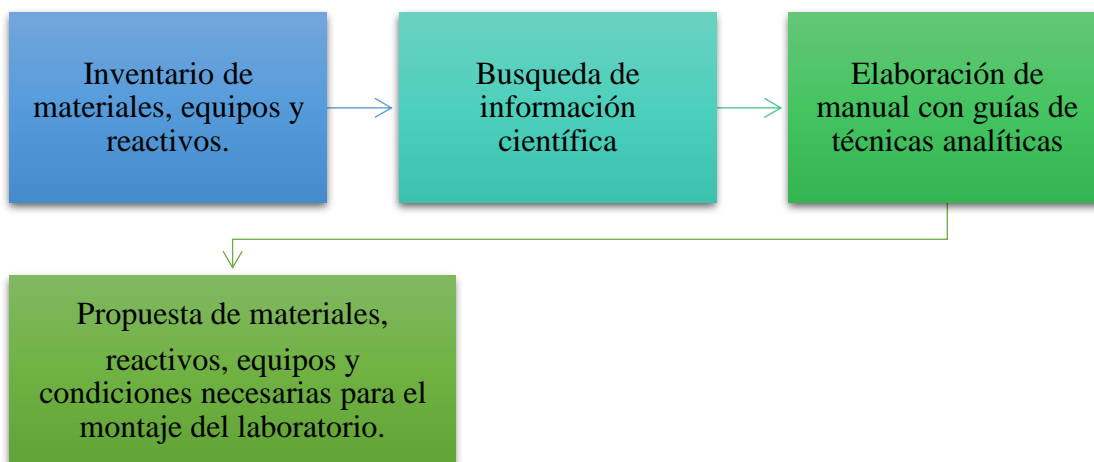


CAPÍTULO II

Metodología

2.0 Metodología.

El siguiente esquema representa los pasos que se siguieron para cumplir con los objetivos y alcanzar las metas que se propusieron en el plan de trabajo de esta pasantía de prácticas profesionales.



Esquema 1: Representa los pasos que se siguieron para cumplir con la metodología sugerida en el plan de trabajo de esta pasantía.

2.1 Descripción de las actividades desarrolladas.

Durante el periodo de pasantía profesional se realizaron diferentes actividades que ayudaron a solventar algunas necesidades en el área química de ICSEM-El Salvador, dichas actividades contaron con los recursos financieros, administrativos y de asesoramiento por parte del Instituto.

2.1.1 Inventario de materiales, equipos y reactivos.

Durante el desarrollo de la pasantía profesional se solicitó la autorización del director ejecutivo de ICSEM-El Salvador para realizar un inventario de equipos, materiales y reactivos, para ello se elaboró una hoja de cálculo donde se especificaron el tipo de material, cantidad, entre otras especificaciones, esto permitió conocer las fortalezas de los laboratorios húmedo y seco.

2.1.2 Propuestas de equipos, materiales, reactivos y condiciones para el montaje del laboratorio.

Se realizó un estudio bibliográfico para verificar los equipos, reactivos, materiales y condiciones en las que se realizan trabajos de calidad de agua marina a nivel latinoamericano

y a partir de esto se elaboró un informe donde se plasmaron las recomendaciones de equipos, materiales, reactivos y condiciones que son indispensables para estos estudios, tomando en cuenta las guías con técnicas analíticas que se elaboraron, la opinión técnica se presentó al director ejecutivo de ICSEM-El Salvador y a su equipo de investigadores .

2.1.3 Elaboración de guías para la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos.

Se realizó un estudio bibliográfico para conocer las metodologías que siguen en diferentes laboratorios de calidad de agua marina a nivel latinoamericano (Considerando que los estudios de calidad de agua correspondieran al Océano pacifico) para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno “OD”, Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBO”, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Clorofila A, Sulfatos, Nitratos, Nitritos, Amonio, Fosfatos y Cloruros, Pb, Cd, Hg, Cu, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno y a partir de ello se realizaron guías con técnicas analíticas para cada uno de los parámetros antes mencionados.

2.2 Descripción sobre los recursos utilizados en la pasantía.

Tabla 1.
Descripción sobre los recursos utilizados.

Descripción de las Actividades	Recursos
Inventario de materiales, equipos y reactivos del laboratorio	Computadora, recursos bibliográficos electrónicos e impresos, Internet. Pilot color azul permanente, tirro industrial, tijeras.
Obtención de fuentes bibliográficas	Computadora, recursos bibliográficos electrónicos, impresos, Internet.
Participación en diferentes actividades acorde a las necesidades de la empresa	Viáticos, apoyo económico para alimentación, transporte, computadora, recursos electrónicos, botiquín de seguridad.
Elaboración de la propuesta de equipos materiales, reactivos y condiciones para el funcionamiento del laboratorio	Computadora, recursos bibliográficos electrónicos, impresos, Internet.
Elaboración de guías analíticas para la determinación de nutrientes y parámetros fisicoquímicos	Computadora, recursos bibliográficos electrónicos, impresos, Internet.
Elaboración de guías analíticas para la determinación de metales tóxicos	Computadora, recursos bibliográficos electrónicos,

	impresos, Internet.
Elaboración de guías analíticas para la determinación de hidrocarburos	Computadora, recursos bibliográficos electrónicos, impresos, Internet.
Redacción del informe final de la pasantía.	Computadora, recursos bibliográficos electrónicos, impresos, Internet.

Nota: Representa los recursos utilizados durante el desarrollo de la pasantía



CAPÍTULO III

Resultados y Discusión.

3.0 Resultados y Discusión

3.1 Inventario de materiales, equipos y reactivos.

Se realizó un inventario de materiales, reactivos y equipos de los laboratorios húmedo y seco del Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa.

Los materiales de laboratorio se clasificaron de dos formas, la primera de acuerdo al material de fabricación: polímero, vidrio o madera y se presentan en la **tabla 1**, los materiales se especifican de la siguiente manera: Tipo de material, **P** = (polietileno o equivalente), **V**= Vidrio, **M**= Madera. La segunda forma de acuerdo al estado de los materiales, de la siguiente manera **B**= Significa en Buen estado y **M**= En mal estado, así como otras especificaciones que incluyeron: Volumen y marca.

Algunos de los reactivos con los que cuenta el instituto se detallan en la tabla 3, con su respectivo rombo de seguridad, en la figura 7 se detalla el significado del rombo de seguridad.

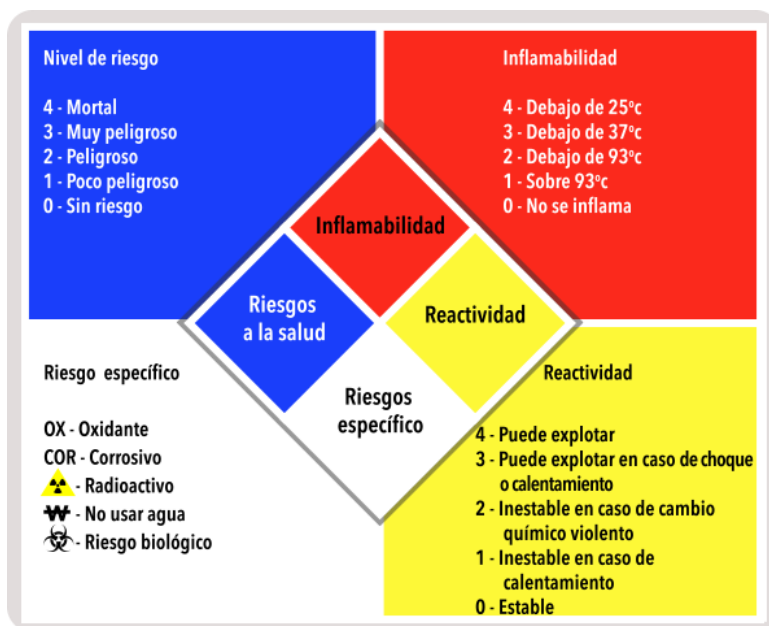



Figura 7. Rombo de seguridad NFPA-704 (National Fire Protection Association). Imagen tomada de <https://bit.ly/38lnP2g>

3.1.1 Materiales

Los materiales que se presentan en la siguiente tabla se encuentran en las instalaciones de los laboratorios húmedo y seco de ICSEM EL Salvador, cabe destacar que durante y después de la pasantía ICSEM El Salvador ha adquirido más material de vidrio, algunos de ellos de los recomendados en este reporte.

