

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE
Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

Sustentabilidad y tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)
Programa de Apoyo a Centro de Investigación Externos I



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I
Curva de calibración como método de validación en técnicas de laboratorio
en el Instituto Oceanográfico del Pacífico, en Manzanillo, Colima

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes
Ing. en Biotecnología, Emmanuel Ponce Cisneros

Profesor PAP: Dra. Gabriela Porras Quevedo

M. en C. Fausto Alonso Arce Duarte

Tlaquepaque, Jalisco, julio de 2023

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	4
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	4
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto	6
1.2 Caracterización de la organización	10
1.3 Identificación de la(s) problemática(s)	11
1.4. Planeación de alternativa(s).....	12
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	16
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	31
1.7. Bibliografía y otros recursos.....	32
2. Productos	33
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	36
3.1 Sensibilización ante las realidades	36
3.2 Aprendizajes logrados	37

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

[Este texto deberá aparecer en todos los RPAP]

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (co-participación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.

El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).

El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que los estudiantes, los beneficiarios externos y los profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, co-crear o transformar en distintos campos sociales.

El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.

El Reporte PAP consta de tres componentes:

El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de este y la valoración de las incidencias en el entorno.

El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.

El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

El PAP Curva de calibración como método de validación en técnicas de laboratorio en el Instituto Oceanográfico del Pacífico, en Manzanillo, Colima, es parte de un nuevo proyecto iniciado en verano del 2023. En el presente proyecto se abordó la problemática de validación de técnicas analíticas por medio de curvas de calibración de nitritos y ortofosfatos. El objetivo principal fue determinar la eficiencia y operatividad del uso de curvas de calibración en técnicas de laboratorio como método de validación para las técnicas usadas en el análisis químico de las muestras de agua de mar del Instituto Oceanográfico del Pacífico. Los objetivos específicos planteados fueron, obtener la validación a las técnicas para la determinación de nitritos y ortofosfatos (fosfatos).

Para realizar las curvas de calibración se analizaron, estudiaron y experimentaron los procesos ya establecidos para la determinación de nitritos y ortofosfatos en agua de mar, además que los intervalos de concentraciones fueron adaptados de acuerdo con los resultados normalmente obtenidos por los distintos proyectos que se efectúan.

Se generó como producto final, tres curvas de calibración, una por triplicado para determinación de nitritos y, dos para ortofosfatos, debido a la no linealidad reactiva detectada de este analito químico. El coeficiente de correlación de nitritos fue de 0.9999 y el promedio para ortofosfatos fue de 0.9992. Se validaron las técnicas empleadas por el Instituto determinándose que fueron altamente confiables y seguras como punto de partida para la generación de planes de prevención del cuidado al medio ambiente y así beneficiar a la población.

1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa construir sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

El proyecto se llevará a cabo en el Instituto Oceanográfico del Pacífico (IOP) perteneciente a la Secretaría de Marina (SEMAR) ubicado en Manzanillo, Colima; el cual tiene como misión realizar investigación oceanográfica, meteorológica, hidrográfica y de contaminación del medio ambiente marino. El Instituto posee una subdirección la cual lleva el nombre de “Estudios de Contaminación Marina” (CONMAR) que se encarga de realizar estudios enfocados en conocer el estado ambiental o de salud de distintos puertos mexicanos basado en análisis fisicoquímicos, químicos y bacteriológicos; entre ellas, se encuentran las pruebas analíticas para la determinación de nitritos, nitratos, fosfatos y amonio, entre otros, en muestras de agua de mar; lo anterior, con la finalidad de desarrollar nuevas tecnologías para tener un ecosistema marino más estable. Aunado a lo anterior hace públicos y comparte estos datos con instituciones gubernamentales federales dedicadas al cuidado ambiental como: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); además de otras más, el objetivo de esto es que dichas instituciones tomen sus debidas precauciones con base en los datos encontrados en las pruebas analíticas ya mencionadas [1].

El tipo de proyecto que se llevará a cabo en el IOP es de tipo experimental, con el objetivo de obtener curvas de calibración que validen las técnicas analíticas empleadas para las muestras de agua en el laboratorio, todo esto con base en los manuales procedimentales usados, una vez logrando la validación se demostrará la factibilidad de estas técnicas. Es importante mencionar que primero se realizará una prueba con las concentraciones que se encuentran estipuladas en el manual y posteriormente, se compararán con las que normalmente se obtienen en campo.

Objetivo general:

Determinar la eficiencia y operatividad del uso de la curva de calibración en técnicas de laboratorio y obtener un método alternativo de validación para las técnicas usadas en el análisis químico de las muestras de agua de mar del Instituto Oceanográfico del Pacífico.

Objetivos específicos:

- Determinar la eficiencia y operatividad del uso de la curva de calibración de la técnica de laboratorio para determinación de nitritos en muestras de agua de mar.

- Determinar la eficiencia y operatividad del uso de la curva de calibración de la técnica de laboratorio para determinación de ortofosfatos (fosfatos) en muestras de agua de mar.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

El presente proyecto brinda una validación a las técnicas analíticas empleadas en el IOP para la determinación de analitos químicos presentes en la región del Océano Pacífico, los estudios son necesarios para saber el nivel de contaminación marina que existe en México, además los datos obtenidos contribuyen para dar asesoría a instituciones dedicadas al cuidado ambiental para que estas generen planes de contingencia que ayuden a mantener en un mejor estado a la fauna y flora marina, además de cuidar a la población mexicana de que estos analitos químicos no lleguen a ellos; el proyecto no posee antecedentes en este instituto porque es la primera vez que se trabaja.

Contaminación marina

Los residuos marinos se definen como material sólido que se vierte en costas o playa por acción humana, aguas residuales, lluvias, entre otros, la presencia de estos en el mar tiene un impacto negativo debido a que dañan a los organismos marinos y, por lo tanto, a la población, además de que facilitan el transporte de contaminantes orgánicos e inorgánicos; los residuos principales son: materia orgánica, plástico, metal, vidrio y papel [2]. En la figura 1 se muestra el ciclo de vida de los residuos en un ambiente marino.

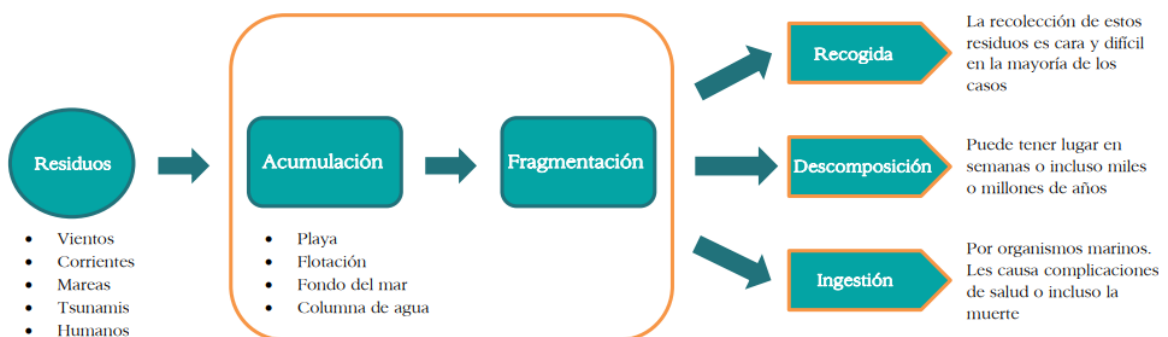


Figura 1. Ciclo de vida de residuos marinos [2].

Hay actividades que desencadenan la contaminación marina [3], algunos ejemplos de estos son:

- Derrames de petróleo
- Descargas operativas (contaminación procedente de buques)
- Emisiones de pinturas antiincrustantes (protegen la parte sumergida del barco, contienen biocidas)
- Maricultura (cosecha y manejo de organismos marinos)
- Desmantelamiento de instalaciones (yacimientos de petróleo o gas)
- Minería de fondos marinos (recuperación de minerales del fondo del mar)
- Dragado y vertido de sedimentos

La contaminación de los océanos tiene repercusiones directas negativas en el ecosistema marino, los contaminantes derivados del petróleo reducen la fotosíntesis en los microorganismos marinos productores de oxígeno, el aumento de la absorción de dióxido de carbono provoca la acidificación (daña el desarrollo de moluscos, disuelve especies que contienen calcio y son base de la red alimentaria) de los cuerpos de agua [4].

Curvas de calibración

La curva de calibración es una relación lineal entre dos variables; la independiente, que es la concentración de cierta muestra y la dependiente, que es el valor respuesta, de lo que se está midiendo, con mínimos cuadrados; esta relación se hace principalmente con el propósito de poder predecir las concentraciones de muestras que entren dentro del intervalo de datos de la curva, la proveniencia de estas muestras puede ser de diversas ramas como: farmacéutica, agricultura, alimentaria, entre otras [5].

La calidad de la realización de un método analítico depende en gran parte de la linealidad que tenga la curva de calibración; factores como la pendiente y el coeficiente de correlación son importantes a evaluar. Para tener una curva de calibración sólida y confiable el experimento se debe hacer por triplicado y se deben de tener de 6 a 8 mediciones. Cuando el coeficiente de correlación es cercano a 1 es considerado evidencia suficiente para demostrar que hay una linealidad entre los datos, pero para dar un mayor sustento estadístico se utilizan gráficas de residuales que presenten una distribución normal entre los datos [5]. En la figura

2 se puede observar el ejemplo de una curva de calibración con sus variables de concentración y de respuesta, con residuales, el cual es un parámetro estadístico.

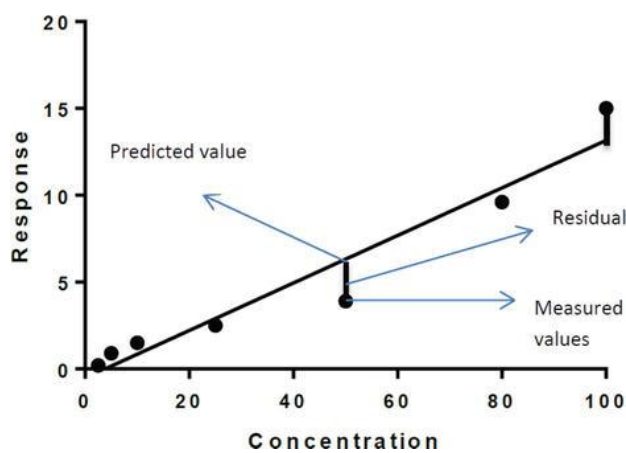


Figura 2. Modelo de curva de calibración con residuales [5].

