

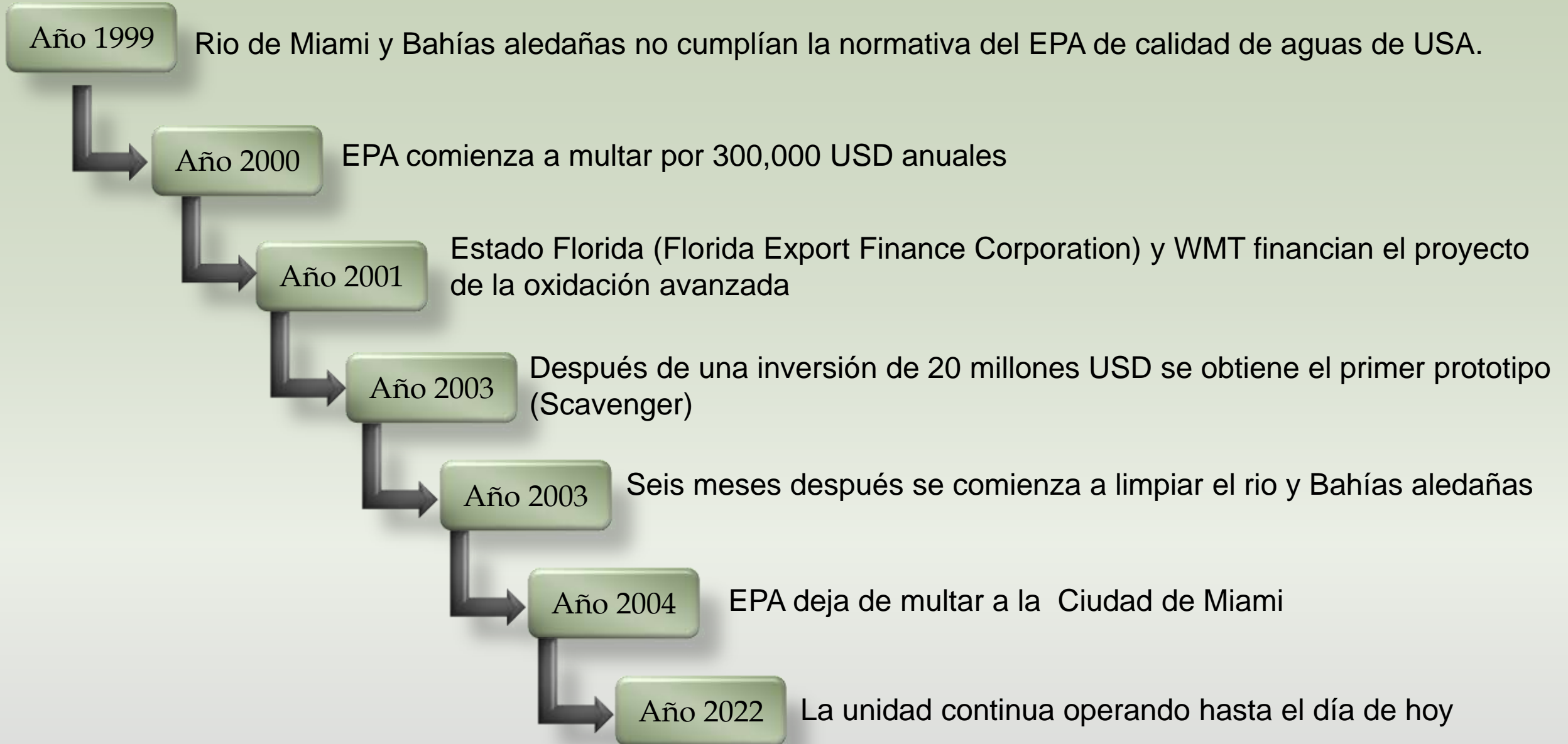
**VLIR-UOS
UMSA-Bolivia; Ugent-Bélgica
“Por una acuicultura más saludable en el Lago Titicaca”**



**USO DE LA OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA
CONSERVACIÓN DE CURSOS HÍDRICOS
CONTAMINADOS**

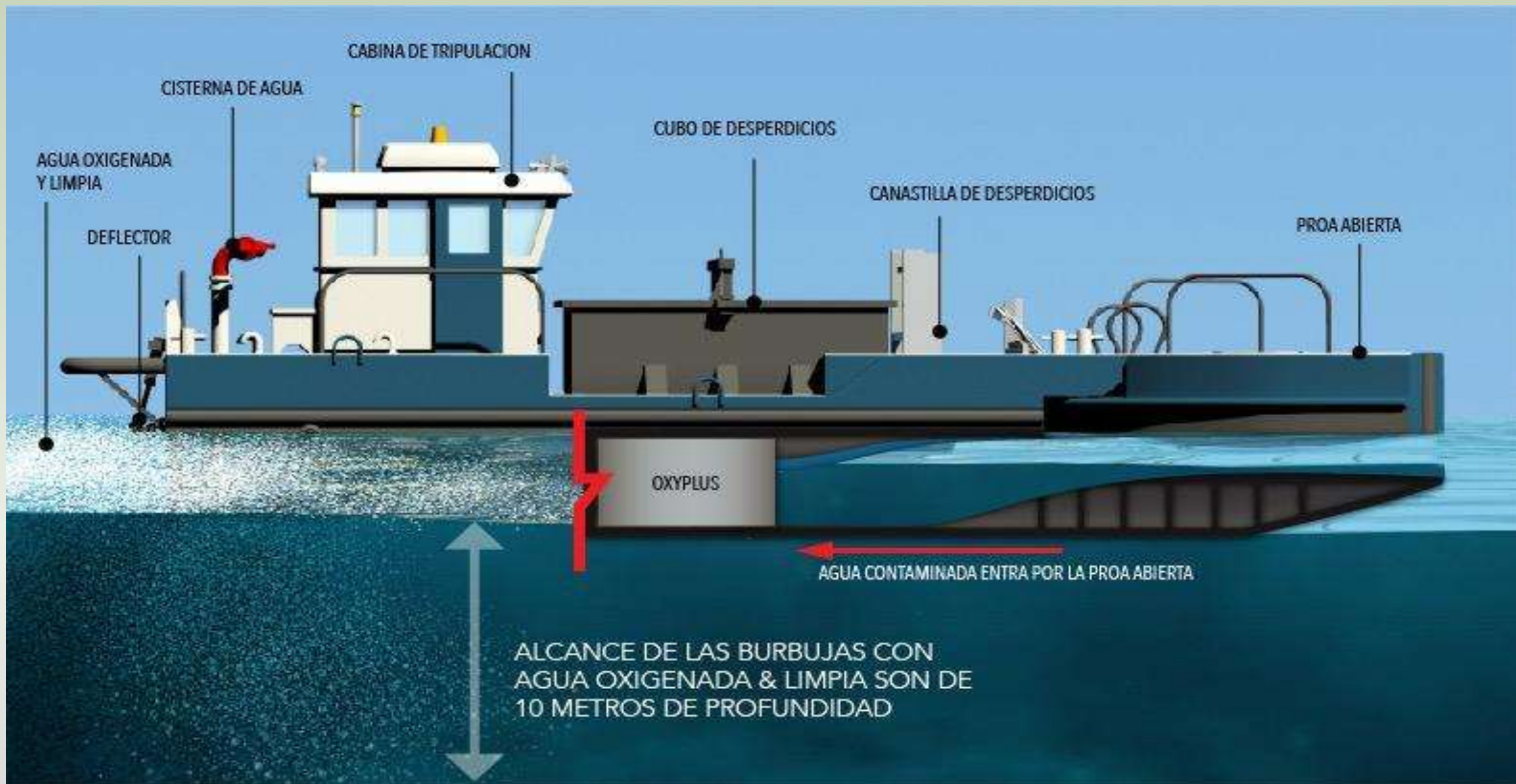


ORIGEN DEL JETLIFE



CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD JETLIFE

UNICA TECNOLOGIA DISPONIBLE EN EL MUNDO PARA TRATAR IN SITU CURSOS HIDRICOS CONTAMINADOS
RESPALDADA POR EL ESTADO DE LA FLORIDA USA