Tabla 2
Materiales de los laboratorios húmedo y seco.

 (Calidad de agua marina) Código. MLB-001	Materiales de laboratorio ICSEM EL SALVADOR				Materiales de los laboratorios húmedo y seco Agua Marina Código: MLB-001 Vigencia: diciembre del 2021 Edición N° 1 Páginas: 1 de 1	
	Versión N° 1					
Tipo de Material	P, V, M	Volumen	Marca	Estado	Observaciones	Cantidad
Beaker	V	100 mL	Pyrex	B	N/A	4
Beaker	V	100 mL	Fisherbrand	B	N/A	1
Beaker	V	50 mL	Pyrex	B	N/A	4
Beaker	V	50 mL	KIMAX	B	N/A	1
Beaker	V	30 mL	Pyrex	B	N/A	5
Beaker	V	20 mL	Pyrex	B	N/A	5
Beaker	V	10 mL	Pyrex	B	N/A	2
Beaker	V	250mL	SCHOTT	B	N/A	2
Beaker	V	250mL	KIMAX	B	N/A	1
Beaker	V	600 mL	Marienfeld	B	N/A	1
Beaker	V	600 mL	KIMAX	B	N/A	1
Balones Volumétricos con tapón	V	25 mL	Pyrex	B	N/A	3
Balones Volumétricos con tapón	V	10 mL	Pyrex	B	N/A	2
Balón Volumétrico con tapón	V	50mL	Pyrex	B	N/A	1
Balón Volumétrico con tapón	V	5mL	Protón	B	N/A	1
Matraz de Erlenmeyer	V	200mL	Pyrex	B	N/A	1
Probeta	V	10 mL	Marienfeld	B	N/A	1
Espátulas con mango de madera	M	N/A	N/A	B	N/A	2

Embudo Büchner con tapón de hule	PC	Grande	Coortek	B	N/A	1
Tubos de ensayo	V	Grandes	Pyrex	B	N/A	4
Tubos de ensayo	V	Grandes	KIMAX	B	N/A	4
Tubos de ensayo	V	Grandes	SCHOTT	B	N/A	4
Tubos de ensayo	V	Mediano	Pyrex	B	N/A	8
Agitadores de vidrio	V	pequeños	-N/A	B	N/A	2
Tubos de ensayo con tapones negros	V	Medianos	N/A	B	N/A	8


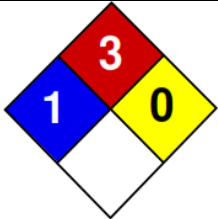
Nota: Materiales de laboratorio clasificados de acuerdo al material de fabricación: polímero, vidrio o madera, se especifican de la siguiente manera: Tipo de material, P= (polietileno o equivalente), V= Vidrio, M= Madera, PC=Porcelana, B= Significa en Buen estado y M= En mal estado. Fuente: elaboración propia.



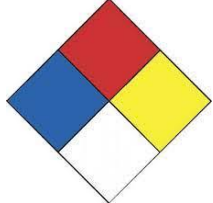
3.1.2 Reactivos.

Los reactivos que se presentan en la siguiente tabla se encuentra en las instalaciones de los laboratorios húmedo y seco de ICSEM EL Salvador, cabe destacar que durante y después de la pasantía ICSEM El Salvador ha adquirido reactivos y estándares, algunos de ellos de los recomendados en este reporte.

Tabla 3

Reactivos más utilizados en los laboratorios de ICSEM-El Salvador clasificados con el Rombo de seguridad NFPA-704

 (Calidad de agua marina) Código. RQ-001	REACTIVOS QUÍMICOS ICSEM EL SALVADOR Versión N° 1	Reactivos de los laboratorios húmedos Agua Marina Código: RQ-001 Vigencia: diciembre del 2021 Edición N° 1 Páginas: 1 de 1
		Edición N° 1 Páginas: 1 de 1
Nombre	Rombo de seguridad	
Alcohol isopropílico		

Etanol al 70%	
Formaldehído	
Agua destilada	



Nota: Reactivos químicos clasificados con Rombo de seguridad NFPA-704. Fuente. NFPA-704

3.1.3 Equipos

ICSEM cuenta con una serie de equipos que le permiten ofrecer servicio de consultoría especializada en recursos marinos y limnológicos, algunos de los utilizados en esta pasantía se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.
Equipos utilizados durante la pasantía

Equipo	Foto	Descripción
Sonda Multiparametros HANNA HI9829		Esta sonda le permite a ICSEM-El Salvador determinar de manera in situ, los siguientes parámetros fisicoquímicos: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conductividad. ➤ Sólidos Disueltos Totales “TDS”. ➤ Salinidad. ➤ Densidad de del agua de mar “σ”.

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ pH. ➤ Turbidez. ➤ Oxígeno disuelto. ➤ Presión atmosférica. ➤ Temperatura. ➤ Amonio, ➤ Nitrato, ➤ Cloruro.
Kit de prueba de bolsillo EC60 Premium EC / TDS / salinidad		<p>Esta sonda le permite al instituto determinar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conductividad. ➤ Sólidos Disueltos Totales “TDS”. ➤ Salinidad. ➤ Temperatura.
Botella muestreador Van Dorn		<p>Permite la toma de muestras de agua a diferentes profundidades. El diseño horizontal de la botella facilita el flujo de agua en zonas de corrientes predominantes y mejora la exactitud del muestreo en aguas estratificadas.</p>

Nota: Algunos equipos utilizados en esta pasantía para la determinación de calidad de agua marina. Fotos pertenecientes a ICSEM, tabla: elaboración propia.

3.2 Otras actividades realizadas durante la pasantía.

3.2.1 Participación en el Programa de Monitoreo de Calidad de Agua Marina.

Durante la pasantía de prácticas profesionales se participó en el programa de monitoreo de calidad de agua marina que ICSEM lidera, esta participación fue remunerada y se contó con

apoyo de viáticos, apoyo de alimentación y seguro, las actividades que se realizaron fueron las siguientes:

1. Preparación de frascos para muestreo.
2. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos utilizando la sonda multiparámetros HANNA HI9829
3. Toma de muestras con la botella muestreador Van Dorn
4. Traslado de muestras al laboratorio de análisis.
5. Calibración de sondas multiparámetros.



Figura 8 Frascos para la toma de muestras de agua marina y carnet de seguro de salud. Fotos de ICSEM El Salvador.

3.2.2 Calibración de sondas multiparámetros.

Se apoyó en la calibración de sondas multiparámetros HANNA HI9829 y el Kit de prueba de bolsillo EC60 Premium EC / TDS / salinidad.

Los parámetros que se calibraron fueron: pH 4.01, 7.00 y 10.00, conductividad 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 12.88 $\mu\text{S}/\text{cm}$, turbidez 0 FNU, 10 FNU y 200 FNU.



Figura 9 Calibración de sondas multiparámetros. Fotos de ICSEM EL Salvador

3.2.3 Monitoreo de parámetros fisicoquímicos.

Los monitores de parámetros fisicoquímicos se realizaron con la ayuda de la sonda HANNA HI9829.