Nitritos

Los nitritos son iones formados por nitrógeno y oxígeno (NO_2^-), forma parte del ciclo natural del nitrógeno que se puede ver en la figura 3; su presencia es mayor en cuerpos de agua debido a su solubilidad. Existen dos tipos de contaminación por compuestos nitrogenados, primeramente, es puntual, que se relaciona con las actividades industriales (vertimiento de residuos, lixiviación de vertederos) y la dispersa, que es lo que proviene de la actividad agrícola [6]; además biológicamente pueden estar presente en el agua por descomposición de materiales proteicos y acción de bacterias con el nitrógeno amoniacal [7]. Estos iones se pueden convertir en nitrosaminas al reaccionar con aminas secundarias, los cuales son agentes cancerígenos, además de provocar metahemoglobinemia (afecta al transporte de oxígeno hacia los tejidos por medio de la hemoglobina) [8].

1.2 Caracterización de la organización

Los institutos y estaciones oceanográficas del Pacífico, Golfo y Mar Caribe dependen de la Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología (DIGAOHM), los cuales tienen como objetivo realizar estudios oceanográficos, hidrográficos, meteorológicos y de protección al medio ambiente marino para apoyar operaciones navales en aguas nacionales, además de implementar políticas de explotación adecuada para los recursos marítimos en territorio mexicano [1].

DIGAOHM [11] tiene cuatro funciones principales:

- Coordinar y supervisar la ejecución de proyectos, estudios de investigación oceanográfica y biología marina.
- Determinar junto con el Estado Mayor General y unidades administrativas de la SEMAR, las investigaciones oceanográficas necesarias.
- Coordinar los cronogramas y calendarios de los cruceros y buques de investigación.
- Emitir opinión acerca de las solicitudes extranjera para la investigación científica y tecnológica en aguas del territorio nacional.

DIGAOHM [11] posee seis Direcciones de Área, las cuales son:

- Oceanografía
- Hidrografía
- Meteorología
- Centro de Alertas de Tsunamis (CAT)
- Protección al Medio Ambiente Marino (PROMAM)
- Coordinación Interinstitucional de Investigación Oceanográfica (CIIO)

El IOP depende administrativamente de la dirección de Oceanografía la cual tiene como misión determinar líneas de investigación para los estudios realizados por estaciones, institutos y buques oceanográficos, así como realizar planes para la conservación del medio ambiente y mantener el Archivo de Información Oceanográfica Nacional (AION) actualizado con el fin de contribuir a las operaciones navales. Su visión es ser una Dirección que desarrolle investigación oceanográfica apegada a los estándares científicos internacionales,

en conjuntos con instituciones de investigación nacionales y extranjeras para la conservación y desarrollo del medio ambiente marítimo [11].

Dentro del IOP se realizan estudios de contaminación marina y vertimiento de producto de dragado que realiza la subdirección de CONMAR la cual es dirigida por el subdirector y responsable de proyecto PAP, Fausto Alonso Arce Duarte, quien tiene licenciatura en Oceanología con especialidad en Oceanología química, efectuada en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC); cuenta con una especialidad académica en contaminación marina y una maestría en ecología marina con aplicación en química de estuarios por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), además cuenta con el 100% de los créditos del doctorado en Oceanografía Química por parte del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); sus investigaciones en el IOP se han basado en contaminación marina de puertos y bahías; además, en oceanografía química en la zona costera y oceánica (vertimiento de material producto de dragado).

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

Las técnicas empleadas en el laboratorio para análisis oceanográficos utilizan como técnica de validación y control de calidad, las sugerida en el A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis quién emplea el uso de factores (variable que indica la factibilidad del proceso). Donde el factor es un punto de la curva de calibración, que no indica necesariamente las características de la ecuación de la recta; en consecuencia, esto puede llegar a afectar la concentración y la interpretación de los datos del analito químico que se está midiendo [12]. El proyecto contribuirá a validar los métodos empleados en el laboratorio de Contaminación Marina del IOP, que dará una perspectiva sobre qué tan eficiente son sus procesos, además de implementar curvas de calibración para generar una mejor precisión e interpretación de los datos para un mejor diagnóstico de la problemática ambiental en los puertos mexicanos.

Cabe resaltar que no se puede hacer una comparación del proyecto actual con los anteriores, debido a que no se había realizado antes curvas de calibración en el laboratorio como métodos de validación, por lo que es algo novedoso y experimental para el instituto, por lo que la mayoría de los procesos se compara con bibliografía y manuales ya existentes del área de CONMAR.

La información obtenida del proyecto beneficiará directamente al IOP, debido a que se podrán validar las técnicas analíticas empleadas a las muestras de agua de mar y así tener una mejor calidad en sus procesos; además que esto dará a pie a que también se sugiera el uso de este tipo de validación en el otro instituto y estaciones de investigación oceanográfica pertenecientes al DIGAOHM; en el IOP se realizan reportes de los datos encontrados en los puertos mexicanos, con los que se hacen recomendaciones a otras instituciones gubernamentales federales que se encargan del cuidado al medio ambiente para que estos generen planes de contención, dando finalmente beneficios directos a la población mexicana para que no sufran las consecuencias de la contaminación generada por analitos químicos presente en el mar.

1.4. Planeación de alternativa(s)

Curva de calibración para nitritos

Para la determinación de nitratos existen varias técnicas como lo son: formación de compuestos fluorescentes con la diazotización (reacción en la que una amina primaria se convierte en una sal de diazonio), decoloración de compuesto por la reacción de nitrosación, catálisis de reacciones con nitrito, inyección de flujo, cromatografía líquida [8]. En CONMAR, se emplea la reacción de sulfanilamida con N-(1-Naftil) etilendiamina diclorhidrato que forma un compuesto diazoico que da una coloración rosada como se ve en la figura 5 debido a que es el protocolo utilizado por la institución y el objetivo es validarlo [12].



Figura 5. Reacción de sulfanilamida con N-(1-Naftil) etilendiamina diclorhidrato.

Para la generación de la curva de calibración, primeramente, se hace una solución madre con nitrato de sodio anhidrido con una concentración de $5 \mu\text{M}$, para después hacer una solución diluida ($0.05 \mu\text{M}$), a partir de esta última, se hacen diluciones de diferentes concentraciones para hacer una curva de calibración general y después se adecua a los intervalos de resultados obtenidos por el instituto, haciendo curvas sencillas, por duplicado y triplicado.

Curva de calibración para ortofosfatos (fosfatos)

Para la determinación de ortofosfatos (fosfatos) existen varias técnicas como lo son: método de cloruro estanoso, ácido vanadomolibdofosfórico [13]. En CONMAR se utilizar el método de mezcla reductora con ácido ascórbico debido a que es el protocolo utilizado por la institución y el objetivo es validarlo [12]. En la figura 6 se observa la coloración azul que da la reacción de la mezcla reductora con los iones fosfato.



Figura 6. Reacción de mezcla reductora y ácido ascórbico con iones fosfato.

Para la generación de la curva de calibración, primeramente se hace una mezcla reductora que contiene: molibdato de amonio, ácido sulfúrico, ácido ascórbico y solución de tartrato de antimonio y potasio, después se hace una solución madre con fosfato de potasio monobásico con una concentración de $6 \mu\text{M}$, para después hacer una solución diluida ($0.06 \mu\text{M}$), a partir

de esta última, se hacen diluciones de diferentes concentraciones para hacer una curva de calibración general y después se adecua a los intervalos de resultados obtenidos por el instituto, haciendo curvas sencillas, por duplicado y triplicado.

Cronograma

En la tabla 1 se muestra el cronograma de actividades planeadas para el proyecto de aplicación profesional en el IOP, con el objetivo de validar dos métodos analíticos (nitratos y ortofosfatos) por medio de curvas de calibración.

Tabla 1. Cronogramas de actividades para el Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) en IOP.

Actividades	Recursos	Tiempo (días)	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
Corrida 1. Prueba de nitritos con 5 puntos de 0.025 – 2.0 (aforado de 50 mL)	est etf	1								
Corrida 2. Prueba de nitritos con 5 puntos de 0.010 – 1.0 (aforado de 50 mL)	est etf	1								
Corrida 3. Prueba de nitritos con 7 puntos de 0.010 – 1.5 (aforado de 50 mL)	est etf	1								
Corrida 4. Prueba de nitritos con 7 puntos de 0.010 – 1.5 (aforado de 100 mL)	est etf	1								
Corrida 5. Prueba de nitritos con 7 puntos de 0.010 – 1.5 (aforado de 100 mL) por duplicado	est etf	1								
Corrida 6, 7, 8 y 9. Prueba de nitritos con 7 puntos de 0.010 – 1.5 (aforado de 100 mL) por triplicado	est etf	1								
Preparación de reactivos para pruebas de nitritos	etf blz	1								
Preparación de factor para determinar calidad de reactivos de nitritos	est etf	1								
Preparación de reactivos para pruebas de ortofosfatos	etf blz	1								

Preparación de factor para determinar calidad de reactivos de ortofosfatos	est etf	1								
Proceso de limpiado de material para corridas experimentales	etf	1								
Corrida 10. Prueba de ortofosfatos con 5 puntos de 0.03 – 2.0 (aforado de 100 mL)	est etf	1								
Corrida 11. Prueba de ortofosfatos con 7 puntos de 0.03 – 2.0 (aforado de 100 mL)	est etf	1								
Corrida 12 y 13. Prueba de ortofosfatos con 7 puntos de 0.03 – 2.0 (aforado de 100 mL) por duplicado	est etf	1								
Corrida 14, 15, 16 y 17. Prueba de ortofosfatos con 7 puntos de 0.03 – 2.0 (aforado de 100 mL) por triplicado	est etf	1								
Asesoría con director de PAP	asf	1								
Documentación de datos, gráficas y figuras recabas a lo largo del proyecto	asf	4								

En la tabla 2 se muestra las abreviaturas presentadas en la columna de recurso en la tabla 1, en la cual viene el cronograma de trabajo, esto para abreviar equipos o toma se asesorías con el director PAP.

Tabla 2. Abreviaturas y significados de los recursos del cronograma.