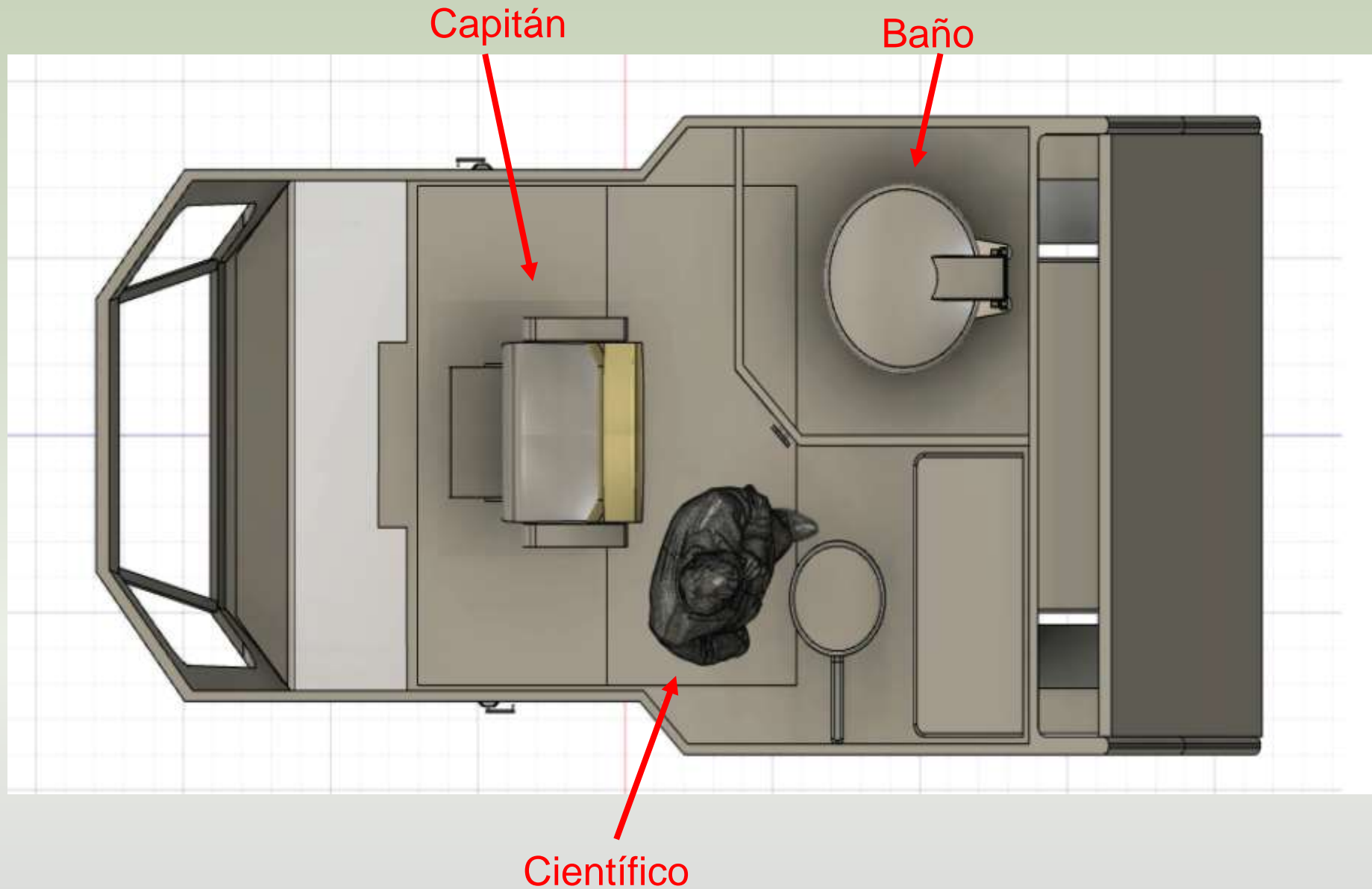
PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL ARGOS

La cabina de mando

Es adecuado no solo para operar la unidad cómodamente sino para realizar tareas de investigación sin contratiempos

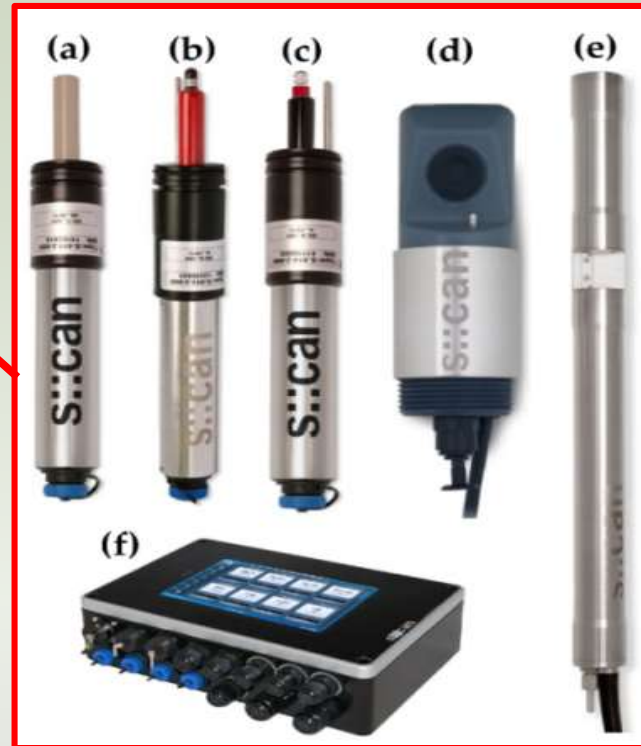


Vista superior de la cabina de mando



Monitoreo en tiempo real de 12 parámetros fisicoquímicos cada 2 minutos

Sistema S::can: Principio espectrofotometrico



Parámetros medidos:

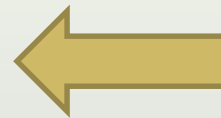
DQOeq, DBOeq y TOCeq
Turbidez
 NO_3
SST
Color
Conductividad
pH
ORP
OD
Temperatura
Clorofila-a