Los parámetros registrados fueron: Turbidez, temperatura (°C), pH, oxígeno disuelto (ppm), conductividad (mS/cm), TDS (ppm), salinidad (ppt)



Figura 10. Determinación parámetros fisicoquímicos en la columna de agua usando la Sonda Multiparámetros HANNA HI9829. Fotos de ICSEM EL Salvador.

3.2.4 Capacitación en el uso de drones para fines medioambientales.

Se recibió una capacitación para el uso de drones para aplicaciones medioambientales, esta se llevó a cabo en las instalaciones de ICSEM- EL SALVADOR en la cual se recibió fundamentación teórica y práctica.



Figura 11. Equipo BioMarino ICSEM El Salvador. Fotos de ICSEM EL Salvador

3.2.5 Facilitador en el uso de sondas multiparámetros.

El pasante impartió capacitaciones al equipo de Herpetofauna de ICSEM-EL SALVADOR y a pasantes en el uso de la sonda Premium series PC60 5-in-1 pocket tester kit y sonda HANNA HI9829.

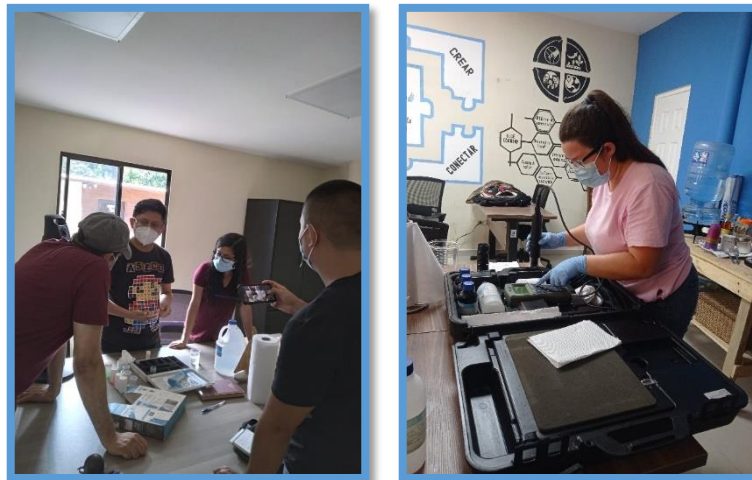


Figura 12. Equipo de Herpetofauna y pasantes recibiendo capacitación. Fotos de ICSEM EL Salvador.

3.2.6 Encuestador.

Se apoyó en el proceso de encuestas realizadas a los pescadores tuberos en Acajutla Sonsonate en marco al proyecto de elaboración de arrecifes artificiales.



Figura 13 Encuestando a los pescadores tuberos. Fotos de ICSEM EL Salvador.

3.2.7 Firma de carta de entendimiento ICSEM-UES

Participación en la firma de carta de entendimiento entre la Universidad de El Salvador y el Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa ICSEM.



Figura 14 Visita de autoridades centrales de la Universidad de El Salvador a ICSEM El Salvador para firma de carta de entendimiento Foto de ICSEM EL Salvador.

3.2.8 Curso de Buceo Open Water.

Durante la pasantía se realizó el curso de Buceo Open Water con la Escuela de Buceo OCEÁNICA, el cual fue financiado en un 50% por ICSEM EL Salvador, para ello se recibieron clases utilizando la plataforma RAID y prácticas en el lago de Ilopango.

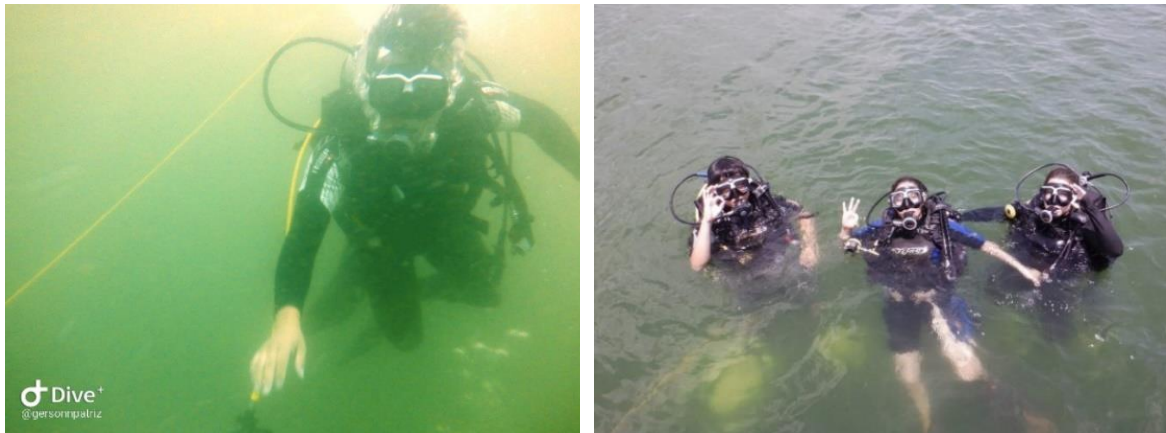


Figura 15. Prácticas de buceo en aguas abiertas. Fotos de ICSEM EL Salvador.

OPEN WATER 20



- ▶ Name: **Gerson Antonio Hernández Patriz**
- ▶ Instructor: **Javier Mena**
- ▶ Dive Centre: **Oceanica Escuela de buceo**
- ▶ Cert. Date: **24/06/2021** (DD/MM/YYYY)
- ▶ RAID Number: **80601**
- ▶ Max Depth: **12 years and older 20m / 66ft**
- ▶ ISO: **24801**

This diver has met the standards for this certification
Note: 12 to 14-year-old diver must be buddied by an adult certified diver

RAID DiveRAID.com **R·S·T·C** Recreational Scuba Training Council **ISO**

Figura 16 Certificado de buzo Open Water, fuente propia.

3.2.9 Curso especializado.

Durante la pasantía se participó en el Curso Especializado en Sistema de monitoreo de Agua y Toxicología Ambiental” desde las instalaciones de ICSEM El Salvador de forma virtual, este curso fue organizado por el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), la Secretaría de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador en conjunto a la Unidad Ecológica Salvadoreña (UNES), se desarrolló del 5 al 9 de julio de 2021



Figura 17 Certificado curso especializado en “Sistema de monitoreo de Agua y Toxicología Ambiental”. Fuente propia



CAPÍTULO IV

Recomendaciones

4.0 Recomendaciones.

Los laboratorios que estudian la composición química del agua de mar son reconocidos como laboratorios de oceanografía química o laboratorios de química marina, algunos laboratorios que se lograron identificar en esta revisión bibliográfica fueron: El Laboratorio de Oceanografía Química de Concepción-Chile; Laboratorio de Química Marina del Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia; laboratorio de química marina (LABQUIMAR) de la Universidad Nacional de Costa Rica; laboratorio de Química Marina Cinvestav unidad Mérida México; Laboratorio de Oceanología del CICIMAR-IPN, el INVEMAR posee la unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina – LABCAM.

Esta propuesta consiste en recomendar al instituto para el crecimiento de la empresa una lista de equipos, materiales, reactivos y condiciones necesarias para el montaje de un laboratorio especializado en el análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos de agua de mar” para proporcionar esta información se realizó un inventario en el laboratorio seco de ICSEM y a partir de las necesidades del instituto se propuso una lista de parámetros fisicoquímicos con los cuales la empresa puede iniciar a trabajar y ofrecer servicio, para ello se elaboró un manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos en muestras de agua marina.