Recursos	
Abreviaturas	Significado
Est	Espectrofotómetro
etf	Estufa
blz	Balanza analítica
asf	Asesoría con subdirector Fausto Duarte

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

Preparación de factor para nitritos

Primeramente se prepararon los reactivos correspondientes para la técnica, los cuales fueron: sulfanilamida, N-(1-Naftil) etilendiamina diclorhidrato y nitrito de sodio anhídrido (solución estándar de 5 μM), a estos se les realizó una prueba de factor empleada por el Instituto para revisar la confiabilidad de estos, esta prueba consistió en tomar tres matraces y agregarles 2 ml de solución diluida (1:100 de la solución estándar de 0.05 μM), después se les adicionó 50 ml de agua desionizado y se mezclaron, se tomó una alícuota de 10 ml de cada matraz y se colocaron en tubos de ensayo, también se tuvieron otros 2 tubos de ensayo que solo contenían agua desionizada que eran los blancos, a los 5 se les agregó 200 μL de sulfanilamida y se agitaron, se dejaron pasar 5 minutos para después agregarles 200 μL N-(1-Naftil) etilendiamina diclorhidrato y agitarlos de nuevo, después de 10 minutos se leyeron en el espectrofotómetro Genesys 20 a 543 nm, por último se obtuvo un promedio de las tres muestras y de los blancos, empleando la ecuación 1, determinándose un valor de 18.93, cuyo intervalo del factor debe ser de 20 ± 2 , indicando que los reactivos eran confiables para trabajarlos [12].

$$F = \frac{2.00}{ABS_p - ABS_{pb}}$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular factor de nitritos.

F = factor

ABS_p = absorbancia promedio de muestras

ABS_{pb} = absorbancia promedio de blancos

Sustitución y desarrollo de ecuación 1

$$F = \frac{2.00}{(0.1057 - 0)}$$

$$F = 18.93$$

Curva de calibración para nitritos

Para la curva de calibración se prepararon diluciones a diferentes concentraciones en matraces aforados de 100 ml; primero se tomó el volumen correspondiente de la solución

diluida con pipetas volumétricas (5, 10 y 15 ml) y con micropipetas (200 y 1000 μL), para complementar el volumen requerido; una vez que se agregó ese volumen a los matraces estos se aforaron con agua desionizada, después se tomó una alícuota de 10 ml con una pipeta volumétrica de 10 ml para depositarla en tubos de ensayo, se les agregó 200 μL de sulfanilamida y se agitaron, se dejaron pasar 5 minutos para después agregarles 200 μL N-(1-Naftil) etilendiamina diclorhidrato y agitarlos de nuevo; por último, después de 10 minutos se leyeron en el espectrofotómetro Genesys 20.

Para la preparación de la primera curva se revisó el manual del IOP donde indica que el intervalo de trabajo de la técnica va de 0.01 a 5.0 μM , por lo que se trabajó con un intervalo de 0.025 a 2.0 μM con 5 estándares, dando valores de absorbancia de 0.0125 a 0.9845 y un coeficiente de correlación de 0.9989 que se puede observar en la figura 7. Además, se realizó una de curva de 0.10 a 1.0 μM (figura 8) con 5 estándares, dando valores de absorbancia de 0.004 a 0.498 y un coeficiente de 0.9999. Se efectuó una tercera curva (figura 9) de 0.01 a 1.5 μM , pero en este caso con 7 estándares, dando un coeficiente de 0.9963, estas tres curvas se realizaron con el objetivo de analizar el comportamiento de la relación entre concentración de nitritos y absorbancia en los límites inferiores y superiores, además de escoger la curva que se llevaría a duplicado y triplicado.

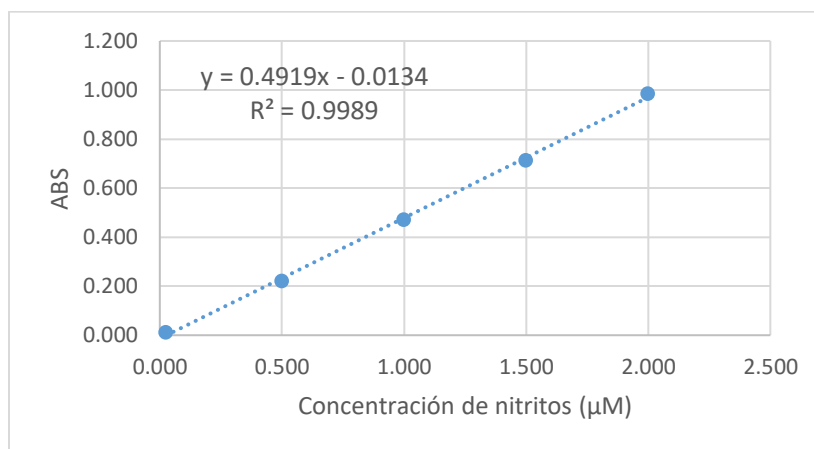


Figura 7. Comparación entre absorbancia y concentración de nitritos (0.025 – 2.0 μM), 5 estándares, sencillo.

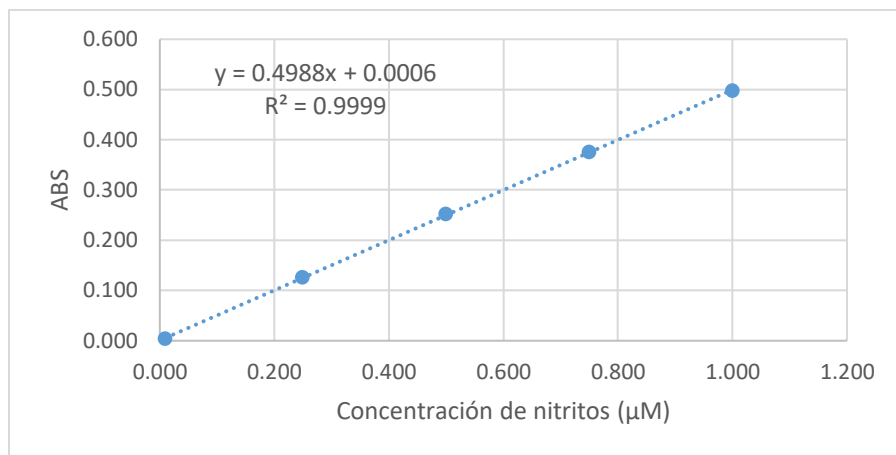


Figura 8. Comparación entre absorbancia y concentración de nitritos (0.010 – 1.0 μM), 5 estándares, sencillo.

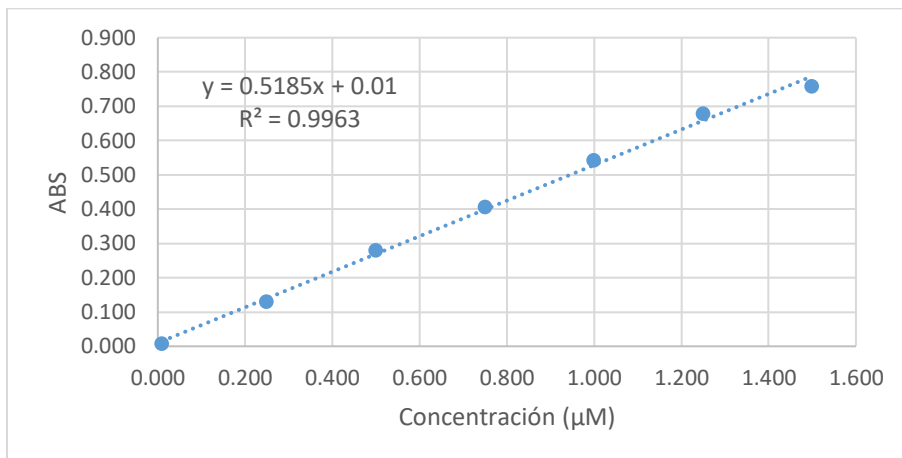


Figura 9. Comparación entre absorbancia y concentración de nitritos (0.010 – 1.5 μM), 7 estándares, sencillo.

Una vez que se habían realizado las curvas de calibración para probar límites inferiores y superiores se hizo con las características de la figura 9; ahora, con duplicado de estándares se generó la figura 10, de donde se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.9998, que tenía 7 estándares esto para dar una mayor confiabilidad a la regresión lineal y validación de la técnica, además se hizo el análisis de residuales de la figura 10, obteniéndose la figura 11. En la figura 12 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración.

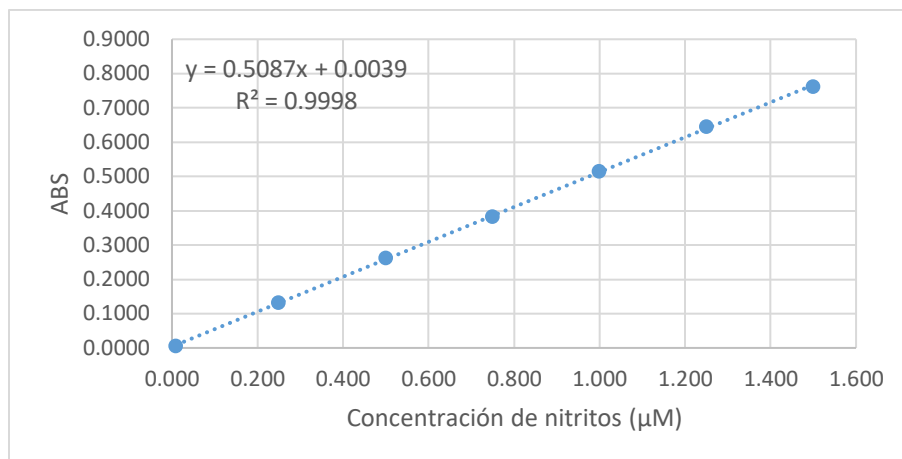


Figura 10. Comparación entre absorbancia y concentración de nitritos (0.010 – 1.5 μM), 7 estándares por duplicado.

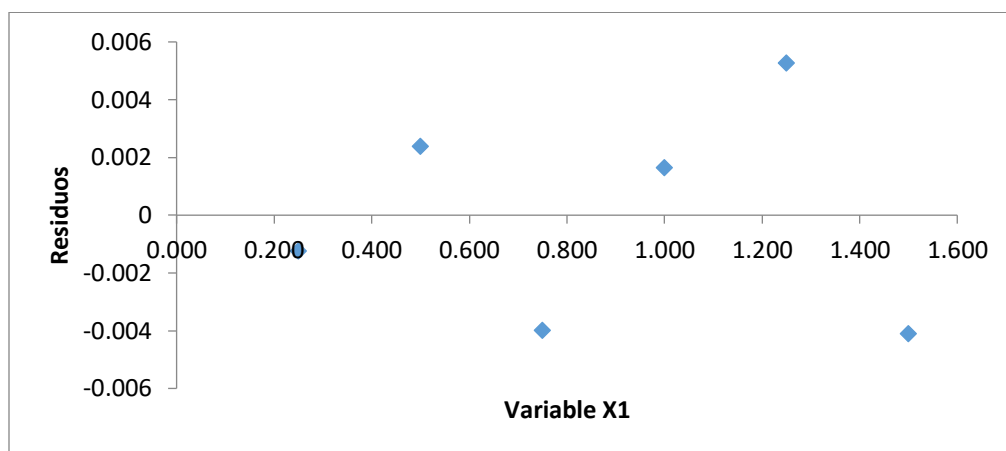


Figura 11. Residuales de comparación entre absorbancia y comparación de nitritos (0.010 – 1.5 μM), 7 estándares por duplicado.