ADITAMENTOS ESPECIALES DEL ARGOS



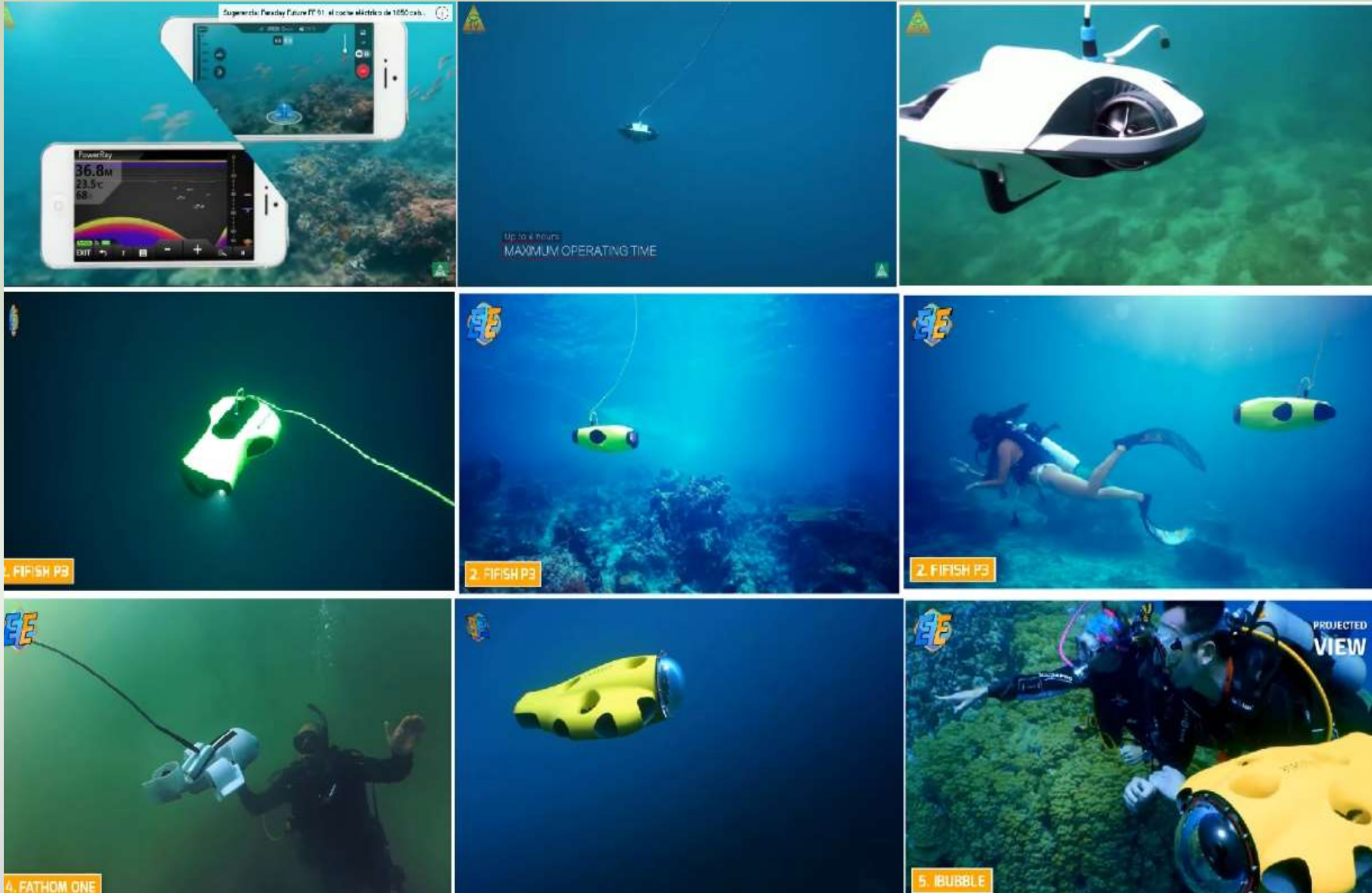
Equipado con un sistema mecánico de recogida de sedimentos. El sistema de dragado mecánico puede estar ubicado en la parte trasera del barco.

Está provisto de un sistema de recolección de muestras de agua. Este sistema se puede utilizar para aquellos sitios donde la profundidad es superior a seis metros.

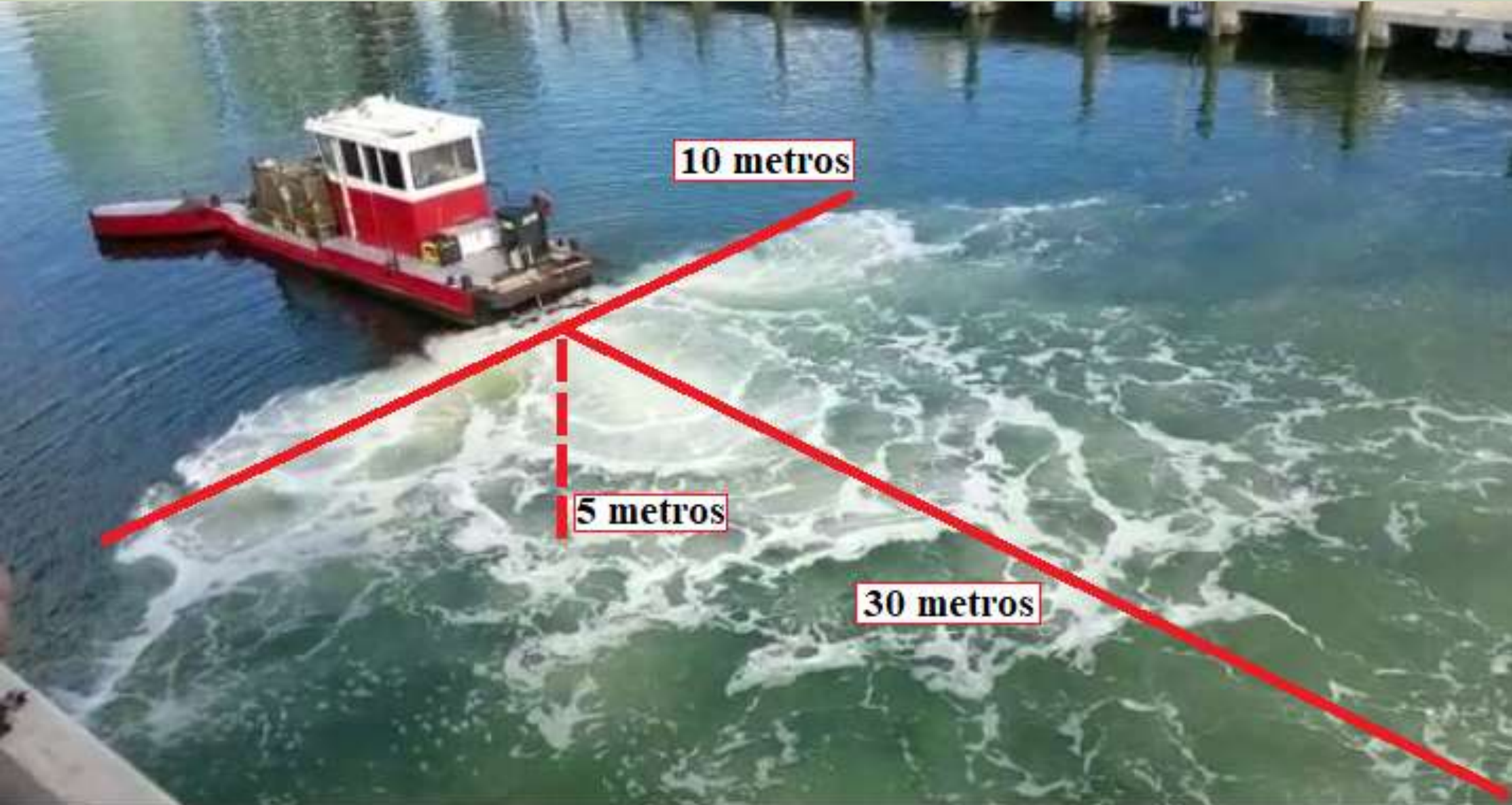


Dron marino

Incluye un dron marino para monitorear visualmente y monitorear la fauna y flora del fondo marino. Este dispositivo también es útil para identificar posibles sitios de muestreo.

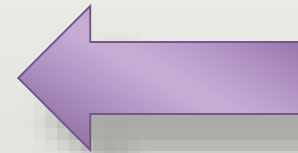


Cubo de tratamiento generado por la unidad JETLIFE (1500 m³)



LA UNIDAD JETLIFE EN PLENA OPERACION

JETIFE levantando
residuos solidos
flotantes por la parte
delantera de la
unidad



Acción desinfectante
en la parte trasera de
la unidad

JETLIFE Y ARGOS



- 120 g de O_3 por hora
- 250 Kg de O_2 por hora
- Lámparas UV
- Capacidad de recolección de residuos solidos 40 - 50 Ton/día
- Caudal de tratamiento de 100,000 m³ por hora



