



UNIVERSIDAD DEL MAR

Puerto Escondido ~ Puerto Ángel ~ Huatulco

O A X A C A

Departamento de Planeación y Estadística
Representante Institucional PRODEP
OFICIO No.010/DPE-UMAR-E/2023

Puerto Ángel, Oaxaca, 13 de junio del 2023.

Dr. Eduardo Gerardo Rosas González
Director de Fortalecimiento Institucional
Programa para el Desarrollo Profesional Docente
SES-DGESUI
Presente

En el marco del Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el tipo superior (PRODEP) y en seguimiento al Apoyo de Fortalecimiento de Cuerpos Académicos en formación 2021, otorgado al cuerpo académico con clave UMAR-CA-39 “**Interacciones de sistemas biológicos con procesos químicos y físicos en zonas costeras**”, le hago llegar el informe final del proyecto “Evaluación de la eutrofización y proliferaciones en la laguna la Pastoría: causas y consecuencias”, en atención a su oficio número 511/2023-2436-2.

A continuación, se mencionan los documentos que lo integran:

- Informe final del proyecto, firmado por la RCA y la RIP.
- Evidencia de productos comprometidos: Informe técnico, memorias en extenso, registro de tesis de licenciatura, dos servicios sociales y presentación de resultados ante las autoridades y población de Tututepec.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“MARE NOSTRUM VERITABILE FACIENDUM”

L.C.E. ADRIANA MARIBEL CASTRO GONZÁLEZ
JEFA DEL DEPTO. DE PLANEACIÓN Y ESTADÍSTICA
Y REPRESENTANTE INSTITUCIONAL ANTE EL PRODEP



C.c.p. Mtra. María de los Ángeles Peralta Arias. - Rectora de la Universidad del Mar.- Para conocimiento.
Dra. María del Rosario Enriquez Rosado. - Vice – Rectora Académica. - UMAR. - m/f.
L.C.E. José Luis Ramos Espinoza. - Vice – Rector de Administración. - UMAR. - m/f.
Dr. Edson Edinho Robles Gómez. - Director del Instituto de Industrias. - UMAR. - m/f.
Expediente

Ciudad de México a 13 de junio de 2023

Informe Académico Final del Proyecto de Fortalecimiento 2021

Clave del CA
UMAR-CA-39
Nombre del Cuerpo académico
INTERACCIONES DE SISTEMAS BIOLÓGICOS, CON PROCESOS QUÍMICOS Y FÍSICOS EN ZONAS COSTERAS
Institución
Universidad del Mar
Proyecto
Evaluación de la eutrofización y proliferaciones en la laguna la Pastoría: causas y consecuencias

Objetivo General
Ampliar el conocimiento sobre la eutrofización por fuentes antropogénicas en la laguna "La Pastoría" y su posible impacto en la salud pública y ecosistema, derivado de la presencia de proliferaciones de microorganismos.
Describe cuál es el avance en el logro del objetivo general del proyecto.
Considerando que se habían realizado en la zona estudios previos en diferentes años (2017, 2018, 2021). Los datos de nutrientes obtenidos en el presente proyecto para el año 2022, han permitido confirmar tres estados tróficos en la laguna "La Pastoría", considerando los valores de Fósforo total (PT): la parte sur del cuerpo de la laguna se catalogó como eutrófico, con valores de TSI entre 60 y 90, mientras que la parte norte, se catalogó como hipertrófico, con valores de TSI entre 91 y 100, resalta el haber identificado en zona, valores de TSI superiores a la clasificación que se ha establecido para cuerpos de agua, con valores de TSI que van de 102 a 111.
Siguiendo la tendencia de los últimos 4 años (2017 a 2021), las cianobacterias fueron los organismos dominantes (91.66%) del fitoplancton en las muestras analizadas de ambos periodos de muestreo del año 2022. De las trece estaciones evaluadas, en el mes de junio, solo dos superaron las abundancias de 100,000 org/mL, predominando en una de ellas las diatomeas y en otra las cianobacterias, para éstas últimas, la densidad celular supera el valor considerado como seguro para la salud humana según la organización mundial de la salud (WHO). Los