4.1 Equipos.

En la tabla 5 se presenta una lista de equipos los cuales son necesarios para el montaje del laboratorio especializado en la determinación de parámetros fisicoquímicos, para esta parte se contó con la valiosa colaboración de la empresa “INSTRUQUIMICA S.A.DE C.V.”, la cual proporcionó cotización de los precios de los equipos que ellos distribuyen en El Salvador. Los apartados que contengan N/A significa que no se logró obtener cotizaciones.

Tabla 5.

Equipos necesarios para la implementación para el montaje del laboratorio.

Parámetro	Equipo	Precio
Demanda química de oxígeno “DQO”.	.	
Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBOn”.	Digestor de 6 puestos.	N/A
Oxígeno Disuelto “OD”.		
Turbidez (FNU)	Sonda Multiparametros HANNA HI9829.	Ya se cuenta con este equipo.
Clorofila A.	Espectrofotómetro UV-VIS, modelo Evolution One Plus, marca Thermo Scientific.	\$12,000.00
Sulfatos (SO ₄ ²⁻).		
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)		
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)		

Amonio (NH ₄ ⁺)		
Fosfatos (P-PO ₄ ³⁻)		
Cloruros. (Cl ⁻)	Bureta automática con reservorio plástico de 10mL, marca Fortuna.	\$ 73.00
Plomo (Pb).	Espectrofotómetro de absorción atómica marca Thermo Scientific, modelo ice3500 con horno de grafito corrección zeeman y generador de hidruros	\$79,300.00
Cadmio (Cd).		
Cobre (Cu)		
Mercurio (Hg).		
Benceno.	Cromatógrafo de gases, modelo TRACE 1310, marca Thermo Scientific.	48,000.00
Tolueno.		
Etilbenceno.		
Xileno.		

Nota: Equipos necesarios para el montaje del laboratorio, los equipos que poseen precios fueron proporcionados por medio de cotizaciones solicitadas a la empresa INSTRUQUIMICA S.A de C.V tomando en cuenta que estas cotizaciones están sujetas a cambios.

A continuación, se describirán algunos equipos que se recomiendan en este informe.

4.1.1 Digestor de 6 puestos.

El digestor de 6 puestos servirá para la determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO); Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_n); Oxígeno Disuelto (OD) y Cloruros.



Figura 18. Equipo digestor de 6 puestos, imagen tomada de <https://bit.ly/34e75HY>

➤ Descripción

Este equipo permite determinaciones en altas concentraciones sin necesidad de dilución. Es utilizado para laboratorios de aguas y tratamiento de efluentes.

Digestor para 6 pruebas con vidriería en borosilicato con controlador analógico individuales de la temperatura hasta 450°C, digestor/destilador, método tradicional con titulación y condensadores tipo Friedrich (kASALAB, 2021)

➤ Especificaciones.

- Temperatura: Hasta 450°C
- Control de temperatura: Analógico individual
- Capacidad: 6 pruebas
- Vidrierías: 6 balones de fondo llano en borosilicato capacidad para 500 mL, 6 condensadores en vidrio borosilicato tipo Friedrich.
- Soporte del condensador: En aluminio con garras en acero inoxidable
- Gabinete: En acero carbono con tratamiento anticorrosivo y pintura electrostática.
- Dimensiones: Ancho = 810 x Profundidad =180 x Alto=1000 mm
- Peso: 25 kg
- Potencia: 3900 Watts
- Voltaje: 220 Volts
- Acompaña: 06 Balón en vidrio borosilicato con 500 mL; 06 Condensadores en acero inoxidable tipo Friedrich recto; 06 Soportes cerámicos para apoyo de los balones; Manual de instrucciones con término de garantía. (kASALAB, 2021)

4.1.2 Incubadora de laboratorio.



Figura 19. Incubadora de laboratorio, imagen tomada de <https://bit.ly/32JycKR>

➤ **Descripción.**

La incubadora se utilizará en la determinación de la Demanda Química de Oxígeno y en la determinación de otros parámetros biológicos, la marcha analítica recomienda una incubadora capaz de mantener una temperatura de 20 +/- 1°C, para esta recomendación se tomó de base el Catálogo de los equipos que la empresa INSTRUQUIMICA S.A de C.V, también se debe tomar en cuenta el tipo de microorganismo que se pretenden determinar y el método a utilizar.

Isoterma ESCO, es una Incubadoras refrigeradas de clase mundial, posee Interfaces ergonómicas e intuitivas, tecnología de cámara de precalentamiento, sistema dual de autodescongelación, desinfección UV, paquete de ventilación y aislamiento ajustado y probado con precisión. (ESCO, 2021)

➤ **Especificaciones.**

- Tecnología de cámara de precalentamiento.
- Tecnología de control PID de microprocesadores.
- Sistema de auto-descongelación.
- Desinfección por UV.
- Computadora controlable a través del software Voyager.
- Disponible en los siguientes tamaños: 110 L, 170 L y 240 L.
- Rango de ajuste de temperatura estándar de 0° C a 100°C para una máxima flexibilidad de aplicación. El sello seguro de la puerta de 2 puntos y la bisagra excéntrica aseguran la máxima compresión de la junta para una temperatura estable de la cámara. (ESCO, 2021)

4.1.3 Bureta Automática.



Figura 20. Bureta Automática, imagen tomada de <https://bit.ly/3n1NAZN>

➤ **Descripción.**

Esta bureta valora de manera segura la salida del líquido, puede controlarse de forma continua o gota a gota. Manejo y ajuste en segundos, sistema de expulsión precisa que reduce el riesgo de salpicaduras. (LACTOGANDOLFO, 2021)

➤ **Especificaciones.**

- Microtornillo: latón/PP.
- Llenado rápido oprimiendo el frasco.
- Ajuste automático del punto cero.
- Microtornillo para valoración fina.
- Valoración rápida aproximada mediante desconexión del microtornillo y accionamiento del pulsador.
- Capacidad de 10 Mililitros.

Nota: Cuando no se utiliza la bureta durante un largo período es necesario vaciarla y abrir la llave para descargar la manguera. (LACTOGANDOLFO, 2021)

4.1.4 Balanza Analítica.



Figura 21. Balanza Analítica, imagen tomada de <https://bit.ly/3P5NI77>

➤ **Descripción.**

Esta balanza es completamente táctil. Posee un Interfaz amigable para el trabajo de pesaje de forma rápida y correcta, sistema de regulación de nivel, y programa de conversión de unidades. Cuenta con cubierta protectora y seguro en las puertas. Ideal para pesajes de alta precisión en laboratorios de control de calidad donde se requiere gran precisión. (VELAB, 2021)

➤ **Especificaciones.**

- Capacidad 220 g.
- Sensibilidad ± 0.0001 g (0.1mg).
- Repetibilidad ± 0.0001 g.
- Tiempo de estabilización ≤ 4 segundos.
- Unidades de pesaje g.
- Calibración interna.
- Tamaño de la plataforma $\varnothing 90$ mm. pantalla lcd, táctil. peso del equipo 5.5 kg. (VELAB, 2021)

4.1.5 Sonda HANNA HI9829



Figura 22. Sonda multiparámetros HANNA HI9829.imagen tomada de <https://bit.ly/3w1PNJE>

Nota: ICSEM-EL SALVADOR actualmente cuenta con este equipo.