EJEMPLO DE RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS EFECTUADO POR LA UNIDAD JETLIFE



EL MATERIAL ES ATRAIDO POR EL JETLIFE



COSTAS LIMPIAS GRACIAS AL CAÑÓN DE AGUAS DE LA UNIDAD DE DESCONTAMINACION JETLIFE

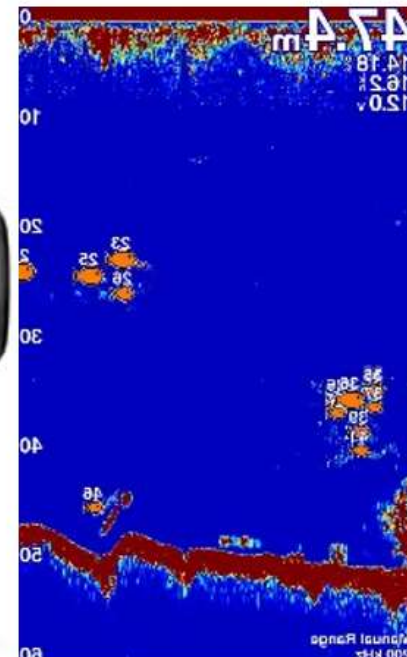
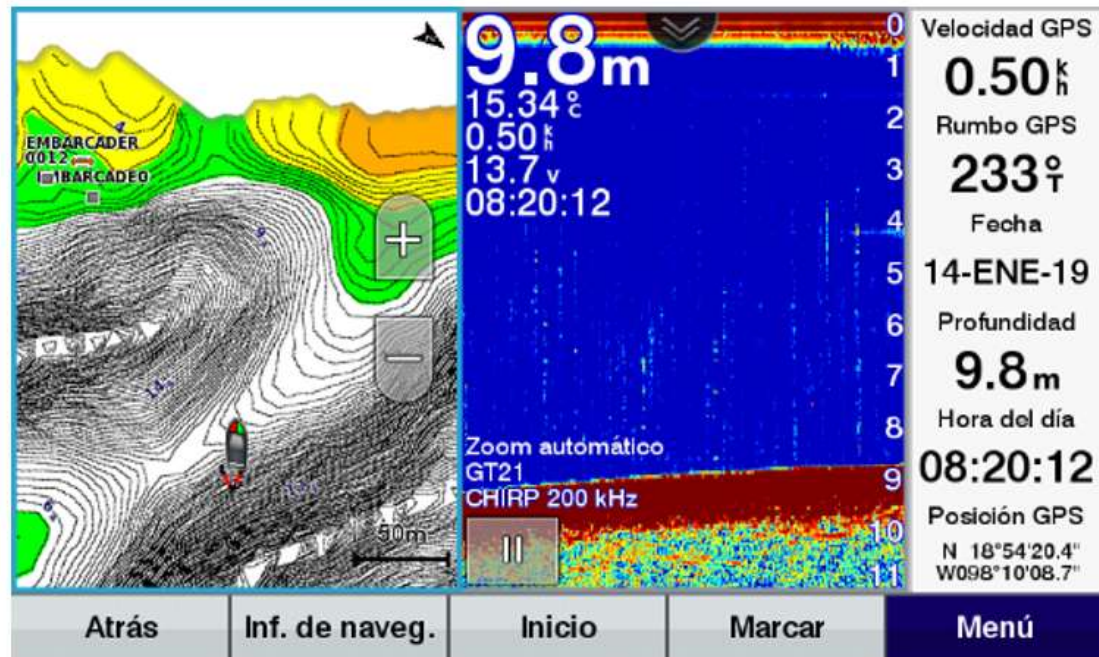


DE FACIL TRANSPORTACIÓN



Sistema de posicionamiento global con ecosonda integrada

- Se pueden construir mapas batimétricos de alta precisión (Isolneas cada 30 cm)
- Este sistema no interfiere con las operaciones diarias del JETLIFE
- Se pueden descargar cartografías previamente realizadas en el cuerpo de agua
- Se pueden programar alarmas de profundidad para prevenir el encallamiento de la unidad
- Se pueden programar rutas de navegación
- Se pueden detectar cardumenes de peces a diferentes profundidades