Programa para el desarrollo profesional docente, tipo superior

dinoflagelados predominaron en tres estaciones, dos de ellas cercanas al canal que conecta la laguna "La Pastoría" con la laguna de Chacahua, con abundancias celulares bajas (2150-24600 cel/mL). En general, los valores de abundancia celular máximos fueron dieciséis veces menores que el valor máximo encontrado entre 2017 y 2018. Estas diferencias, posiblemente se asocian a la ausencia de nitratos, los cuáles solo se detectaron en el mes de junio, en 5 de las 13 muestras, en concentraciones de 2.7 a 5.7 mg/L. Cabe resaltar que, durante el monitoreo correspondiente al mes de junio, el cuerpo de agua de la laguna se cubrió de espuma, concentrándose en la zona de presencia de nitratos. Esta condición otorga un mal aspecto a la laguna, afectando las actividades turísticas que se realizan en la zona.

La predominancia de cianobacterias en el sistema lagunar, se ha mantenido desde 2017 a pesar de los cambios drásticos en salinidad con valores que pasaron de 22 a 5 unidades. e inclusive en las relaciones de nutrientes N:P, que han pasado de 73 hasta 0.28. Sin embargo, el tipo de cianobacterias ha cambiado en el tiempo, en la proliferación de 2017 dominaron las cianobacterias unicelulares, a inicios de 2018 se anexaron las cianobacterias filamentosas, posteriormente se incluyeron a las anteriores las cianobacterias coloniales, a finales de 2018 y durante el monitoreo de 2022, dominaron las cianobacterias coloniales. Encontrándose entre estas los géneros Aphanocapsa, Eucapsis, Gloeocapsa, y Microcystis, reconocidos como productores de microcistinas, hepatotoxinas relacionadas con hepatoenteritis o cáncer de hígado, por lo que su posible acumulación y transferencia en la trama trófica, representa un riesgo tanto a la salud pública como al ecosistema.

Considerando la

¿Describa cuál fué la interacción que se tuvo entre los integrantes del cuerpo académico para lograr el objetivo general del proyecto?

La interacción entre todos los participantes y colaboradores del proyecto, permitió poder realizar las diferentes actividades, iniciando desde las actividades previas a las salidas de campo (organización de materiales y calibración de equipos), durante la toma de datos físico-químicos, recuperación de la boya de deriva y toma de muestras de agua, así como también en las actividades de laboratorio (análisis de fitoplancton y nutrientes) y finalmente en las actividades de escritorio (análisis de datos registrados en campo y análisis de datos generados en laboratorio). Además de las actividades comprometidas, se impartió el taller titulado "Explorando el maravilloso mundo microscópico", en la escuela secundaria de la Localidad de Zapotalito, Villa de Tututepec.

Objetivos Específicos

Objetivo específico:

Caracterizar las propiedades físico-químicas de la Laguna La Pastoría.

Descripción del avance:

Para cumplir con el objetivo se tomó el valor de las propiedades in situ con un YSI proDSS equipado con sensores de oxígeno disuelto, salinidad y

Programa para el desarrollo profesional docente, tipo superior

temperatura. Esta información nos permitió caracterizar la laguna antes de las lluvias (junio) y después de ellas (septiembre) y posteriormente asociar esta información para describir las condiciones en las que se encuentran los organismos.

Se obtuvo que en el mes de junio los valores promedios de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto fueron de 31.76°C, 19.19 psu y 8.72 mg/L respectivamente. La zona más caliente se registró en el punto E07, mientras que la zona de menor temperatura se registró en la estación E08. Cabe mencionar que en promedio el brazo oeste de la laguna registró temperaturas menores en comparación con el brazo este. Respecto a la salinidad superficial los valores más altos de salinidad se encontraron cerca del canal de conexión con la laguna de Chacahua, en la entrada al canal de la bocabarra y en la cabeza del brazo este. Finalmente el oxígeno disuelto tuvo un comportamiento similar que con la temperatura. Los valores más altos se registraron en las estaciones E09, E10, E11 y E07.