➤ **Descripción.**

La sonda multiparamétrica posee un microprocesador de Hanna HI9829 el cual proporcionará mediciones que pueden llevar a un mejor entendimiento científico de la relación entre los procesos naturales, químicos, geológicos y la contaminación producida por el ser humano, que permita aplicar las normas a las descargas de desechos, corregir la contaminación del lugar y restaurar sus recursos naturales. (INSTRUMENT, 2021)

➤ **Especificaciones.**

- Registro · Almacenamiento de datos desde la sonda o desde el medidor
- Fast Tracker · Sistema de identificación de etiquetas
- Sensor Check · Reconocimiento automático de todos los sensores
- Función GLP · Incluye buenas prácticas de laboratorio
- Función de ayuda · Ayuda en pantalla
- Pantalla gráfica LCD con iluminación
- A prueba de agua · Carcasa resistente al agua.

Los parámetros que determina son los siguientes: Temperatura, Potencial redox, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Resistividad, TDS (Sólidos Totales disueltos), Salinidad,

Densidad sigma del agua de mar, turbidez, ISE(Nitrógeno-Amonio), (Nitrógeno-Nitrato), Presión Atmosférica. (INSTRUMENT, 2021)

4.1.6 Espectrofotómetro UV-VIS, modelo Evolution One Plus, marca Thermo Scientific.

Este equipo permitirá la determinación de los siguientes parámetros: Clo rofila A, Sulfatos, Nitratos, Nitrito, Amonio y Fosfatos.



Figura 23. Espectrofotómetro UV-VIS, modelo Evolution One Plus, marca Thermo Scientific, Imagen tomada de cotización proporcionada por INSTRUQUIMICA S.A de C.V. Imagen tomada de <https://bit.ly/3sqM2LK>

➤ **Descripción.**

Este espectrofotómetro es indicado para aplicaciones avanzadas, de investigaciones complejas y rutinarias, posee un hardware confiable y versátil software fácil de usar y fácil de aprender. (Colombia, 2021)

➤ **Especificaciones.**

- Tipo de detector: doble fotodiodo de silicio
- Exactitud fotométrica: 1A: ± 0.004 A, 2A: ± 0.008 A
- Exactitud de longitud de onda: ± 0.5 nm
- Planicidad de línea de base: ± 0.001 A, 200–800 nm, 1.0 nm SBW.
- Geometría: Doble haz.
- Intervalo de datos: 10, 5, 2, 1.0, 0.5, 0.2, 0.1 nm
- Dimensiones (Largo x Ancho x Alto): $593 \times 475 \times 266$ mm
- Desviación 5 años de vida promedio; garantía de 3 años por desperfectos de fábrica.

- Ruido 0A: ≤ 0.00015 A 1A: ≤ 0.00025 A 2A: ≤ 0.00050 A 260 nm, 1.0 nm SBW, RMS
- Lecturas en: Absorbance, % Transmittance, % Reflectance, Kubelka-Munk, $\log(1/R)$, $\log(\text{Abs})$, $\text{Abs} \cdot \text{Factor}$, Intensity
- Ancho de banda espectral Variable: 1.0 nm; 2.0 nm
- Intervalo de longitud de onda: 190 a 1100nm
- Repetibilidad de longitud de onda: ≤ 0.05 nm
- Velocidad de barrido de longitud de onda. (Colombia, 2021)
- Celdas de cuarzo de paso óptico de 10mm.

4.1.7 Espectrómetro de absorción atómica iCE™ 3500 AAS.

Este equipo permitirá la determinación de los metales tóxicos, para este caso (Pb, Cd y Cu)



Figura 24. Espectrómetro de absorción atómica iCE™ 3500 AAS. Imagen <https://bit.ly/3PbOqzw>

➤ Descripción

El AAS contiene un dual de llama y horno, límites de detección ultrasensibles y una elevada capacidad de procesamiento, software Thermo Scientific™ SOLAAR™ hace el cambio del modo de trabajo de llama a horno de grafito. (Tecnofrom, 2021)

➤ Especificaciones.

Este sistema combinado de AAS con llama y horno de grafito proporciona una solución completa para laboratorios que requieren bajos límites de detección y una elevada capacidad de procesamiento de muestras.

Cambio de llama a horno de grafito programable por software y totalmente desatendido.

Realice análisis automatizados y desatendidos con ayuda del muestreador automático completamente configurable.

Carrusel de seis lámparas de alineación automática para maximizar el procesamiento de muestras.

4.1.8 Analizador de mercurio Hydra II_{AA} CVAA

Para determinar Hg se recomienda usar la espectrofotometría de absorción atómica con vapor frío. (Tecnofrom, 2021)



Figura 25. Analizador de mercurio, imagen tomada de <https://bit.ly/3vPYkyd>

➤ **Especificaciones.**

- Límites de detección instrumento leq 5,0 ng / L
- Celdas de detección dual para concentraciones de muestra altas o bajas, configurables en minutos; rangos utilizables, 5 ng / L - 1 mg / L
- Control de contaminación avanzado, sobre rango y funciones de enjuague inteligente
- Depósitos de control de calidad de gran volumen para ejecuciones analíticas de lotes grandes ininterrumpidos
- Actualizable a una combustión (térmica descomposición) analizador de CVAA (Labs, 2021)

4.1.9 Cromatógrafo de gases TRACE™ 1310

Con la cromatografía de gases se pretende determinar BTEX utilizando una fibra de microextracción en fase sólida



Figura 26. Cromatógrafo de gases. Imagen tomada de <https://bit.ly/3w2Duvr>

➤ Descripción

El cromatógrafo de gases Thermo Scientific™ TRACE™ 1310, proporciona versatilidad y un rendimiento excepcional de GC y GC-MS, es un equipo idóneo para laboratorios de y Control de la Calidad “QC”. El equipo cuenta con una pantalla táctil completa para control de instrumentos, monitoreo de estado y desarrollo de métodos en el instrumento. Con sus inyectores y detectores de conexión instantánea, puede cambiar los módulos en minutos para reconfigurarlos para un flujo de trabajo diferente, desarrollar nuevos métodos y eliminar el tiempo de inactividad por mantenimiento. (Scientific, 2021)

➤ Especificaciones.

El cromatógrafo de gases Thermo Scientific™ TRACE™ 1310 permite el cambio de inyectores y detectores en menos tiempo, así mismo el aumento de la productividad. Minimiza el tiempo de inactividad con módulos de fácil acceso y sin herramientas
Reduce los costos operativos al permitir el uso de consumibles estándar.
Minimiza el consumo de muestra y solvente con capacidad de muestra de microvolumen. (Scientific, 2021)

➤ **Inyectores y detectores son de conexión instantánea.**

- Módulo de ahorro de helio
- Split / Splitless (SSL); también disponible con capacidad de retrolavado
- Vaporizador de temperatura programable (PTV); también disponible con capacidad de retrolavado
- Detector de ionización de llama (FID)
- Detector de conductividad térmica (TCD)
- Detector de captura de electrones (ECD)
- Detector de nitrógeno fósforo (NPD)
- Detector fotométrico de llama (FPD)
- Válvula de muestreo de gas.

4.2 Reactivos.

Se presenta la lista de reactivos necesarios más importantes para poder determinar los parámetros descritos en este reporte para elaborar esta lista se utilizó el manual de técnicas analíticas elaborado en esta pasantía.

Tabla 6.
Reactivos necesarios para el montaje del laboratorio.