DISTINTOS PROYECTOS DE RECUPERACIÓN DE CUERPOS DE AGUA EN EL MUNDO CON LA TECNOLOGÍA JETLIFE

Río Miami, Florida



Laguna de Tiscapa, Nicaragua



Puerto de Lagos, Nigeria



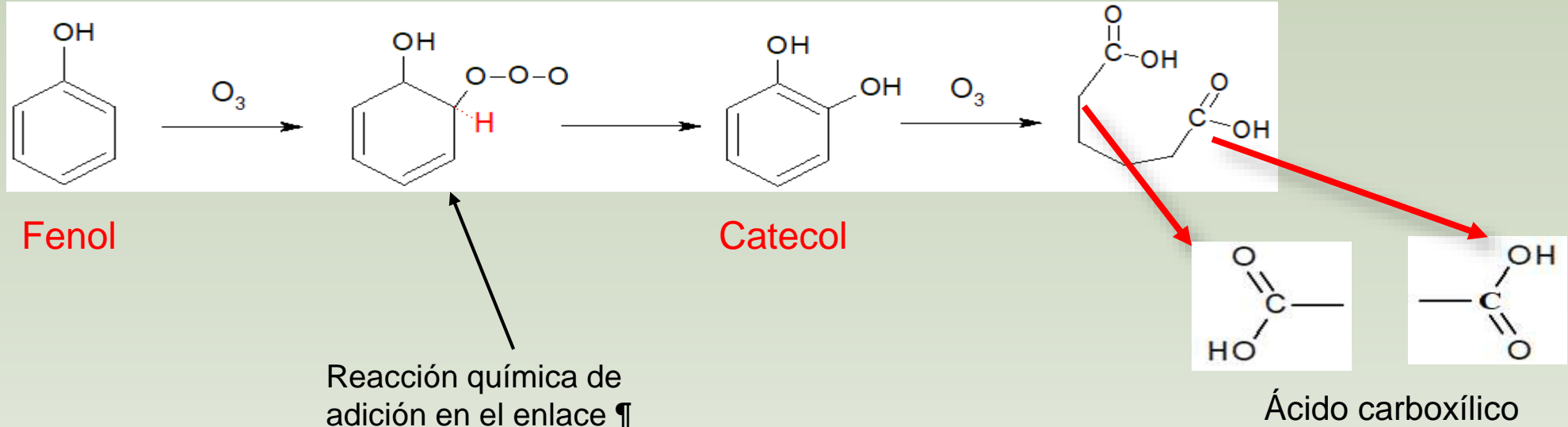
Presa Valsequillo, México



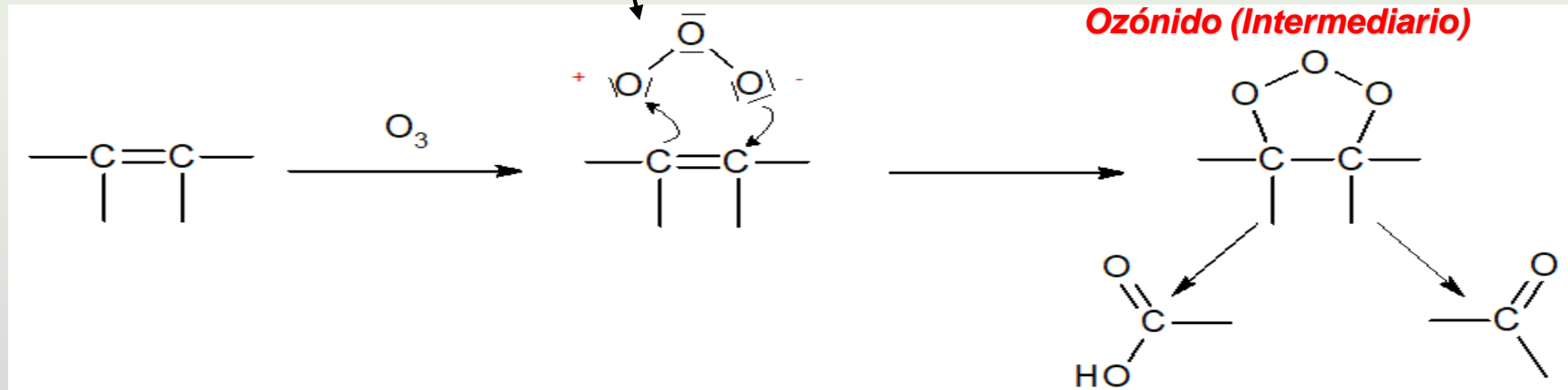
**EFEECTO DE LA
OXIDACIÓN AVANZADA
SOBRE CADA TIPO DE
CONTAMINANTE**

EFFECTO DEL OZONO SOBRE LOS DISTINTOS COMPUESTOS ORGÁNICOS

AROMATICOS



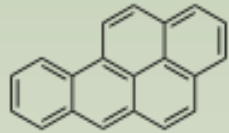
ALIFATICOS



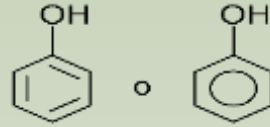
ESTRUCTURA QUIMICA DE LOS COMPUESTOS ORGANICOS CONTAMINANTES

HAPs

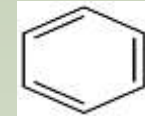
Benzo[a]piren



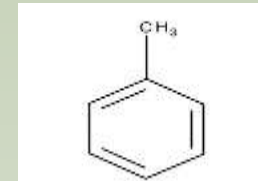
Total phenols



Benzene

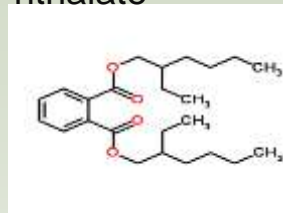


Toluene

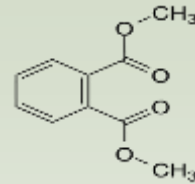


Plastificantes

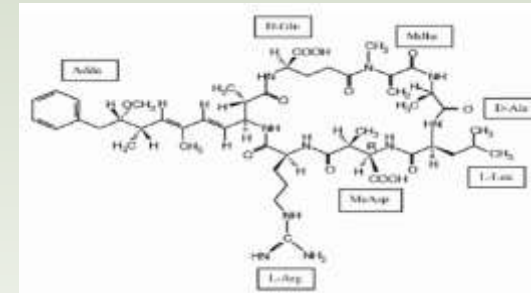
Bis-2- (Etylhexyl) Phthalate



Dimethylphthalate

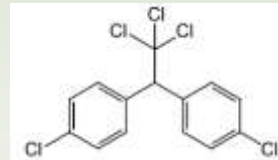


Microcystina-LR

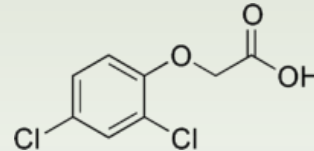


Insecticidas y herbicidas

DDT

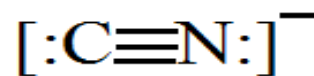


2,4 D



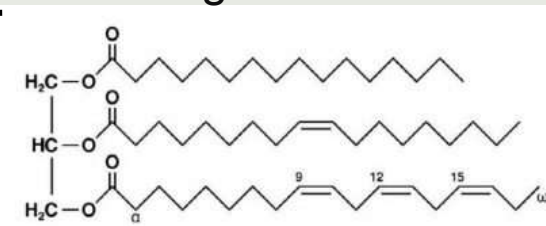
Compuestos inorganicos

Cyanides



Grasas y aceites

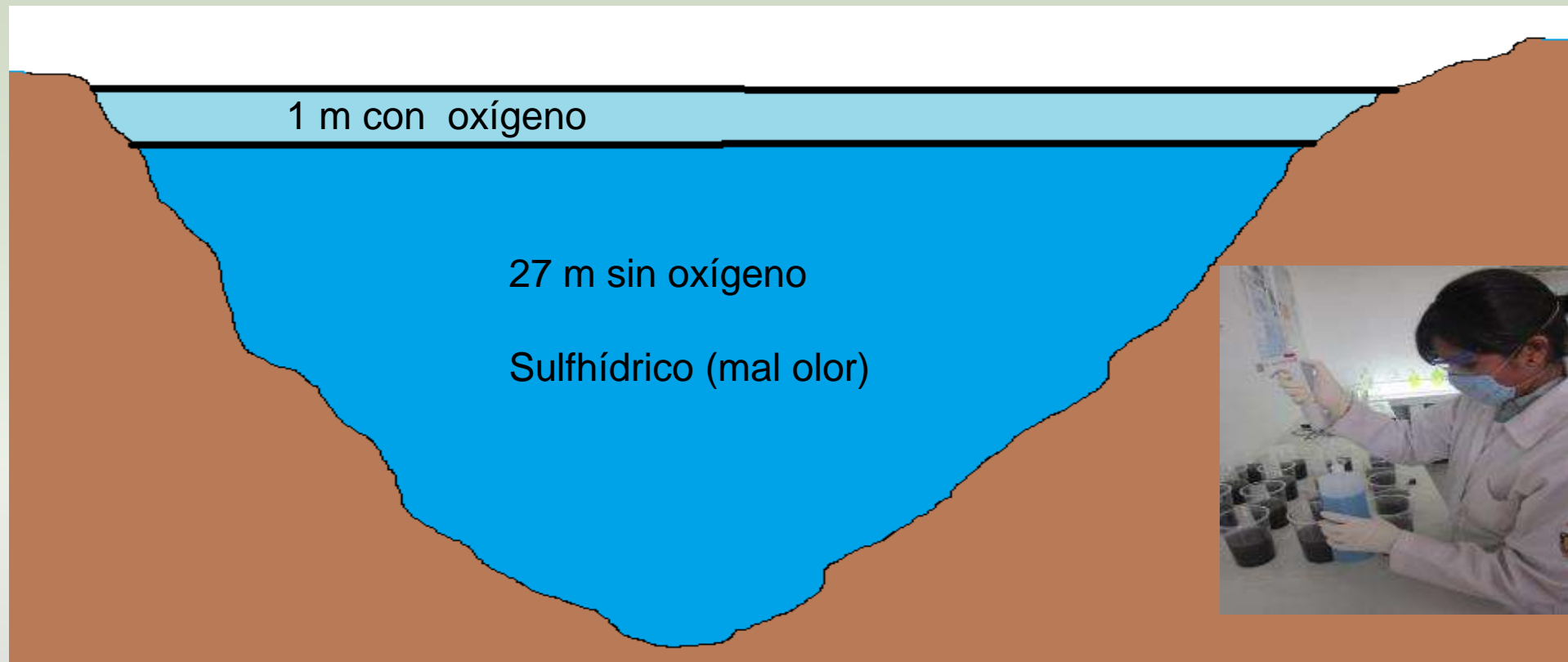
Trigliceridos



**EXPERIENCIAS EN LA
RECUPERACIÓN DE
DISTINTOS CUERPOS DE
AGUA DEL MUNDO**



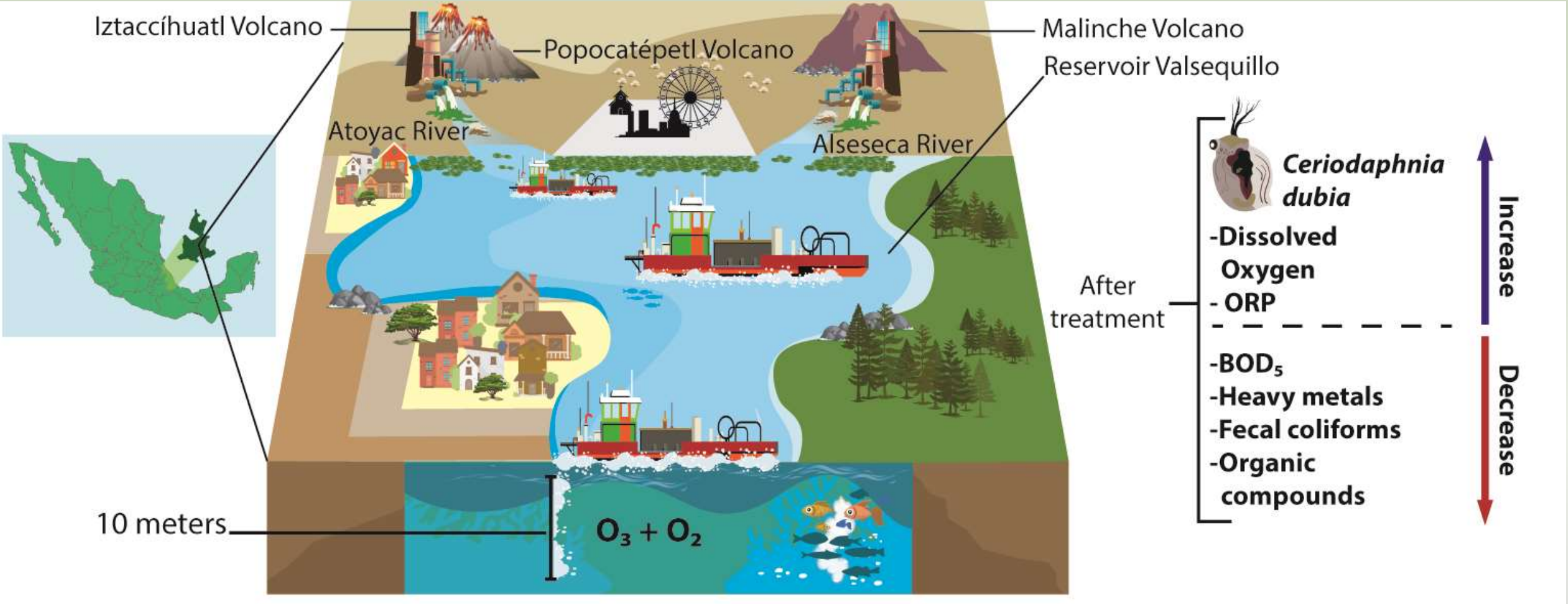
Antes del tratamiento



Después del tratamiento



Implementación de la tecnología a nivel macrocosmos para la **validación** del modelo matemático.