En relación al mes de septiembre los valores promedios de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto fueron de 29.66 °C, 3.72 psu y 3.72 mg/L respectivamente. En relación con el mes de junio, para septiembre hubo una disminución de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Para la temperatura el patrón de distribución fue similar a junio, teniendo los valores más altos alrededor de la estación E07, disminuyendo hacia el brazo oeste y aumentando hacia el brazo este. Respecto a la salinidad los valores más altos se encontraron cerca del canal de conexión con la laguna de Chacahua disminuyendo en dirección a la estación del laberinto, la menor salinidad se registró en el área de la cabeza del brazo este, desembocadura del Río Palmarito. Finalmente el oxígeno disuelto los valores más bajos se encontraron cerca del canal de conexión con la laguna de Chacahua, en la entrada al canal de la bocabarra, la zona del laberinto y en la cabeza del brazo este. El comportamiento del oxígeno disuelto con respecto a la temperatura no fue como se esperaba (mayor temperatura menor oxígeno disuelto), asociando que la concentración de oxígeno disuelto en la laguna depende de otros factores.

% AVANCE:

100

Objetivo específico:

Determinar la circulación dentro de la laguna La Pastoría en dos escenarios (lluvias y secas).

Descripción del avance:

Para cumplir con el objetivo y conocer la circulación de la Laguna La Pastoría, se utilizó una Boya de deriva Zunibal Z-Sphere, de esta firma se obtuvo los patrones lagrangianos durante 24 horas.

Podemos decir que la circulación superficial dentro de la laguna mostró para ambos meses que el agua superficial se mueve hacia el noreste, acumulando agua en el brazo Este de la laguna, esto era de esperarse ya que la mayor parte del año, los vientos provienen del suroeste

Programa para el desarrollo profesional docente, tipo superior

(Sanay-González et al, 2006). Esto nos permite explicar la razón de la acumulación de ciertos contaminantes en esas zonas (estación E05, E06).

% AVANCE:

100

Objetivo específico:

Evaluar los microorganismos formadores de proliferaciones en este sistema lagunar.

Descripción del avance:

En el presente estudio, se encontraron tres grupos algales, entre ellos las cianobacterias (grupo principal), dinoflagelados y diatomeas.

Durante el monitoreo correspondiente al mes de junio, el cuerpo de agua de la laguna se cubrió de espuma, el análisis del fitoplancton mostró que las cianobacterias coloniales fueron los organismos dominantes de las muestras, con abundancias celulares desde 4950 hasta 109400 org/mL, encontrándose especies de los géneros *Aphanocapsa* sp., *Eucapsis* sp., y *Microcystis* sp., que se caracterizan por formar colonias mucilaginosas, que al romperse podrían producir cantidades importantes de espuma. Para el mes de septiembre, se mantuvo la dominancia del grupo de cianobacterias, con registros de menor abundancia celular (1,200 a 76,500 org/mL) se anexaron las cianobacterias de los géneros *Gloeocapsa* sp. y *Dolichospermum* sp.

Este análisis permitió establecer que su área de distribución es muy amplia, concentrándose principalmente en la zona norte y sureste de la laguna. La dominancia por periodos prolongados de cianobacterias, y la existencia de reportes previos en donde son reconocidas como productoras diferentes toxinas, entre las que destacan las microcistinas (hepatotoxinas), aunado a su posible acumulación y transferencia en la trama trófica, representa un riesgo tanto para la salud pública como para el ecosistema.

En el caso de los dinoflagelados, estos se concentraron en dos zonas bien definidas, con abundancias celulares bajas (2150-24600 cel/mL).

Las especies predominantes para el mes de junio fueron *Prorocentrum minimum*, y *Alexandrium pseudogonyaulax*, el primero se ha relacionado a impactos que incluyen eventos anóxicos/hipóxicos, muerte de peces, moluscos, y vegetación acuática; mientras que *A. pseudogonyaulax*, no tiene antecedentes que la relacionen con intoxicaciones.

Finalmente, durante el monitoreo, en solo una de trece estaciones correspondiente al mes de Junio, se observó la dominancia de la diatomea *Chaetoceros* cf. *simplex*, quien alcanzó abundancias de hasta 106900 cel/mL. Éste género es reconocido como nocivo debido a que sus setas pueden dañar las branquias de peces y causar su muerte.