Parámetro	Reactivos
Demanda química de oxígeno “DQO”.	Disolución estándar de dicromato de potasio 0.250 N
	Sulfato de plata grado técnico o reactivo en cristales o polvo.
	Ácido sulfúrico concentrado.
	Disolución indicadora ferroina.
	Sulfato ferroso amoniacal.
	Sulfato de mercurio en cristales o polvo.
	Ácido Sulfámico.
	Estándar de ftalato ácido de potasio.
Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBOn”.	Disolución de sulfito de sodio 0.0125M
	Ácido acético 8.7 M
	Otros reactivos que se usarán en la determinación de Oxígeno Disuelto y Clorofila a
Oxígeno Disuelto “OD”.	Sulfato de manganeso
	Disolución yoduro-alcalina
	Ácido sulfúrico 70%
	Disolución de almidón 3%

	Tiosulfato de sodio pentahidratado 1N
	Disolución estándar de yodato de potasio 0.01 N
Turbidez (FNU)	Disoluciones estándar de 0 FNU, 10 FNU y 200 FNU
Clorofila A.	Acetona, grado HPLC.
	Ácido clorhídrico HCl concentrado.
	Agua: se requiere agua ASTM Tipo I
	Disolución de HCl 0.1 N
	Disolución acuosa de acetona 90% de acetona 10% de agua ASTM Tipo I
	disolución patrón de clorofila (SSS) Chl a (MW = 893.5) y chl b (MW = 907.5) en ampollas de vidrio ámbar selladas con llama.
Sulfatos (SO ₄ ²⁻).	Disolución patrón de sulfato.
	Disolución acondicionadora para sulfato
	Cloruro de bario dihidratado.
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	Agua libre de nitratos.
	Disolución de ácido clorhídrico 1N.
	Disolución estándar de nitrato.
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	Disolución de sulfanilamida.
	Disolución de diclorhidrato de N-(1-naftil) etilendiamina.
	Estándar de nitrito.
Amonio (NH ₄ ⁺)	Agua desionizada
	Hipoclorito de sodio.
	Disolución oxidante
	Disolución estándar de amonio grado analítico
	Disolución de fenol.
	Disolución de nitropruciato de sodio.
Reactivo alcalino citrato de sodio.	
Fosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	Disolución Madre de Fosfatos.
	Disolución Patrón de Fosfatos.
	Disolución contiene 1 µg de fosfato.
	Solución de ácido ascórbico 0.1M
	Disolución de molibdato de amonio al 4%
	Disolución de tartrato doble de antimonio y potasio Reactivo Combinado para Fosfato:
Cloruros. (Cl ⁻)	Agua desionizada
	Disolución Titrisol de nitrato de plata 0.1 N
	Disolución titulante de nitrato de plata 0.01 N
	Disolución indicadora de cromato de potasio

	Disolución estándar de cloruro de sodio 0.01 N
Plomo (Pb). Cadmio (Cd). Cobre (Cu) Mercurio (Hg).	Agua libre de metales
	Ácido nítrico 4N
	Disolución de ditiocarbamato de pirrolidín amonio al 1%
	Hidróxido de amonio
	Ácido clorhídrico concentrado
	Argón ultrapuro grado 5.0 (ICP)
	Ácido nítrico concentrado
	Metilisobutilcetona.
	Acetileno y aire (absorción atómica).
	Disoluciones de referencia para cada metal (1g/L)
Benceno. Tolueno. Etilbenceno. Xileno.	Hexano PA
	Xilenos PA
	Tolueno PA
	Hidrógeno PA
	Benceno PA

Nota: Reactivos indispensables para el montaje del laboratorio, se sacaron del manual de prácticas analíticas que se elaboró en esta pasantía.

4.3 Materiales

Tabla 7.

Materiales básicos para el montaje del laboratorio.

Materiales	Precio unitario en dólares \$	Empresa
Erlenmeyer de 250 mL	6.22	ELECTROLAB MEDIC
Beaker 100 mL	3.00	ANALÍTICA SALVADOREÑA
Balones Volumétricos de 50 mL	16.95	ELECTROLAB MEDIC
Bureta graduada de 50 mL	33.90	ELECTROLAB MEDIC
Vidrio de reloj grande de 150 mL	6.80	ANALÍTICA SALVADOREÑA
Vidrio de reloj de 7 mL	4.00	ANALÍTICA SALVADOREÑA
Pipetas graduadas de 10 mL A	10.00	ELECTROLAB MEDIC
Soportes universales	33.00	PROSERQUISA
Pinzas para buretas o tipo mariposa.	20.00	PROSERQUISA
Pinzas doble nuez	6.78	ELECTROLAB MEDIC
Pinzas universales de dos dedos	14.00	PROSERQUISA

Beacker de 1000 mL	13.56	ELECTROLAB MEDIC
Agitadores Magéticos medianos	18.00	ELECTROLAB MEDIC
Hot plate con agitación magnética	689.30	INSTRUQUIMICA
Balanza Analítica. (4-5 cifras significativas)	2429.50	INSTRUQUIMICA
Potenciómetro	989.88	INSTRUQUIMICA
Autoclave	734.50	ELECTROLAB MEDIC
Bote de vidrio ámbar de 240 mL	2.00	TIENDA MORENA
Botes de Plásticos de 1 L	0.39	ROXXY
Pipeta Clase A 2 mL	14.69	ELECTROLAB MEDIC
Caja Petri	13.56	ELECTROLAB MEDIC
Guantes de Nitrilo	21.19	ELECTROLAB MEDIC
Redecillas para cabello	16.950	ELECTROLAB MEDIC

Nota: En esta tabla se presentan algunos materiales que fueron cotizados durante la pasantía, todos estos son indispensables para poder trabajar en un laboratorio. Los precios fueron proporcionados por diferentes empresas, también se debe considerar que los precios pueden variar en el transcurso del tiempo.

4.4 Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos en muestras de agua marina.



Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos en muestras de agua marina.



Manual para uso interno de
ICSEM-EL SALVADOR
Autor: Gerson Antonio Hernández Patriz
Asesores:
Dr. Néstor Guillermo Orellana Velado
Universidad de El Salvador
M.Sc. José Alberto González Leiva
ICSEM El Salvador.

Nota: Este manual fue elaborado para uso interno del laboratorio de calidad de agua marina de ICSEM EL SALVADOR, debido a la norma ISO 9001 esta información será de carácter confidencia y se presentará como documento interno en caso de auditorías.

4.5 Acreditación de laboratorio

Para ofrecer confiabilidad en los resultados de los análisis o servicio que se ofrecerá el laboratorio se recomienda que este se acredite bajo las normas ISO, el laboratorio que se pretende implementar ofrecerá servicio de ensayo y muestreo. El Salvador cuenta con el Organismo Salvadoreño de Acreditación entidad designada por el Gobierno para operar como único Organismo Nacional de Acreditación. (ACMS, 2021)

Durante esta pasantía se revisó la norma ISO/IEC/17025:2017, esta norma es vigente para la acreditación de laboratorios. (ACMS, 2021)

La norma ISO/IEC/17025:2017 contiene los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos y calibraciones, así como del muestreo se aplica a todo tipo de laboratorios, según esta norma el laboratorio es un organismo que realiza una o más de las siguientes actividades.

- Ensayo
- Calibración
- Muestreo, asociado con el subsiguiente ensayo o calibración.

Para que ICSEM-El Salvador ofrezca un servicio más confiable en su análisis es importante acreditar los laboratorios para ello la Organización de Acreditación en El Salvador OSA ha proporcionado un sitio web con una serie de documentos que ayudan a los laboratorios a seguir los pasos correctos para aplicar a los procesos de acreditación: Site (<https://bit.ly/3BqJRdG>)

En este sitio web se encuentran los requisitos generales y los requisitos relativos a la estructura los cuales son de importancia mencionarlos ya que puede servir de guía para que ICSEM valore acreditar su laboratorio en el futuro.