Figura 12. Reacción final para curva de calibración de nitritos (0.010 – 1.5 μM), 7 estándares por duplicado.

Al realizar nitritos por duplicado se obtuvo una mejor regresión lineal ($R^2 = 0.9998$) que en la figura 9 ($R^2 = 0.9963$), aumentando la eficiencia de la curva de calibración en un 0.35%. Se realizó triplicado con las características de la figura 9, para verificar si se podía mejorar la linealidad. La figura 13 muestra la curva de calibración realizada por triplicado con valores de absorbancia de 0.0050 a 0.7983 con un coeficiente de correlación de 0.9999, representando este valor un mejoramiento en la regresión lineal con respecto a la curva por duplicado en un 0.01%. En la figura 14 se encuentra el análisis de residuales de la figura 13, los cuales no representan una tendencia entre los datos (indica una buena regresión lineal), además que los rangos en el eje vertical (y) demuestra que los residuales no son mayores de 0.002, lo cual también es indicador de una correcta regresión lineal. En la figura 15 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración. Además, en la tabla 3 están los datos de valores de absorbancia obtenidos para la figura 13.

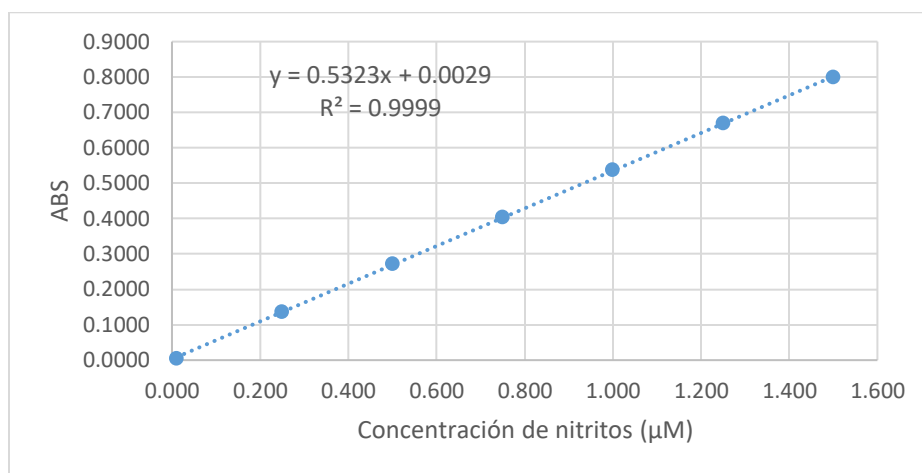


Figura 13. Comparación entre absorbancia y concentración de nitritos (0.010 – 1.5 μM), 7 estándares por triplicado.

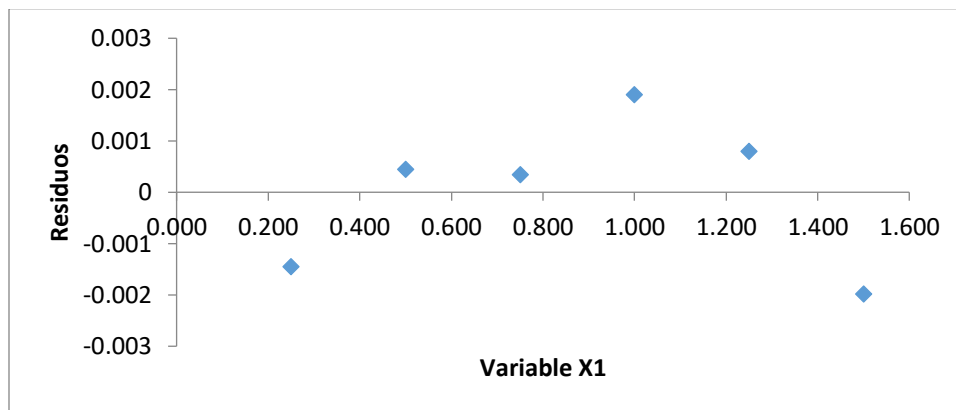


Figura 14. Residuales de comparación entre absorbancia y comparación de nitritos ($0.010 - 1.5 \mu\text{M}$), 7 estándares por triplicado.



Figura 15. Reacción final para curva de calibración de nitritos ($0.010 - 1.5 \mu\text{M}$), 7 estándares por triplicado.

Tabla 3. Datos de concentración de nitritos y lectura de absorbancia por triplicado.

Nitritos por triplicado				
Concentración (μM)	ABS 1	ABS 2	ABS 3	Promedio
0.010	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
0.250	0.1360	0.1370	0.1370	0.1367
0.500	0.2710	0.2710	0.2710	0.2710
0.750	0.4050	0.4020	0.4030	0.4033
1.000	0.5380	0.5370	0.5370	0.5373
1.250	0.6680	0.6700	0.6680	0.6687
1.500	0.7980	0.7980	0.7990	0.7983

Ya no se hicieron más corridas experimentales para la validación de la técnica de nitritos utilizada por el IOP, debido a que la curva de calibración obtenida en la gráfica 6 fue la mejor en cuanto al coeficiente de correlación y gráfica de residuales.

Preparación de factor para ortofosfatos (fosfatos)

Primeramente, se prepararon los reactivos correspondientes para la técnica, los cuales fueron: molibdato de amonio, ácido ascórbico, tartrato de potasio, ácido sulfúrico y fosfato de potasio (solución estándar de $6 \mu\text{M}$), a estos se les realizó una prueba de factor que el Instituto realiza para revisar la confiabilidad, para esta se tomaron tres matraces y se le agregó a cada uno 5

ml de solución diluida (1:100 de la solución estándar de 0.06 μM), después se adicionaron 100 ml de agua desionizada, se tomaron alícuotas de 10 ml con pipetas volumétricas de 10 ml y se colocaron en tubos de ensayo, a estos y otros dos (blancos) se les agregó 1 ml de solución reductora (1 ml de molibdato de amonio, 2.5 ml de ácido sulfúrico, 1 ml de ácido ascórbico, 0.5 ml de tartrato de potasio) y se agitaron, se dejaron pasar 10 minutos y se leyeron en el espectrofotómetro Genesys 20 a 885 nm, por último se obtuvo un promedio de las 3 muestras y de los 2 blancos, empleando la ecuación 2, determinándose un valor de 48.26, cuyo intervalo del factor debe ser 50 ± 3 , indicando que los reactivos eran confiables para trabajarlos [12].

$$F = \frac{3.00}{ABSp - ABSpb}$$

Ecuación 2. Fórmula para calcular factor de ortofosfatos (fosfatos).

F = factor

ABSp = absorbancia promedio de muestras

ABSpb = absorbancia promedio de blancos

Sustitución y desarrollo de ecuación 2

$$F = \frac{3.00}{(0.0627 - 0.005)}$$

$$F = 48.26$$

Curva de calibración para fosfatos

Para la curva de calibración se prepararon diluciones a diferentes concentraciones en matraces aforados de 100 ml; primero se tomó el volumen correspondiente de la solución diluida con pipetas volumétricas (5, 10 y 15 ml) y con micropipetas (200 y 1000 μL), para complementar el volumen requerido; una vez que se agregó ese volumen a los matraces estos se aforaron con agua desionizada, después se tomó una alícuota de 10 ml con una pipeta volumétrica de 10 ml para depositarla en tubos de ensayo, se les agregó 1 ml a cada uno de solución reductora, compuesta por: 2 ml de molibdato de amonio, 5 ml de ácido sulfúrico, 2 ml de ácido ascórbico y 1 ml de tartrato de potasio. Por último, se tomaron las lecturas en el espectrofotómetro Genesys 20, a los 10, 30, 60, 90 y 120 minutos del tiempo inicial (en el manual se encuentra especificado que es a los 10 minutos); en la experimentación se cayó en

cuenta que, conforme más concentración había en la alícuota mayor era el tiempo de la reacción, por lo que se tomaron las lecturas en los tiempos antes mencionados.

Para la preparación de la primera curva se revisó el manual del IOP donde indica que el intervalo de trabajo de la técnica va de 0.03 a 5.0 μM , por lo que se trabajó con un intervalo de 0.03 a 3.6 μM con 5 estándares sencillos, dando valores de absorbancia de 0.009 a 0.630 y un coeficiente de correlación de 0.9868 (figura 16); cabe resaltar que las mediciones más estables para este caso fueron a los 90 minutos.

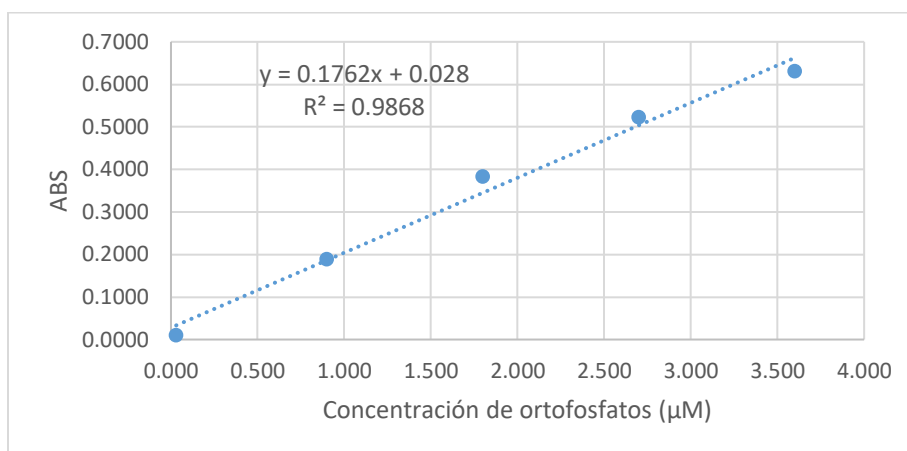


Figura 16. Comparación entre absorbancia y concentración de ortofosfatos (0.03 – 3.6 μM), 5 estándares, sencillo.