% AVANCE:

Programa para el desarrollo profesional docente, tipo superior

100

Actividades

Actividad:

Toma de datos hidrológicos para la determinación de la circulación de la laguna "La Pastoría"

% de avance de la actividad: 100

Descripción del avance:

Al conocer la circulación de la Laguna La Pastoría, es posible explicar de dónde proviene la contaminación y por qué se acumula en ciertos lugares de la laguna. Para cumplir con el objetivo y poder registrar la circulación superficial de la laguna La Past

Actividad:

Registrar los parámetros físico - químicos en 10 sitios de muestreo dentro de la laguna en dos épocas del año.

% de avance de la actividad: 100

Descripción del avance:

El análisis de la temperatura superficial, mostró que la temperatura promedio para el mes de junio fue de 31.76 °C, detectando la mayor temperatura (33.7 °C) en el punto E07, que corresponde a una zona somera donde se registraron profundidades menores de

Actividad:

Evaluar los microorganismos formadores de proliferaciones en este sistema lagunar.

% de avance de la actividad: 100

Descripción del avance:

Se logró identificar y cuantificar a los microorganismos presentes en ambos periodos de estudio, destacando la dominancia de diferentes géneros de cianobacterias coloniales, un grupo reducido de dinoflagelados y un solo género de diatomeas.

De las trece

Logro de compromisos y metas establecidas.

Programa para el desarrollo profesional docente, tipo superior

La adquisición de consumibles y equipo indispensable, nos permitió poder cubrir las metas a corto, mediano y largo plazo, que incluían la realización de salidas de campo, toma de datos y muestras, análisis posterior, presentación de resultados preliminares en un congreso.

El presente estudio ha permitido la formación de recursos humanos, a partir de la integración de alumnos de las licenciaturas en Oceanología y Biología Marina para la realización de su servicio social, y tesis de licenciatura (proceso).

La integración multidisciplinaria de los datos generados en este proyecto, nos ha permitido iniciar la organización de los resultados para ser publicados (proceso). En cuanto a la línea de investigación correspondiente a los Microorganismos de importancia sanitaria, el presente proyecto, ha permitido identificar y aislar microorganismos presentes en la laguna "La Pastoría", que han sido reconocidos (en otros lugares del mundo) como productores de la hepatotoxina microcistina. Su cultivo permitirá posteriormente identificarlas utilizando métodos moleculares, evaluar su potencial tóxico utilizando organismos modelo (artemia, larvas de peces y/o crustáceos).

Con respecto a la línea de investigación Autoecología de especies formadoras de Florecimientos Algales Nocivos (FAN), el cultivo de los microorganismos presentes en la laguna, nos puede permitir evaluar su fisiología fotosintética y su capacidad de producción de toxinas exponiéndolas a las principales condiciones ambientales identificadas en la laguna (Temperatura, Salinidad, N-orgánico, N-inorgánico). Los datos recabados permitirían comprender las condiciones que favorecen el crecimiento y toxicidad de estos organismos.

La línea de investigación correspondiente a la Hidrodinámica de la zona costera, permite recabar información sobre la circulación en las lagunas costeras del estado de Oaxaca que es muy escasa, en particular, para la Laguna La Pastoría existe la necesidad de tener información reciente. Actualmente las condiciones ambientales en Pastoría han estado cambiando, y han ocurrido sucesos, como la mortalidad de peces, por lo que la población ha estado ejerciendo presión sobre las autoridades, esto se ha dirigido hacia un posible proyecto sobre la apertura de la bocanarra, situación que cambiará las condiciones hidrodinámicas. Por lo que es importante tener información reciente previo a la posible apertura del suceso, que permita explicar cómo es el comportamiento actual del sistema, para contar con un antecedente. Además, la información que se generó a partir de este proyecto nos permitió explicar que la acumulación de la contaminación en ciertos puntos no se debe sólo al aporte fluvial.

Cadena de valor

Para su área de conocimiento

Descripción de avance:

Programa para el desarrollo profesional docente, tipo superior

La integración de aspectos físicos como la circulación de la laguna, nos ha permitido comprender que la acumulación de contaminantes que se habían detectado en ciertas zonas de la laguna durante muestreos de años previos, es afectada por esta variable. Mientras que la distribución de los diferentes grupos de microorganismos presentes como las cianobacterias, dinoflagelados y diatomeas, se relacionan con variables como salinidad, temperatura y disponibilidad de nutrientes. Finalmente se identificaron tres zonas de interés para el estudio de estas proliferaciones, en donde se pueden ubicar principalmente a las cianobacterias, los dinoflagelados y las diatomeas.