**Parámetros (físicoquímicos, compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos)
medidos durante el tratamiento en diferentes momentos.**

Parámetros físicoquímicos			
Parámetro	Antes del tratamiento, n=7	Después del tratamiento n= 7	% de Remoción
Fecal Coliforms	3107.14 ± 3752.14	156 ± 105	95.0
NO_2^-	6.64 ± 5.72	0.05 ± 8e -18	99.2
Color real	65.7 ± 15.11	33.33 ± 5.77*	49.3
NH_4^+	11.58 ± 1.522	1.85 ± 0.184*	84.0
PO_4^-	15.6 ± 6.0	9.6 ± 5.9*	38.5
Compuestos Orgánicos			
HAP's	10.32 ± 5.94	0.0524 ± 0.0401	99.5
Fenantreno (PAH's)	0.723 ± 0.00095	0.00664 ± 0.0086	99.1
Antraceno (PAH's)	2.763 ± 0.0011	0.0482 ± 0.085	98.3
benzo(a)antraceno (residuo de la combustión incompleta de materia orgánica, cancerígeno)	0.0592 ± 0.0279	0.021 ± 0.024	64.5
Naftaleno (Manufactura de plásticos de cloruro de polivinilo (PVC))	1.4957 ± 0.046	0.0568 ± 0.06	96.2
Atrazina (Herbicida)	1.8329 ± 1.23	0.222 ± 0.303	87.9
Toxafeno (Insecticida)	3.94 ± 1.79	0.0306 ± 0.029	99.2
Color indigo (Colorante)	2.133 ± 1.079	0.1431 ± 0.1305	93.3
Alquilofenoles (Herbicidas)	2.89 ± 0.6181	0.3446 ± 0.5305	88.1
Mordientes de alquilfenol (Colorantes)	4.5489 ± 2.99	0.3289 ± 0.131	92.8
Pireno (hidrocarburo aromático policíclico (HAP))	0.3526 ± 0.3044	0.0233 ± 0.028*	93.4
Organo-estañados (Industria textil)	3.29 ± 0.0131	0.0139 ± 0.0172*	99.6
Urea (Desechos de mamíferos)	4.0292 ± 1.64	0.0228 ± 0.022*	99.4
PCB's (Industria metal metálica y agrícola)	0.0494 ± 0.043 ⁺	0.032 ± 0.036*	35.2
Dieldrina (plaguicida)	0.0615 ± 0.075 ⁺	0*	100.0

Metales Pesados			
Parámetro	Antes del tratamiento, n=7	Despues del tratamiento n= 7	% de Remoción
Si	29966.66 ± 3003.88	24266.6 ± 230.9	19.0
Al	40642.85 ± 32629	14250 ± 3304.03	64.9
Fe	108.42 ± 19.19	73.33 ± 5.77	32.4
Mg	20000 ± 264.57	18733.33 ± 57.7	6.3
As	7.1 ± 3.617	3.05 ± 0.0871	57.0
Hg	0.3714 ± 0.16	0.275 ± 0.15	26.0
Cr	2.95 ± 2.05	1.925 ± 2.05	34.7
Cu	1.72 ± 1.17	0.675 ± 0.2362	60.8
Ni	7.82 ± 2.77	5.25 ± 3.168	32.9
Co	0.80 ± 0.068	0.591 ± 0.019	26.1
Pb	2.39 ± 2.45	1.295 ± 2.47	45.8
Zn	60.58 ± 91.72	8.725 ± 4.12	85.6
Cd	0.0133 ± 0.0057	0.010 ± 0	24.8
V	4.8 ± 0.1	3.233 ± 0.057	32.6
Mn	339.6 ± 42.31	273.33 ± 3.05	19.5
Mo	0.333 ± 0.152	0.2 ± 3.3993E-19	39.9
B	390.3 ± 8	313.66 ± 1.154	19.6
Ga	0.04 ± 0.011	0.0133 ± 0.00577	66.8
Ge	0.1 ± 0.01	0.08666 ± 0.00577	13.3
Tl	0.0023 ± 0.000577	0.001 ± 0	56.5

**CONSTRUCCIÓN DEL MODELO
MATEMÁTICO OXILIFE PARA
DETERMINAR LA DOSIS DE
OXÍGENO Y OZONO PARA LA
RECUPERACIÓN DE UN LAGO
CONTAMINADO**

CALCULO DEL LA DEMANDA DE OXÍGENO PARA LA REMOCIÓN DE DBO

Name of the project:	Puno	Calculated by:	J.T.H.
Locarion of the project:	Bahía In de Puno	Date:	10/08/2022

Project #	1
# water bodies:	1

Actual oxygen demand rate (AOR)

$$AOR = Q \left\{ A(S_0 - S) + B(P_{x,bio_H}) + C(N_{x,I} - N_{x,E}) + D(P_{x,bio_N}) \right\}$$

Standard oxygen demand rate (SOR)

$$SOR = AOR \left[\frac{C_{s,20}}{\alpha(\beta C_{s,TH} - C_L)} \right] (\theta^{20-T})^F$$

Fixed-variables		
Variables	value	units
A	1.01	g O ₂ /g substrate
B	1.42	g O ₂ /g biomass
C	4.57	g O ₂ /g substrate
D	1.42	g O ₂ /g substrate
Y ⁺	0.42	g bio/g DBO
Y _N ^a	0.280	g bio/g N remo

Variables to calculate				
Equation	P _{x,bio}	Value	units	
$P_{x,bio} = Y(S_0 - S)$	Heterog.	4.2	g bio/m ³	
$P_{x,bio} = Y_N(N_{x,I} - N_{x,E})$	Nitrificante	1.40	g bio/m ³	
AOR	valor	unidades		
	6,544,320	g/d		
	6,544.3	kg/d		
	272.7	kg/h		

Non-fixed variables		
Variables	value	units
Q	160,000	m ³ /d
DBO	15	g/m ³
DBO ₀	5	g/m ³
N _{x,I}	7.0	g/m ³
N _{x,E}	2	g/m ³

1.9 m ³ /s		92,640,000 metros cub
66.7 %	Fixed variables	
71.4 %	Non-fixed variables	

Fixed-variables		
Variables	value	units
AOR	6,544,320	kg/d
θ	1.06	-

Non-fixed variables		
Variables	value	units
C _L	1	g/m ³
C _{s,20}	9.08	g/m ³
α	1.2	-
β	0.9	-
masl	3800	m
depth	5	m
O _t	95	%
T	15	C
f	5	%

Variables to calculate		
Equation	value	units
$F_a = -0.0001(msnm) + 1$	0.62	m
$C_{s,TH} = (C_{s,20})(F_a)$	5.63	g/m ³
$P_a = 76(Prof \ de \ inyec) + 760$	1140	mm Hg
$C_{s,TH} = C_{s,TH} \frac{1}{2} \left[\left(\frac{P_a}{P_{atm}} \right) + \left(\frac{O_2}{100\%} \right) \right]$	6.9	g/m ³
$F = (f + 100)/100$	1.05	-