Se decidió trabajar entre las concentraciones de 0.03 a 5.10 μM , debido a que son las concentraciones por las que oscilan los valores normalmente obtenidos en el Instituto. Al realizar la curva de calibración (figura 16) se determinó que las mediciones para esta técnica no eran muy estables, por lo que se hicieron tres diferentes intervalos de concentraciones. El primero fue de 0.03 a 1.74 μM , dando como resultado la figura 17 con un coeficiente de correlación de 1; las mejores lecturas se hicieron a los 60 minutos. En la figura 18 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración.

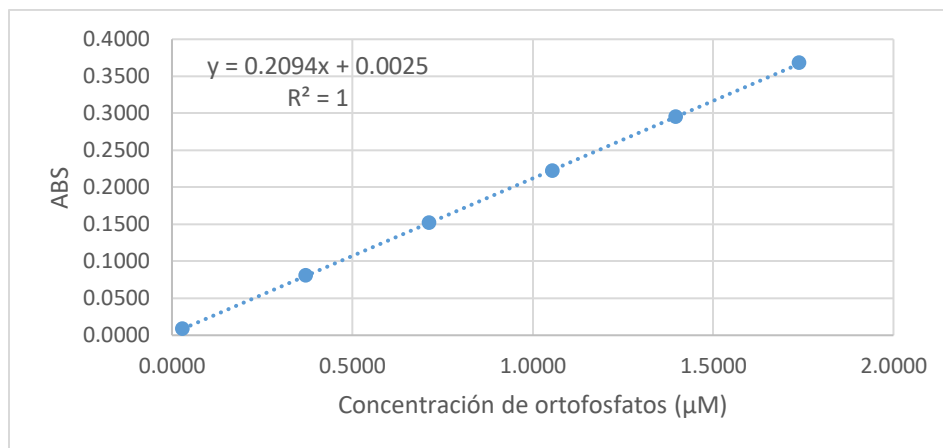


Figura 17. Comparación entre absorbancia y concentración de ortofosfatos (0.03 – 1.74 μM), 6 estándares, sencillo.



Figura 18. Reacción final para curva de calibración de ortofosfatos (0.010 – 1.5 μM), 6 estándares, sencillo.

El segundo intervalo con el cual se trabajó fue de 1.74 a 3.42 μM, dando como resultado la figura 19 con un coeficiente de correlación de 0.9863, las mejores lecturas fueron a los 90 minutos. En la figura 20 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración. La linealidad no es tan alta como en la figura 17 debido a que en el intervalo escogido hay puntos que se mantienen desde la primera lectura a los 10 minutos y hay otros que siguen aumentando debido a su alta concentración de ortofosfatos.

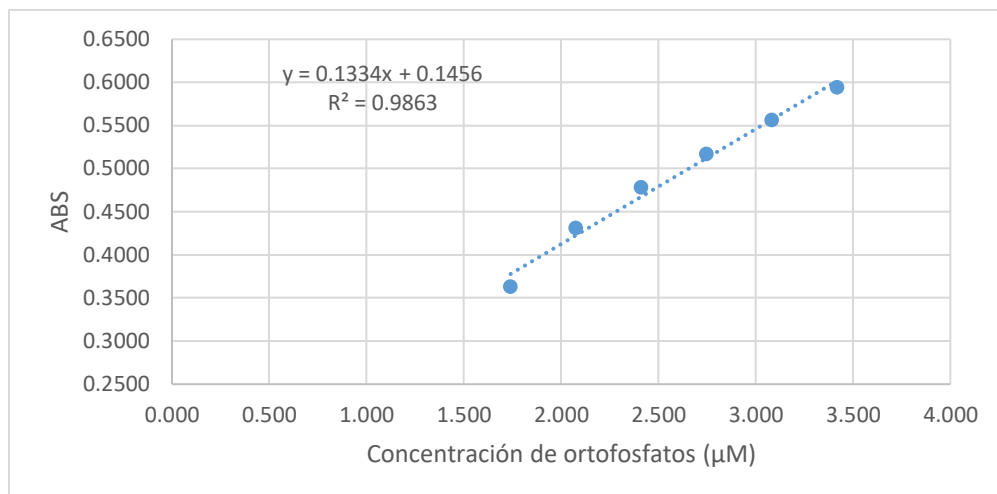
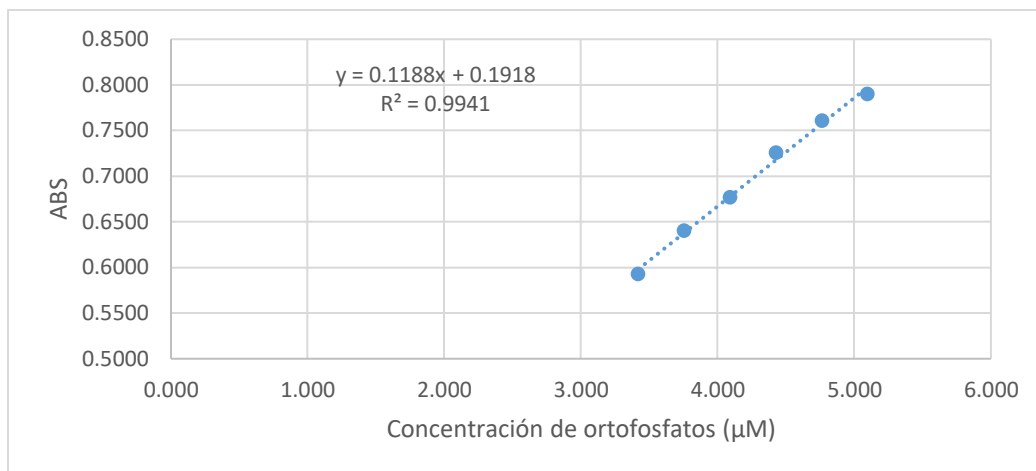


Figura 19. Comparación entre absorbancia y concentración de ortofosfatos (1.74 – 3.42 μM), 6 estándares, sencillo.



Figura 20. Reacción final para curva de calibración de ortofosfatos (1.74 – 3.42 μM), 6 estándares, sencillo.

El tercer intervalo con el cual se trabajó fue de 3.42 a 5.10 μM, dando como resultado la figura 21 con un coeficiente de correlación de 0.9941, las mejores lecturas fueron a los 120 minutos. En la figura 22 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración. La linealidad es alta como en la figura 17 debido a que en el intervalo escogido todos los puntos poseen una alta concentración de ortofosfatos, por lo que todas las lecturas en el espectrofotómetro aumentaron conforme pasó el tiempo, esto debido a que la reacción de estos iones con la solución reductora era más tardada.



Gráfica 21. Comparación entre absorbancia y concentración de ortofosfatos (3.42 – 5.10 μM), 6 estándares, sencillo.



Figura 22. Reacción final para curva de calibración de ortofosfatos (3.42 – 5.10 μM), 6 estándares, sencillo.

Al analizar las figuras 17, 19 y 21, se cayó en cuenta que la 19 era la más inestable debido a que contenía concentraciones las cuales no seguían reaccionando con el tiempo desde la primera medición (10 minutos) y concentraciones que reaccionaban constantemente hasta los 120 minutos. Por lo que se hicieron dos intervalos, el primero fue de 0.030 a 2.412 μM, en el cual no hubo variaciones con respecto al tiempo, la gráfica que se hizo para estos valores (figura 23) tuvo un coeficiente de correlación de 0.9961. En la figura 24 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración.

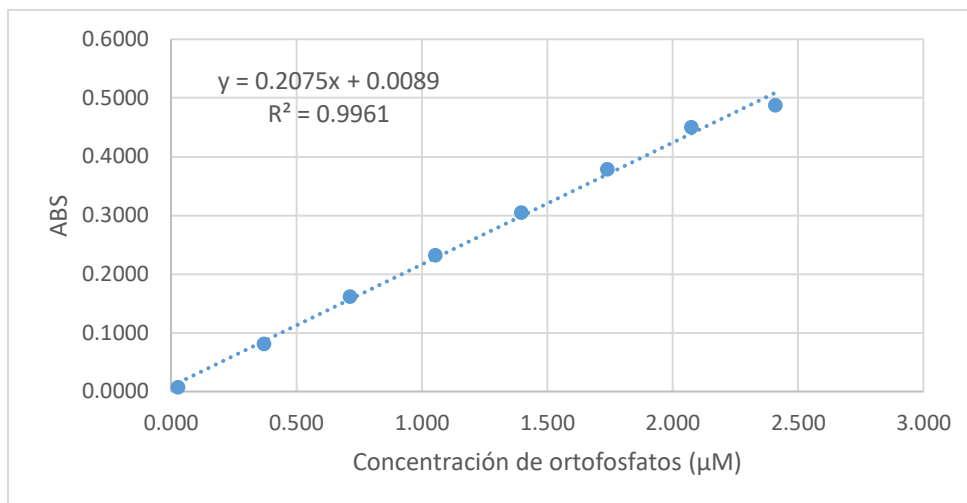


Figura 23. Comparación entre absorbancia y concentración de ortofosfatos (0.030 – 2.412 μM), 8 estándares, sencillo.



Figura 24. Reacción final para curva de calibración de ortofosfatos (0.030 – 2.412 μM), 8 estándares, sencillo.

El segundo intervalo fue de 2.412 a 5.100 μM, todas las mediciones aumentaron en sus lecturas con respecto al tiempo, de una manera uniforme, las mejores lecturas fueron obtenidas a los 120 minutos y se pueden observar en la figura 25. En la figura 26 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración.