Los requisitos generales que debe cumplir el laboratorio son:

1. Imparcialidad
2. Confidencialidad.

4.5.1 Imparcialidad

Cuando se habla de imparcialidad se refiere al hecho de que el laboratorio no debe permitir presiones comerciales, financieras u otras que lo comprometan, para ello debe comprometerse desde la dirección, mostrando documentadamente el mecanismo establecido para garantizar la imparcialidad, así mismo como considera los riesgos a su imparcialidad, cuando sea apropiado, tomando en cuenta las siguientes relaciones:

- Con la organización mayor a la que pertenece ya sea público o privado
- Con miembros de juntas directivas, comités o accionistas
- Con los departamentos de la organización
- Con entes reguladores
- Con clientes
- Con proveedores (de bienes y servicios suministrados externamente)
- Del personal del laboratorio
- Recursos (finanzas, comisiones o incentivos, contratos)
- Se debe procurar una revisión de los riesgos cuando las relaciones del laboratorio sean modificadas o el personal cambie.

4.5.2 Confidencialidad.

En el caso de la confidencialidad el laboratorio debe responsabilizarse, por medio de acuerdos legalmente ejecutables, debe estar establecido el mecanismo o forma de notificación al cliente o persona interesada en dado caso el laboratorio le sea requerido revelar algún tipo de información confidencial. (OSA, 2021)

El mecanismo que el laboratorio considere para garantizar el manejo confidencial de la información, debe permitir mostrar el compromiso de los involucrados con el cumplimiento de sus responsabilidades. (OSA, 2021)

4.6 Requisitos relativos a la estructura.

Se debe identificar en el sistema de gestión la razón social, persona natural o jurídica que asume las responsabilidades legales, así como las actividades de laboratorio que están dentro de su alcance acreditado o en proceso de acreditación, Si el laboratorio pertenece a una organización que desarrolla actividades diferentes a las que se pretender desarrollar, debe de especificar esas actividades, para identificar su interrelación. (OSA, 2021)

Las tareas y responsabilidades listadas en este requisito, deben estar adaptadas en su sistema de gestión, también se deben definir requisitos de competencia para el personal responsable de realizar las tareas descritas en este requisito (OSA, 2021)

1. Se debe definir los mecanismos de comunicación dentro del laboratorio.
2. Los requisitos de competencia para el personal responsable de realizar las tareas descritas en este requisito.

4.7 Requisitos relativos a los recursos

1. Generalidades
2. Personal

Se debe establecer los requisitos de competencia del personal, al menos para las siguientes funciones que influyen en los resultados de las actividades del laboratorio:

- Revisión y emisión de ofertas y contratos.
- Desarrollo, modificación, verificación y validación de métodos.
- Recepción de ítems de ensayo o calibración.
- Ejecución de ensayos, calibraciones o muestreos.
- Evaluación de importancia de las desviaciones.
- Reporte, revisión y autorización de resultados.
- Emisión de opiniones e interpretaciones.
- Estimación y evaluación de la incertidumbre de medición.
- Aseguramiento de la validez de los resultados.
- Análisis de resultados y declaración de conformidad.
- Ejecución de auditorías internas.
- Revisión y análisis de certificados de calibración y controles metrológicos de equipos de medición, así como el establecimiento de intervalos de calibración.
- Responsable de tramitar la adquisición de productos y servicios suministrados externamente.
- Cualquier otra función que influye en los resultados de las actividades del laboratorio.

Para cada función se deben considerar los requisitos de competencia, que incluyan la educación, calificación, formación, conocimiento técnico, habilidades y experiencia, según corresponda. (OSA, 2021)

Se debe asegurar que el personal permanente, temporal o que actúe como suplente, y que tenga injerencia en las actividades de laboratorio, sea competente para realizar sus funciones, el laboratorio podría seguir el siguiente mecanismo, dependiendo de la naturaleza de las actividades:

- Observaciones in situ.
- Revisiones de informes.
- Entrevistas.
- Simulaciones de ensayos.

Ante cualquier modificación de personal que pueda influir en la actividad desde del laboratorio se debe notificar al OSA, tomando en cuenta el alcance acreditado, de la misma forma cuando haya autorizado nuevo personal o designado nuevas responsabilidades. Además, deberá presentar la evidencia del cumplimiento de lo establecido en el requisito 6.2 de la norma NTS ISO/IEC 17025:2017. (OSA, 2021)

4.8 Instalaciones y Condiciones Ambientales

Cuando corresponda, en locales donde se realicen actividades de laboratorio que requieran de condiciones ambientales determinadas, el laboratorio debe disponer de un registro que sea trazable a los días de ejecución de las actividades. Se debe especificar y tener por escrito los rangos de aceptabilidad de los parámetros ambientales y las acciones a seguir cuando los registros indiquen que las condiciones ambientales se salen de los rangos aceptables.

Debe demostrarse la calibración de los equipos de medición de dichas condiciones ambientales y el cumplimiento de los requisitos especificados, según lo establecido en los requisitos de la norma NTS ISO/IEC 17025:2017. (OSA, 2021)

La norma describe que el laboratorio debe tener acceso al equipamiento, (incluidos, pero sin limitarse a, instrumentos de medición, software, patrones de medición, materiales de referencia, datos de referencia, reactivos, consumibles o aparatos auxiliares) que se requiere para el correcto desempeño de las actividades de laboratorio y que pueden influir en los resultados. (OSA, 2021)

Cuando el laboratorio utiliza equipamiento que está fuera de su control permanente, debe asegurarse de que se cumplan los requisitos de este documento para el equipamiento.

El laboratorio debe contar con un procedimiento para la manipulación, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento planificado del equipamiento para asegurar el funcionamiento apropiado y con el fin de prevenir contaminación o deterioro. (OSA, 2021)

El laboratorio debe verificar que el equipamiento cumple los requisitos especificados, antes de ser instalado o reinstalado para su servicio. (OSA, 2021)

El equipo utilizado para medición debe ser capaz de lograr la exactitud de la medición y/o la incertidumbre de medición requeridas para proporcionar un resultado válido. (OSA, 2021)

El laboratorio debe establecer un programa de calibración, el cual se debe revisar y ajustar según sea necesario, para mantener la confianza en el estado de la calibración (OSA, 2021)

Todos los equipos que requieran calibración o que tengan un periodo de validez definido se deben etiquetar, codificar o identificar de otra manera para permitir que el usuario de los

equipos identifique fácilmente el estado de la calibración o el periodo de validez (OSA, 2021)

El equipo que haya sido sometido a una sobrecarga o a uso inadecuado, que dé resultados cuestionables, o se haya demostrado que está defectuoso o que está fuera de los requisitos especificados, debe ser puesto fuera de servicio. Éste se debe aislar para evitar su uso o se debe rotular o marcar claramente que está fuera de servicio hasta que se haya verificado que funciona correctamente. (OSA, 2021)

Cuando sean necesarias comprobaciones intermedias para mantener confianza en el desempeño del equipo, estas comprobaciones se deben llevar a cabo de acuerdo con un procedimiento.

Cuando los datos de calibración y de los materiales de referencia incluyen valores de referencia o factores de corrección, el laboratorio debe asegurar que los valores de referencia y los factores de corrección se actualizan e implementan, según sea apropiado, para cumplir con los requisitos especificados. (OSA, 2021)

El laboratorio debe tomar acciones viables para evitar ajustes no previstos del equipo que invalidarían los resultados (OSA, 2021)

Se deben conservar registros de los equipos que pueden influir en las actividades del laboratorio. Los registros deben incluir, al menos, lo siguiente, cuando se aplicable:

- la identificación del equipo, incluida la versión del software y del firmware.
- el nombre del fabricante, la identificación del tipo y el número de serie u otra identificación única
- la evidencia de la verificación de que el equipo cumple los requisitos especificados
- la ubicación actual

Los registros deben incluir, al menos, lo siguiente:

- Las fechas de la calibración, los resultados de las calibraciones, los ajustes, los criterios de aceptación y la fecha de la próxima calibración o el intervalo de calibración.
- La documentación de los materiales de referencia, los resultados, los criterios de aceptación, las fechas pertinentes y el período de validez.
- El plan de mantenimiento y el mantenimiento llevado a cabo hasta la fecha, cuando sea pertinente para el desempeño del equipo
- Los detalles de cualquier daño, mal funcionamiento, modificación o reparación realizada al equipo (OSA, 2021)

- Debido a las modificaciones que se realizarán en el laboratorio se recomienda el cambio de nomenclatura.
- Las condiciones actuales de los laboratorios no permitirían trabajar a temperaturas y presión controladas, por lo tanto, también sería necesario instalar aire acondicionado en las instalaciones y puertas que permitan el control de la presión en las unidades de trabajo.