SOR	value	units
	13,363,823	g/d
	13,363.82	kg/d
	557	kg/h O₂

Ozone Demand Experimental Rate

Variables	value	units
COD ₀	30	g/m ³
nbCOD ₀	15	g/m ³
nbCOD	5	g/m ³
Z	0.00103	gO ₃ /gCOD

DO ₃ (DQO)	
value	units
1,654	gO ₃ /d
68.9	gO₃/h

MO no-biod (inlet)

MO no-biod (exit)

COD reduction		
	value	units
Biodegra	10	mg/L
No-biodegr	10	mg/L
TOTAL	20	mg/L

final COD	
Valor	unidad
10	mg/L

0.67 %

Phosphorus removal

Variable	value	units
X'	0.2	gP/gBioma

Final concentration		
Phosph (P _E)	value	units
	1.88000	g/m ³
		37.33

Phosphorus removal	
Variable	units
P _t	3 g/m ³
TOTAL	179,200 g/d

N:P rate		
	value	units
initial	2.33	g/m ³
Final	1.06	g/m ³

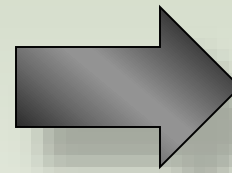
Removal of fecal coliforms

Variable	value	units
CF (Initial)	10,000	UFC/100 ml
CF (Final)	1000	UFC/100 ml
W	4.355E-11	gO ₃ /UFC

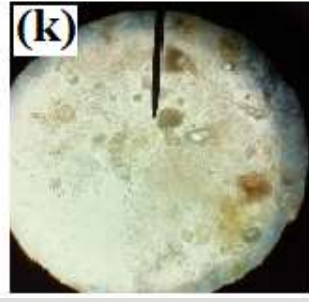
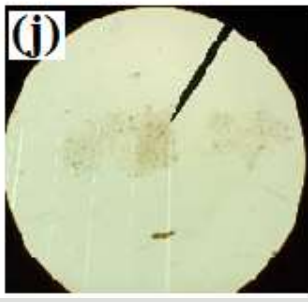
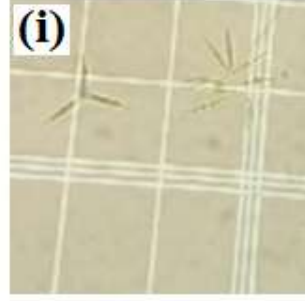
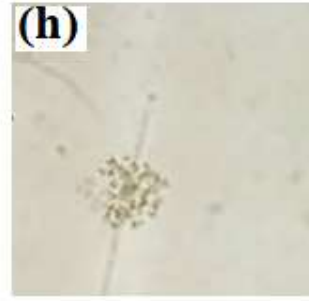
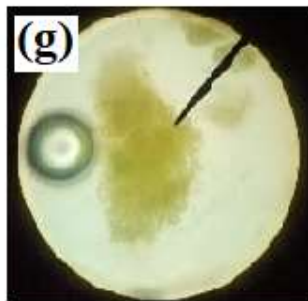
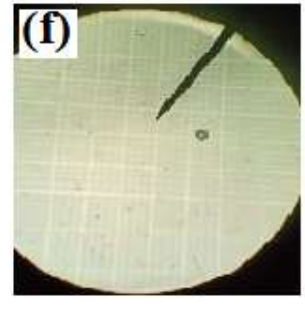
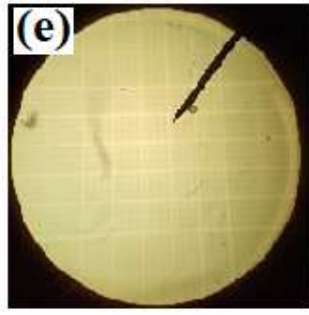
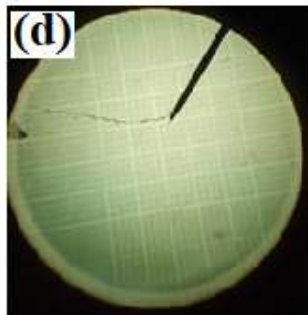
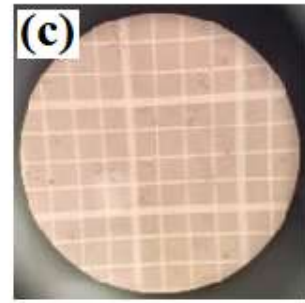
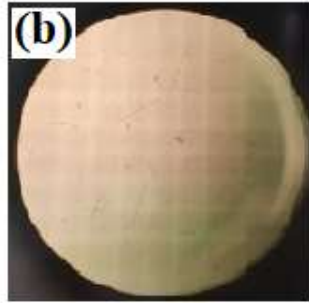
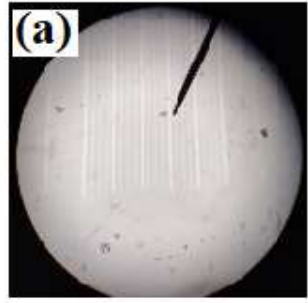
90.0

DO ₃ (FC)	
valor	unidades
627.1	gO ₃ /d
26.1	gO ₃ /h

**Estudio de la eliminación de
cianobacterias y algas en aguas
eutrofizadas mediante la aplicación de
ozono, radiación UV y ozone-based
AOP**



Estudio de la eliminación de cianobacterias y algas en aguas eutrofizadas mediante la aplicación de ozono, radiación UV y ozono-based AOP



Colonias de organismos antes del tratamiento:

(a) de MC, (b)

(b) de ANA

(c) de ACT.

Colonias después del tratamiento:

(d) de MC

(e) de ANA

(f) de ACT.