% AVANCE:

100

Para la región

Descripción de avance:

Los datos obtenidos en el presente estudio correspondientes al año 2022, confirman lo registrado en el año 2017, 2018 y 2021, la laguna "La Pastoría" presenta valores que corresponden a un estado eutrofizado, hipereutrofizado y zonas que superan la clasificación anterior. Por lo que las actividades a implementar deben centrarse en la aplicación de medidas con el objetivo de disminuir la acumulación de nutrientes en una Laguna que es reconocida como humedal de importancia internacional (Sitio Ramsar).

% AVANCE:

100

Para la institución

Descripción de avance:

La sinergia generada a partir de este proyecto, está permitiendo la formación de recursos humanos, difusión del conocimiento generado tanto en congresos relacionados a la temática, así como también ante las autoridades municipales y pobladores afectados, que están involucrados en la toma de decisiones encaminadas a reducir las afectaciones que presenta esta laguna.

Aunado a lo anterior, el cuerpo académico ha atendido solicitudes de dos Municipios de la costa de Oaxaca, relacionados con la mortalidad de peces y cambio de coloración en una laguna.

% AVANCE:

100

Para los otros beneficiarios

Descripción de avance:

Durante el desarrollo del presente proyecto, el cuerpo académico ha atendido la solicitud de evaluación de la mortalidad de peces en una

Programa para el desarrollo profesional docente, tipo superior

comunidad cercana a la del proyecto (Charco Lavlo), dentro del mismo municipio, y el cambio de coloración de la laguna "La Salina", ubicada en el municipio de Santa María Tonameca.

A partir de este proyecto, y considerando la problemática que se ha presentado recurrentemente en diferentes sistemas lagunares de la zona, se destaca la importancia de tener para los principales cuerpos de agua, un estudio que integre diferentes aspectos y que permita identificar las zonas que pueden designarse como puntos de monitoreo indispensables, que permiten predecir el estado en que se encuentra el cuerpo de agua, y que a partir de ello se pudiera dar atención de manera pronta a las solicitudes que se hacen por diferentes instancias (municipales y/o gubernamentales).

% AVANCE:

100

Beneficios o aportación del proyecto realizado:

Recientemente se realizó la presentación de los resultados obtenidos en el presente proyecto, ante las autoridades municipales de la Villa de Tututepec, Oaxaca, Representante del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y pobladores que viven en la localidad de Zapotalito, ubicada en las cercanías de la laguna "La Pastoría", que siguen teniendo afectaciones por eventos de este tipo. El estudio expuso la problemática en general, abordando cuales son las condiciones que favorecen el crecimiento de estos organismos (exceso de nutrientes), que origina que se acumulen en ciertas zonas (circulación), y el conjunto de los diferentes factores que han permitido la permanencia de este tipo de eventos (boca barra cerrada por periodos prolongados, poco afluente del Río Verde, periodos intermitentes de lluvias extremas con arrastre de agroquímicos). Siendo éstos últimos los más importantes a considerar para la toma de decisiones de las autoridades, en el esfuerzo para remediar la salud de este ecosistema.

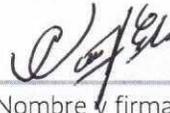
Entre los beneficios de los colaboradores y participantes del cuerpo académico, se tiene la participación de dos alumnos de licenciatura (Oceanología y Biología Marina), realizando de su servicio social y tesis de licenciatura (registro). Se está trabajando en la integración de los datos generados para ser publicados (proceso). Por el momento, la única instancia gubernamental involucrada en la presentación de los datos generados a partir de este proyecto es la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), ya que la laguna de estudio forma parte del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, y tiene reconocimiento de sitio Ramsar.

Programa para el desarrollo profesional docente, tipo superior



Nombre y firma del lider CA

Ivonne Sandra Santiago Morales



Nombre y firma del RIP

Adriana Maribel Castro Gonzalez