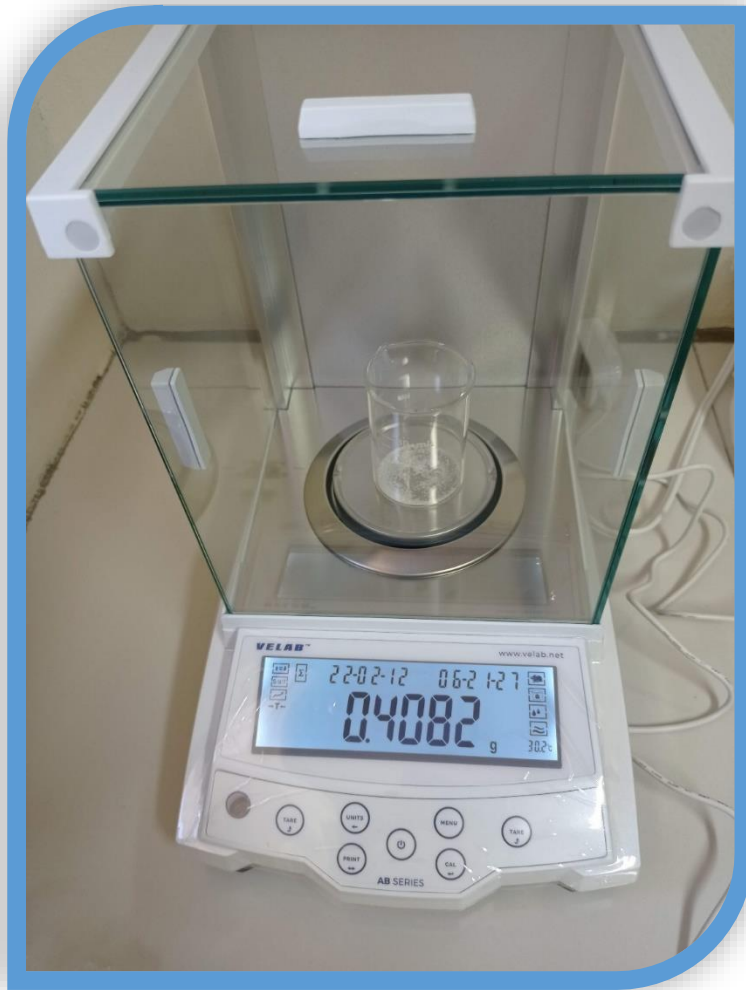


CAPÍTULO V

Conclusiones

5.0 Conclusiones.

1. Hasta octubre del 2021 ICSEM Contaba con un laboratorio de 3 metros de ancho y 7.80 metros de largo, dividido en dos unidades, la primera correspondiente al laboratorio húmedo y segunda al laboratorio seco (La nomenclatura del laboratorio se ha asignado por la institución), con la propuesta de equipos y reactivos será necesario ampliar las instalaciones ya que actualmente el espacio sería muy pequeño para instalar los equipos que se pretenden adquirir.
2. Debido a la falta de laboratorios que se dediquen a trabajar con agua marina, este proyecto representa una oportunidad para ofrecer servicios a instituciones que se dediquen a trabajar con temas relacionados con las ciencias del mar.
3. La acreditación del laboratorio es esencial para la confiabilidad en los datos que este proporcione a las partes interesadas, es por ello que debe ser un punto importante antes de iniciar a ofrecer servicios.
4. Durante la pasantía se lograron consolidar convenios importantes que ayudarán a fortalecer el éxito de este proyecto.
5. Con esta pasantía se comprobó que ICSEM El Salvador actualmente cuenta con material y equipo básico que le permite ofrecer consultoría especializada en temas ambientales, pero que existen puntos de mejora que puede aprovechar para consolidarse como laboratorio de ensayo y muestreo.
6. Al finalizar la pasantía se adquirió experiencia técnica a nivel teórico y práctico en el montaje de un laboratorio especializado en el análisis de parámetros fisicoquímicos nutrientes, metales tóxicos e hidrocarburos en agua de mar.



CAPÍTULO VI

Referencias

6.0 Referencias

1. Cordy, G. E. (2005) 'A Primer on Water Quality', Water Encyclopedia, (March). doi: 10.1002/047147844x.wq2137.
2. Monsalve, R. M. (2018) 'Análisis de la calidad de agua de mar y su relación con la infraestructura asociada a la actividad minera en la región de Antofagasta entre los años 1990-2015'.
3. ICSEM. Obtenido de ICSEM: <https://icsem.es>
4. ACMS, G. (2021). <https://www.grupoacms.com/acreditacion-laboratorio.php>. Obtenido de <https://www.grupoacms.com/acreditacion-laboratorio.php>: <https://www.grupoacms.com/acreditacion-laboratorio.php>
5. Colombia, E. y. (2021). ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EVOLUTION ONE PLUS. Obtenido de ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS EVOLUTION ONE PLUS: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/productos/espectrofotometro-uv-vis-evolution-one-plus>
6. ESCO. (2021). Incubadora de laboratorio de convección forzada Isotherm®. Obtenido de Incubadora de laboratorio de convección forzada Isotherm®: <https://www.medicaexpo.es/prod/esco/product-75366-542547.html>
7. INSTRUMENT, H. (2021). HI9829 - HANNA® instruments. Obtenido de HI9829 - HANNA® instruments: <https://hannainst.com.mx/wp-content/descargas/folleto/Folleto-HI9829-2.pdf>
8. kASALAB. (2021). DIGESTOR PARA DQO. Obtenido de DIGESTOR PARA DQO: <https://www.kasalab.com/producto/digestor-para-dqo/>
9. Labs, T. L. (2021). Hydra IIAA. Obtenido de Hydra IIAA: <https://www.teledyneleemanlabs.com/products/mercury-analyzers/hydra-iaa>
10. LACTOGANDOLFO. (2021). BURETA AUTOMATICA. Obtenido de BURETA AUTOMATICA: <http://www.lactogandolfo.com/bureta-automatica>
11. OSA. (2021). Documentación sobre criterios de acreditación para laboratorios. Obtenido de Documentación sobre criterios de acreditación para laboratorios:

<http://www.osa.gob.sv/laboratorios/documentacion-sobre-criterios-de-acreditacion-para-laboratorios/>

12. Scientific, T. F. (2021). TRACE™ 1600 Series Gas Chromatograph. Obtenido de TRACE™ 1600 Series Gas Chromatograph: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/MI-148000-0003>
13. Tecnofrom. (2021). Espectrómetro de absorción atómica (AAS) iCE™ 3500. Obtenido de Espectrómetro de absorción atómica (AAS) iCE™ 3500: https://www.tecnofrom.com/producto_7-espectrometro-de-absorcion-atmica-aas-ice-trade-3500.html
14. VELAB. (2021). VE-204 BALANZA ANALÍTICA DE PRECISIÓN. Obtenido de VE-204 BALANZA ANALÍTICA DE PRECISIÓN: <https://www.velab.com.mx/products/balanza-analitica-de-precision>