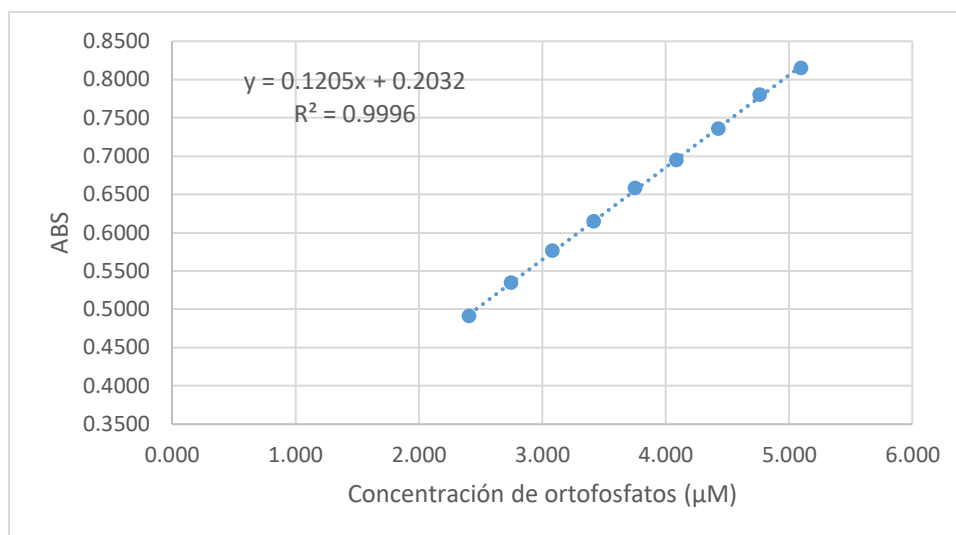
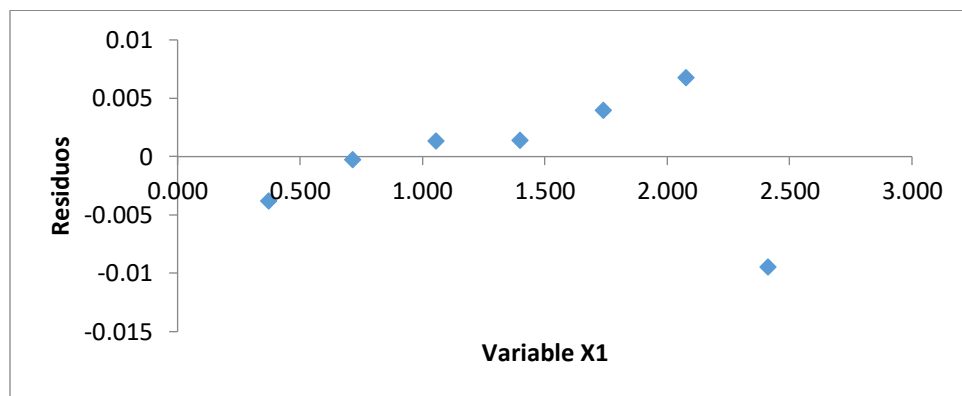
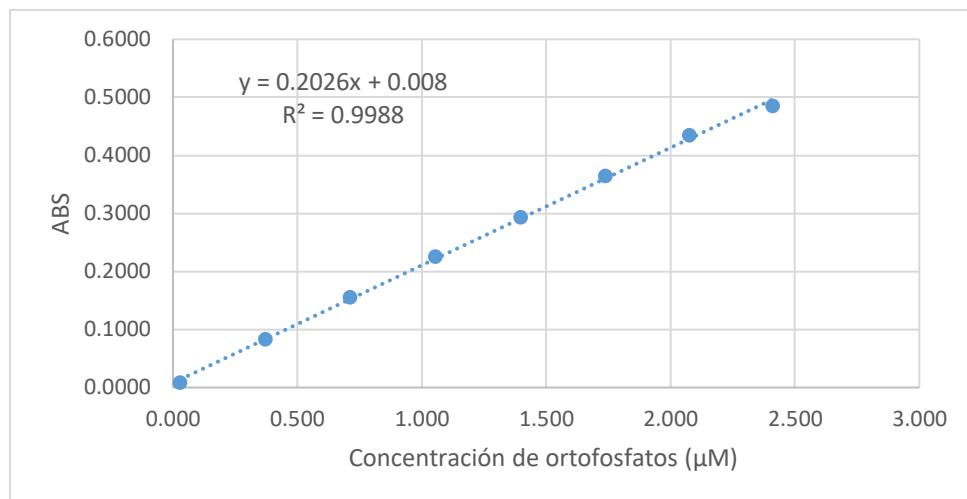


Figura 25. Comparación entre absorbancia y concentración de ortofosfatos (2.412 – 5.100 μM), 9 estándares, sencillo.



Figura 26. Reacción final para curva de calibración de ortofosfatos (2.412 – 5.100 μM), 9 estándares, sencillo.

El intervalo de concentraciones empleado para realizar la curva de calibración de la figura 23 (0.030 a 2.412 μM) se realizó por duplicado, esto para analizar si se podía obtener una mejor linealidad entre los datos, para esto se hizo la corrida experimental y se obtuvo la figura 27 con un coeficiente de correlación de 0.9988, al compararse con el de la figura 23 que fue de 0.9961, se pudo observar que hubo un mejoramiento del 0.27%. En la figura 28 se encuentra el análisis de residuales de los datos de la figura 27. En la figura 29 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración.



El intervalo de concentraciones empleado para realizar la curva de calibración de la figura 25 (2.412 a 5.100 μM) se realizó por duplicado, esto para analizar si se podía obtener una mejor linealidad entre los datos, para esto se hizo la corrida experimental y se obtuvo la figura 30 a los 120 minutos con un coeficiente de correlación de 0.9977, al compararse con el de la figura 25 que fue de 0.9996, se pudo observar que hubo un decaimiento del 0.19%. En la figura 31 se encuentra el análisis de residuales de los datos de la figura 30. En la figura 32 se puede ver la reacción final de los estándares, donde se aprecian los cambios de coloración.

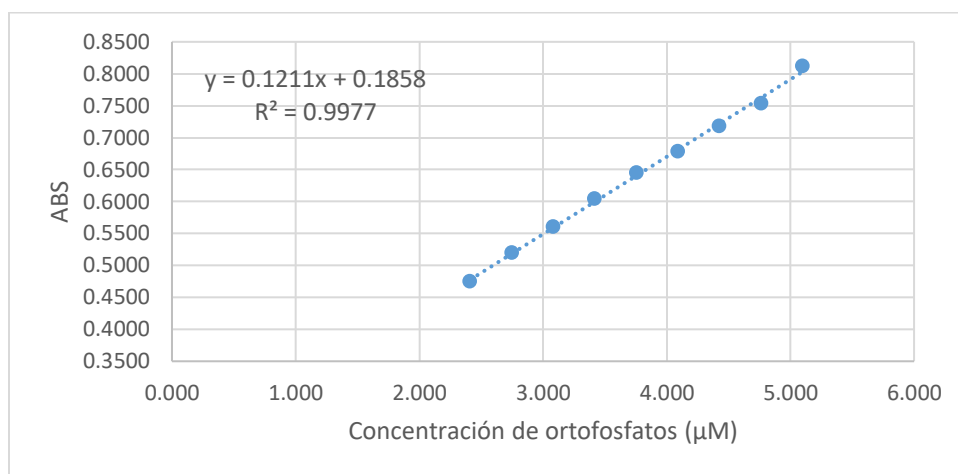


Figura 30. Comparación entre absorbancia y concentración de ortofosfatos (2.412 – 5.100 μM), 9 estándares, por duplicado.

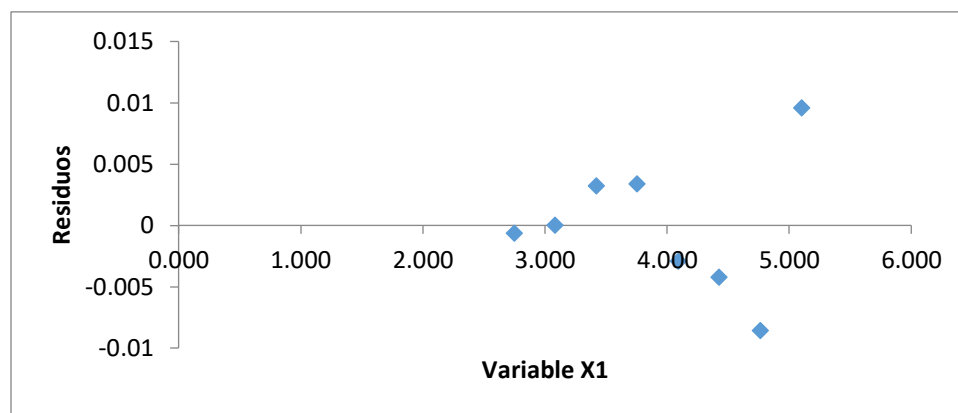


Figura 31. Residuales de comparación entre absorbancia y comparación de ortofosfatos (2.412 – 5.100 μM), 9 estándares, sencillo.

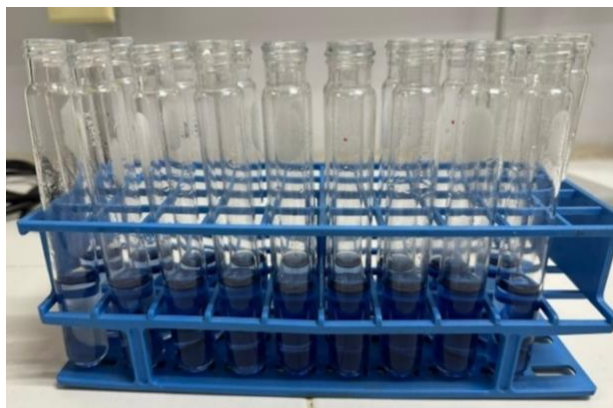


Figura 32. Reacción final para curva de calibración de ortofosfatos (2.412 – 5.100 μ M), 9 estándares, por duplicado.

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

Los resultados de la figura 13, la cual se hizo por triplicado para la técnica de nitritos mostró una linealidad entre los datos debido a que su coeficiente de correlación es de 0.9999; además, en la figura 14 se realizó el análisis de residuales de los datos graficado en la gráfica 6; donde los resultados corroboran que no existe alguna tendencia u orden, además los valores en el eje vertical hasta donde llegan los residuales, son pequeños (0 – 0.002), lo que indica que la regresión lineal es buena.

En la figura 27 se observaron los resultados para el primer intervalo de ortofosfatos el cual fue por duplicado con un coeficiente de 0.9988; en la figura 28 se muestra el análisis de residuales de los datos empleados para la figura 27; de igual manera los resultados no poseen una tendencia y sus valores en el eje vertical solo llegan hasta 0.007, lo que demuestra que la regresión lineal es correcta. En la figura 25 se presentan los datos con un coeficiente de 0.9996 para el segundo intervalo de concentraciones de ortofosfatos. Con base a los resultados anteriores la validación fue aceptable.

Se determinó que los datos estadísticos (coeficiente de correlación y residuales) obtenidos en el proceso de experimentación indicaron la realización de una buena regresión lineal, por lo que las técnicas (nitritos, ortofosfatos) empleadas en el IOP fueron validadas, con esto se puede concluir que los resultados que el Instituto comparte a otras organizaciones gubernamentales ambientales (CONAGUA, SEMARNAT, entre otras) son altamente

confiables y seguros para generar planes de prevención y mitigación para el cuidado del medio ambiente marino, terrestre, así como de la población mexicana; los analitos químicos presentes en el mar pueden representar un gran peligro en grandes cantidades, por lo que un control constante y permanente de estos parámetros es importante para tener un ecosistema estable.

Se tiene contemplada otra etapa para este proyecto, en la cual se siga trabajando con las otras técnicas analíticas que hay en el laboratorio, que son nitratos y amonio, esto para generar una validación completa de todas las técnicas empleadas para detectar analitos químicos presentes en las muestras de agua de mar que analiza el IOP.

1.7. Bibliografía y otros recursos

Bibliografía

- [1] GOB, «Gobierno de México,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/universidadnaval/articulos/establecimientos-educativos-navales?idiom=es>.
- [2] M. E. I. Cantos, «Estudio de la contaminación marina por plásticos y evaluación de contaminantes derivados de su tratamiento,» Universidad de Alicante, 2019.
- [3] V. Tornero y J. Hanke, «Contaminantes químicos que entran en el medio ambiente marino desde fuentes marinas: una revisión centrada en los mares europeos,» 2016.
- [4] P. J. Landrigan, J. J. Stegeman, L. E. Fleming, D. Allemand, D. M. Anderson y L. C. Backer, «Human Health and Ocean Pollution,» 2020.
- [5] S. M. Moosavi y S. Ghassabian, «Linearity of Calibration Curves for Analytical Methods: A Review of Criteria for Assessment of Method Reliability,» intechopen, 2018.
- [6] J. D. B. Alfaro, G. C. Castro y G. S. Araya, «Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica),» 2017.
- [7] DGN, «Análisis de agua – Determinación de nitrógenos de nitritos en aguas naturales, residuales, residuales tratadas y marinas– método de prueba.,» Dirección General de Normas, 2011.
- [8] A. Aydın, Ö. Ercan y S. Taşcıoğlu, «A novel method for the spectrophotometric determination of nitrite in water,» 2005.

- [9] DPIRD, «Department of Primary Industries and Regional Development,» Government of Western Australia, 3 noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.agric.wa.gov.au/soil-carbon/immobilisation-soil-nitrogen-heavy-stubble-loads>.
- [10] B. L. Turner y V. Raboy, «Phosphorus cycle,» Mc Graw Hill, 2019.
- [11] DIGAOHM, «Gobierno de México,» 2023. [En línea]. Available: <https://digaohm.semarnat.gob.mx/>.
- [12] T. R. Parsons, Y. Maita y C. M. Lalli, A Manual of Chemical & Biological Methods for Seawater Analysis, Elsevier, 1984.
- [13] DGN, «Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba,» Dirección General de Normas, 2001.
- [14] GOB, «Gobierno de México,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/universidadnaval/articulos/establecimientos-educativos-navales?idiom=es>.

2. Productos

Producto de nitritos

Con la información recaba en el presente PAP a lo largo de las 8 semanas se pudieron generar distintas curvas de calibración con el objetivo de ajustar una a los resultados obtenidos por el IOP, como producto final se generó un archivo de Excel, con los mejores datos obtenidos en nitritos que fue la corrida experimental por triplicado, foto de la reacción final para guía de los analistas con las muestras futuras, además de una sección automatizada que arroja resultados de concentración con solo colocar la lectura de absorbancia.

Tabla 4. Descripción de producto de nitritos entregado al IOP.

Nombre y código del PAP	4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I
Nombre del proyecto	Curva de calibración como método de validación en técnicas de laboratorio en el Instituto Oceanográfico del Pacífico, en Manzanillo, Colima
Descripción	Como producto final se generó un archivo de Excel, con los mejores datos obtenidos de la experimentación con nitritos, primeramente se colocó la tabla de la mejor corrida experimental, la cual fue por triplicado con 7 estándares y rangos de concentración de 0.01 a 1.50 μM , con un coeficiente de correlación de 0.9999, también se colocó una sección donde se despeja la ecuación de la recta para así poder obtener los valores de concentración con las lecturas obtenidas del espectrofotómetro, se hizo otra sección automatizada donde en una celda se escribe el valor de la

	lectura obtenida y en otra automáticamente da el valor de concentración de la muestra problema, por último en el archivo se puso una fotografía de la reacción final de las muestras para que sirva de guía para los analistas sobre los rangos de colores que deben tener dependiendo las concentraciones.
Autores	Ing. en Biotecnología Emmanuel Ponce Cisneros

En la figura 33 y 34 se puede observar lo descrito anteriormente acerca del producto de nitritos, son impresiones de pantalla del archivo de Excel que se entregó al IOP.

Para la prueba analítica de nitritos que emplea el IOP, se realizó una curva de calibración con 7 estándares de concentraciones desde 0.010 a 1.500 µM, esto se adaptó a las lecturas normalmente obtenidas de las muestras en el Instituto, esta curva es aplicable para verificar la confiabilidad del proceso realizado y sustituir a la prueba del factor que solo interviene en un punto de la curva.

Tabla 1. Datos de absorbancias de nitritos por triplicado (0.010 - 1.500 µM)

Concentración (µM)	ABS 1	ABS 1 corregida	ABS 2	ABS 2 corregida	ABS 3	ABS 3 corregida	Promedio
0.010	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
0.250	0.1360	0.1360	0.1370	0.1370	0.1370	0.1370	0.1367
0.500	0.2710	0.2710	0.2710	0.2710	0.2710	0.2710	0.2710
0.750	0.4050	0.4050	0.4020	0.4020	0.4030	0.4030	0.4033
1.000	0.5380	0.5380	0.5370	0.5370	0.5370	0.5370	0.5373
1.250	0.6680	0.6680	0.6700	0.6700	0.6680	0.6680	0.6687
1.500	0.7980	0.7980	0.7980	0.7980	0.7990	0.7990	0.7983



Figura 1. Reacción final de nitritos (0.010 - 1500 µM)

Figura 33. Descripción, tabla de datos y reacción final de producto de nitritos.

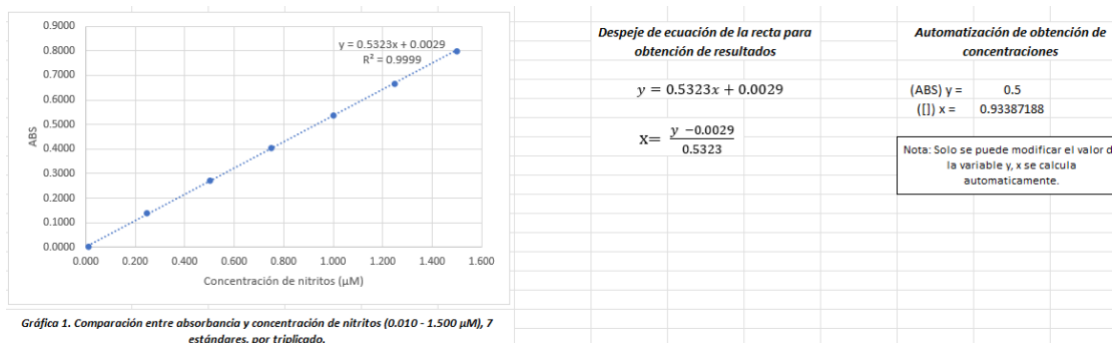


Figura 34. Gráfica, ecuación de la recta y automatización de obtención de resultados para producto de nitritos.

Producto de ortofosfatos

Con la información recaba en el presente PAP a lo largo de las 8 semanas se pudieron generar distintas curvas de calibración con el objetivo de ajustar una a los resultados obtenidos por el IOP, como producto final se generó un archivo de Excel, con los mejores datos obtenidos en ortofosfatos que fueron dos corridas experimental, debido a que se trabajó con dos intervalos de concentraciones; foto de la reacción final para guía de los analistas con las muestras futuras, además de una sección automatizada que arroja resultados de concentración con solo colocar la lectura de absorbancia.

Tabla 5. Descripción de producto de ortofosfatos (fosfatos) entregado al IOP.

Nombre y código del PAP	4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I
Nombre del proyecto	Curva de calibración como método de validación en técnicas de laboratorio en el Instituto Oceanográfico del Pacífico, en Manzanillo, Colima
Descripción	Como producto final se generó un archivo de Excel, con los mejores datos obtenidos de la experimentación con ortofosfatos, primeramente se colocó la tabla de la mejor corrida experimental para el primer intervalo, la cual fue por duplicado con 8 estándares y rangos de concentración de 0.030 a 2.412 μM , con un coeficiente de correlación de 0.9988; para el segundo intervalo (2.412 a 5.100 μM) se colocó su tabla y gráfica (sencilla con 9 estándares) con un coeficiente de 0.9998; también se colocó una sección donde se despeja la ecuación de la recta para así poder obtener los valores de concentración con las lecturas obtenidas del espectrofotómetro, se hizo otra sección automatizada donde en una celda se escribe el valor de la lectura obtenida y en otra automáticamente da el valor de concentración de la muestra problema, por último en el archivo se puso una fotografía de la reacción final de las muestras para que sirva de guía para los analistas sobre los rangos de colores que deben tener dependiendo las concentraciones.
Autores	Ing. en Biotecnología Emmanuel Ponce Cisneros

En la figura 35, 36, 37 y 38 se puede observar lo descrito anteriormente acerca del producto de ortofosfatos, son impresiones de pantalla del archivo de Excel que se entregó al IOP.

Para la prueba analítica de ortofosfatos (fosfatos) que emplea el IOP, se realizaron dos curvas de calibración debido a la inestabilidad que representaba hacer una completa de 0.03 a 5.1, por lo que se dividieron en dos intervalos, el primero fue de 0.03 a 2.412 μM con 8 estándares y el segundo fue de 2.412 a 5.100 μM con 9 estándares; ambos se se hicieron por duplicado, se escogieron esos dos intervalos debido a que las curvas se adaptaron a las lecturas normalmente obtenidas de las muestras en el Instituto, estas dos curvas son aplicables para verificar la confiabilidad del procesos realizado y sustituir a la prueba del factor que solo interviene en un punto de la curva.

Tabla 2. Datos de absorbancias de ortofosfatos por duplicado (0.030 - 2.412 μM)

Concentración (μM)	ABS 1 (120 minutos)	ABS 2 (120 minutos)	Promedio de ABS 120
0.030	0.0080	0.0080	0.0080
0.372	0.0830	0.0830	0.0830
0.714	0.1550	0.1550	0.1550
1.056	0.2250	0.2250	0.2250
1.398	0.2930	0.2940	0.2935
1.740	0.3640	0.3650	0.3645
2.076	0.4350	0.4340	0.4345
2.412	0.4850	0.4860	0.4855



Figura 2. Reacción final de ortofosfatos (0.030 - 2.412 μM) por duplicado

Figura 35. Descripción, tabla de datos y reacción final de producto de ortofosfatos (0.030 – 2.412 μM).

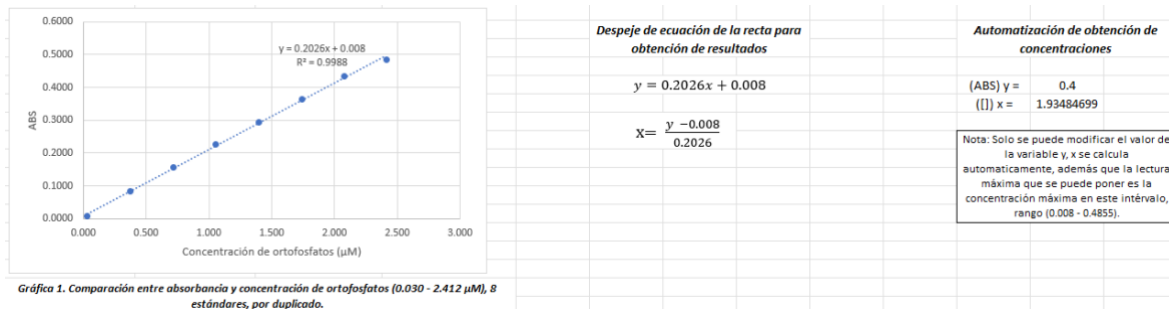


Figura 36. Gráfica, ecuación de la recta y automatización de obtención de resultados para producto de ortofosfatos (0.030 – 2.412 μ M).



Figura 37. Descripción, tabla de datos y reacción final de producto de ortofosfatos (2.412 – 5.100 μ M).

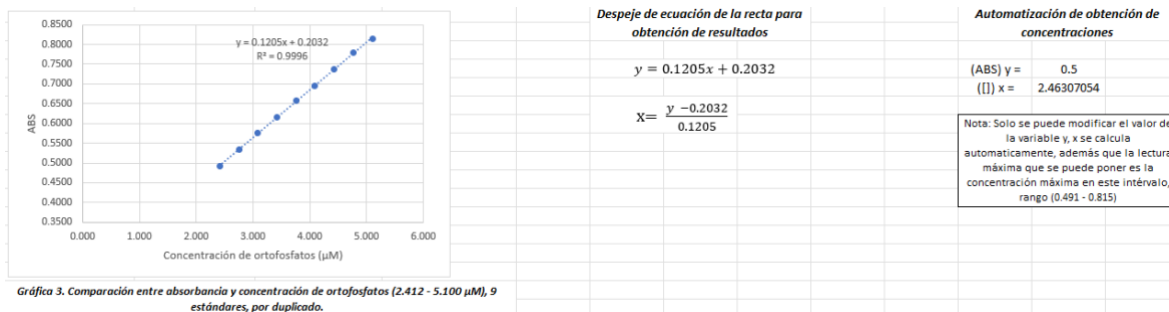


Figura 38. Gráfica, ecuación de la recta y automatización de obtención de resultados para producto de ortofosfatos (2.412 – 5.100 μ M).

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El RPAP tiene también como propósito documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

3.1 Sensibilización ante las realidades

Durante la realización del proyecto desarrollé en mi persona nuevas aptitudes, adquirí un gran sentido de responsabilidad al llevar a cabo este proceso, debido a que la resolución de

la problemática no solo dará beneficios al Instituto donde se está trabajando, sino que también se podría dar una mejor calidad de vida a la población generando planes de prevención ambiental dando como pauta la validación a las técnicas analíticas.

El principal motivo por el cual me interesé en trabajar en este proyecto fue la capacidad de desarrollo y potencial que posee, además que lo tomé como una meta personal para aprender y desarrollar nuevas habilidades en el ámbito del trabajo en laboratorio. Con mi carrera pude aportar los conocimientos necesarios para llevar a cabo el análisis de la problemática identificada y de esta manera realizar una mejor comprensión de los factores que intervienen en el proyecto, para así poder generar una mejor interpretación de los resultados obtenidos a partir de la experimentación.

3.2 Aprendizajes logrados

Al principio del PAP enfrente varios retos como adaptarme a los materiales y procedimientos de un nuevo laboratorio; ya había practicado antes la realización de curvas de calibración, pero los coeficientes de correlación que había obtenido no eran tan altos como los exigidos por el instituto, por lo que tuve perfeccionar mi técnica para generar los resultados esperados. No fue tan difícil mejorar mi trabajo en el laboratorio debido a que siempre tuve un acompañamiento, aunque poco a poco me dejaron hacer las curvas solo para ver que tanto había desarrollado mis destrezas. Las implicaciones éticas que tuve en este proyecto fue reportar mis datos tal cual los obtenía y no realizar modificaciones.

3.3 Inventario de competencias Inicial (ingreso del PAP) e Inventario de competencias Final (salida al PAP).

Tabla 6. Inventario de competencia del PAP.

	Competencia		Evidencia	Relevancia/Fortaleza	Competencias nuevas	Competencias potencializadas
Categoriza las competencias en conocimientos, habilidades y actitudes. Escribe la o las evidencias de cada competencia y su relevancia.	Conocimientos	Principios de curvas de calibración	Diseño curvas de calibración en el laboratorio (Química Analítica e Instrumental y otras materias)	Puedo proponer distintas curvas de calibración, con diferentes diluciones ya sea por duplicado, triplicado o como se necesite manejar el experimento	Elabore de la mejor manera un reporte con calidad de tesis para reportar mis resultados obtenidos con la experimentación.	Aumenté mi capacidad para elaborar reportes con una alta calidad.
		Principios de preparación de soluciones con reactivos químicos	He preparada soluciones en campana y fuera de campana en el laboratorio	Puedo hacer los cálculos para preparar soluciones a cierta concentración		
		Principios de preparación de disoluciones a partir de solución madre	He preparado disoluciones a partir de una solución madre en el laboratorio	Puedo preparar diferentes disoluciones de acuerdo con las concentraciones deseadas y hacer sus respectivos cálculos	Obtuve coeficientes de correlación es mis curvas de calibración muy altos, suficientes para validar.	Aumenté mi capacidad de realización de curvas de calibración con una mayor precisión.
		Principios de conocimiento acerca de técnicas analíticas usadas en el laboratorio	He usado técnicas analíticas para detectar analitos en el laboratorio	Puedo emplear mis conocimientos para validar técnicas analíticas (para nitritos, fosfatos, nitratos)		
		Principios de buenas prácticas de laboratorio	He empleado esos principios para hacer un buen trabajo en el laboratorio	Puedo usar las buenas prácticas de laboratorio para obtener resultados precisos al momento de trabajar en el laboratorio (hacer		

			para no tener contaminación y una mayor precisión	las curvas de calibración)		
	Habilidades	Análisis de datos obtenidos a partir de una curva de calibración	He realizado curvas de calibración y analizado sus datos	Puedo interpretar los datos de la curva para hacer ecuaciones de recta y dar conclusiones	Obtuve una mayor capacidad de análisis de situaciones de laboratorio y como solucionarlas.	Aumente mi visión en un laboratorio, desarrollando destrezas para solución de problemas en este.
		Análisis y validación de técnicas analíticas de laboratorio	He realizado análisis a técnicas analíticas del laboratorio	Puedo validar por medio de experimentación cuales son los factores que interfieren en los resultados de una técnica analítica		
		Optimización en los procesos de las técnicas analíticas de laboratorio	He optimizado procesos en el laboratorio	Puedo optimizar procesos de técnicas analíticas para mejor y hacer menos costoso el proceso	Obtuve una mayor experiencia de como trabajar con el material necesario en un laboratorio, además de como realizar una limpieza adecuada antes de realizar cualquier corrida experimental.	Aumenté mi capacidad de limpieza de material para el mejoramiento experimental.
		Análisis de normas mexicanas que establecen procesos analíticos de laboratorio con sus respectivos límites	He utilizado las normas mexicanas en el laboratorio para realizar un procedimiento	Puedo hacer uso de las normas mexicanas para adecuar un proceso (diluciones, materiales, procedimientos)		
		Adaptación de trabajo a los materiales y equipos de laboratorio	He adaptado procedimiento de acuerdo con lo que se encuentra en un laboratorio	Puedo adaptar un proceso experimental con los materiales y equipos que tenga un laboratorio, aunque no sean los adecuados		
	Actit	Facilidad de acoplamiento	Me he adaptado a	Puedo trabajar en diferentes áreas sin	Obtuve una mayor conciencia de lo que es	Aumenté mis destrezas

		para trabajo en diferentes áreas	diferentes formas de trabajo	necesidad de discusiones con el personal	el trabajo en equipo y como lograr objetivos es común.	colaborativas para trabajar en conjunto.
		Disponibilidad de trabajo multidisciplinario	He trabajado con diferentes profesionistas para un mismo objetivo	Puedo trabajar con profesionista de distintas áreas para lograr un trabajo		
		Facilidad en extensión de trabajo	He extendido mis horarios cuando un experimento requiere más tiempo	Puedo extender mis horarios de trabajo hasta que se terminen los experimentos planeados		
		Aceptación de errores y entendimiento de ellos	Entiendo mis errores y aprendo de ellos	Cuando comento errores en el área laboral aprendo de ellos y los acepto	Obtuve una visión de trabajo diferente a la que normalmente trabajo, adquirí un mayor sentido de responsabilidad.	Aumenté mis cualidades de responsabilidad ante las situaciones de trabajo.
		Discernimiento de acciones en el laboratorio	Entiendo cuales acciones son más importantes y tiene prioridad en el laboratorio	Puedo discernir acerca de los procesos en un laboratorio basándome en su importancia		

Al llegar al IOP a realizar mis PAP contaba con habilidades del laboratorio las cuales había adquirido en ITESO, pero existe una gran diferencia, trabajar en laboratorio de institución educativa a los laborales, esto debido a que no se trabaja con el mismo equipo, los procedimientos son muy distintos y las normatividades que se tienen que seguir son diferentes. Con esta experiencia aumenté mis destrezas en el laboratorio con varios intentos fallidos de por medio, pero siempre con el objetivo principal de aprender y realizar de mejor manera mis actividades, también me percate que mi sentido de responsabilidad y enfrentamiento ante las situaciones de trabajo son mejores al término de mi proyecto en el IOP. Además, que mi capacidad de análisis de situaciones fue aumentando en cada semana de trabajo, me llevo aprendizajes para aplicar tanto en mi vida profesional como personal.