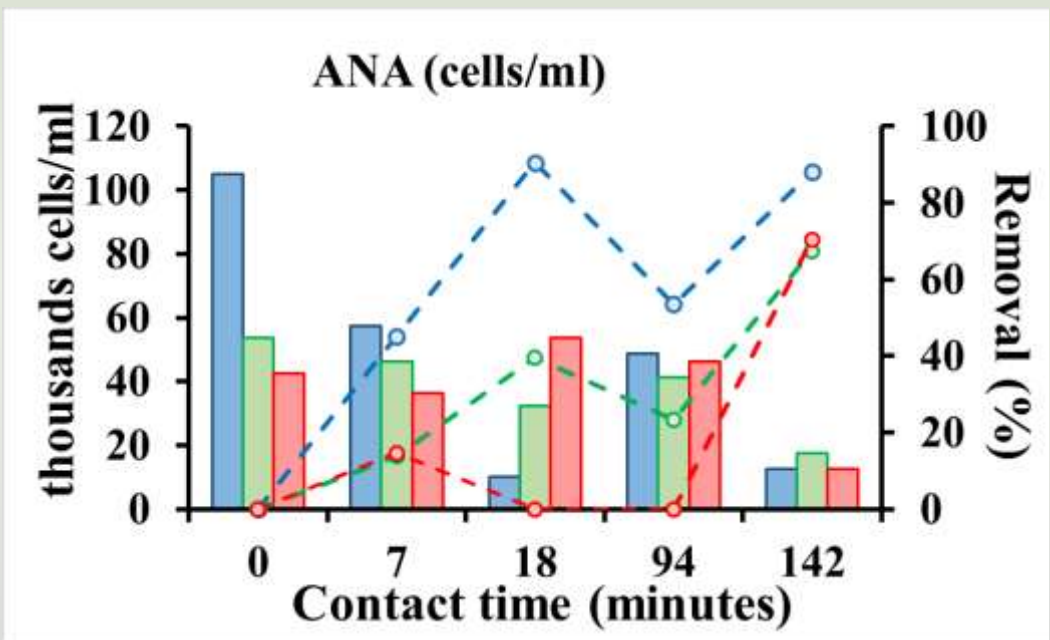
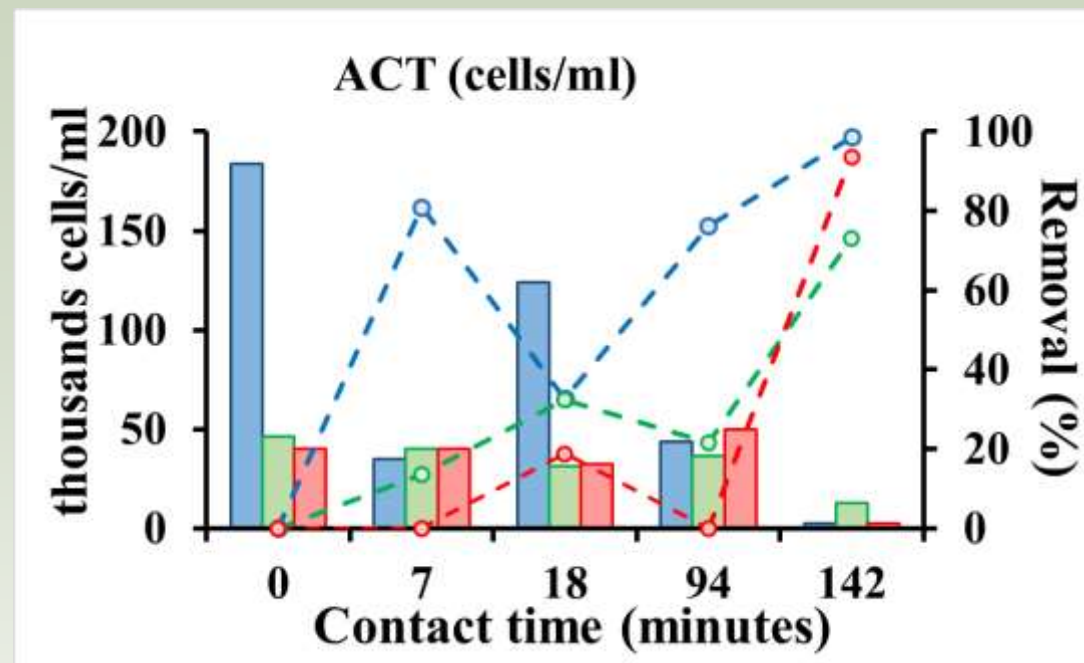
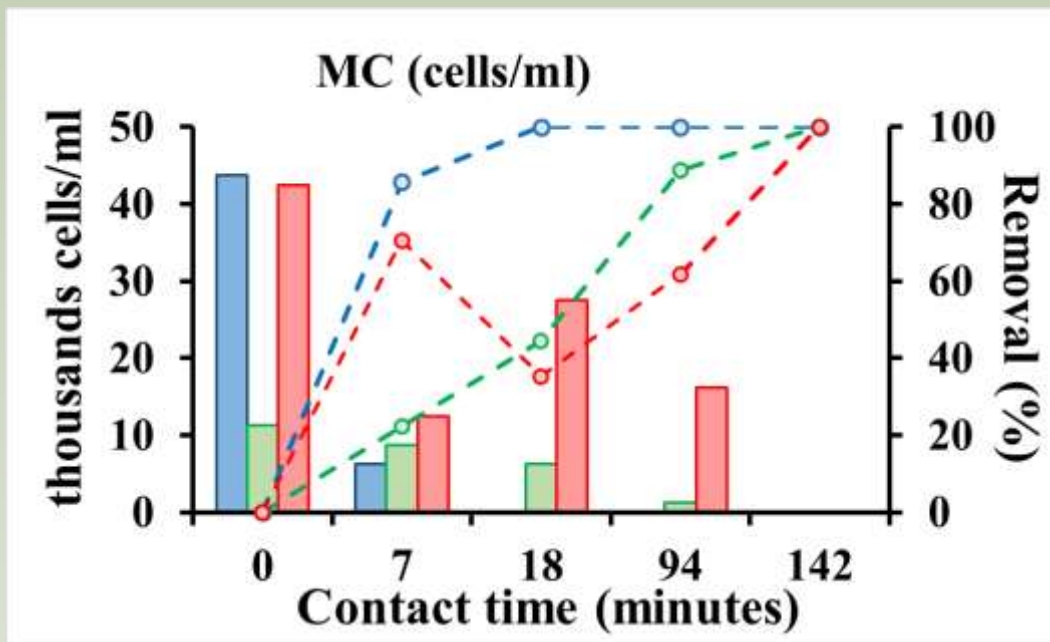
(g) y (h) Aglomeración de Microcistis formando natas superficiales de gran número como probable respuesta al estrés oxidativo.

(i) Las colonias de ACT disociándose en células individuales.

(j) Lisis celular y formación de células necrosadas.

(k) Masas moteadas de materia orgánica producto de la lisis de fitoplancton.

(l) Deposición de sedimento orgánico compuesto principalmente por células necrosadas



Laguna eutrofizada de aproximada con un volumen de 11, 977 m³.

Parameter	Value ± Standard deviation
Temperature (°C)	20.9 ± 0.8
BOD ₅ (mg/L)	42.3 ± 3.6
COD (mg/L)	348.3 ± 59
BOD ₅ /COD	0.12 ± 0.5
MC (# cells/mL)	32,500 ± 18,413
ANA (# cells/mL)	67,083 ± 33,315
ACT (# cells/mL)	90,000 ± 81,250
Chl-a (µg/L)	1,069 ± 110.1

Para Microcistis

FOR CYANOBACTERIA

$$OD = QH_{O_3} (OC_I - OC_F)(COD_I - COD_F)$$

$$AOP = QH_{AOP} (OC_I - OC_F)(COD_I - COD_F)$$

Calculation	value	units
Constant H _{O₃}	2.50E-12	(g O ₃)(m ³)/(cel MC)(gCOD)
Q	740	m ³ /d
Treatment area	9,981	m ²
Treatment depth	1.2	m
MC _I	32,500	cel/ml
MC _F	20,000	cel/ml
O ₃ demand	140	g O ₃ /h
time	16.2	days
time	0.5	months

Microcistis	Hmc
If O3	2.50E-12
If AOP	2.40E-10

Actinastrum	Hac
If O3	6.30E-13
If AOP	9.94E-11

Anabaena	Han
If O3	1.34E-12
If AOP	8.03E-11

Para Actinastrum

FOR CYANOBACTERIA

$$OD = QH_{O_3} (OC_I - OC_F)(COD_I - COD_F)$$

$$AOP = QH_{AOP} (OC_I - OC_F)(COD_I - COD_F)$$

Calculation	value	units
Constant H _{O₃}	6.30E-13	(g O ₃)(m ³)/(cel MC)(gCOD)
Q	2,950	m ³ /d
Treatment area	9,981	m ²
Treatment depth	1.2	m
MC _I	32,500	cel/ml
MC _F	20,000	cel/ml
O ₃ demand	140	g O ₃ /h
time	4.1	days
time	0.1	months

Microcistis	Hmc
If O3	2.50E-12
If AOP	2.40E-10

Actinastrum	Hac
If O3	6.30E-13
If AOP	9.94E-11

Anabaena	Han
If O3	1.34E-12
If AOP	8.03E-11

Para Anabaena

FOR CYANOBACTERIA

$$OD = QH_{O_3} (OC_I - OC_F)(COD_I - COD_F)$$

$$AOP = QH_{AOP} (OC_I - OC_F)(COD_I - COD_F)$$

Calculation	value	units
Constant H _{O₃}	1.34E-12	(g O ₃)(m ³)/(cel MC)(gCOD)
Q	1,380	m ³ /d
Treatment area	9,981	m ²
Treatment depth	1.2	m
MC _I	32,500	cel/ml
MC _F	20,000	cel/ml
O ₃ demand	140	g O ₃ /h
time	8.7	days
time	0.3	months

Microcistis	Hmc
If O3	2.50E-12
If AOP	2.40E-10

Actinastrum	Hac
If O3	6.30E-13
If AOP	9.94E-11

Anabaena	Han
If O3	1.34E-12
If AOP	8.03E-11

**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**



JETLIFE: LA SOLUCION INTEGRAL

PROA

- Tratamiento primario físico de remoción de sólidos flotantes

POPA

- Tratamiento secundario de eliminación de contaminantes orgánicos y químicos

POPA

- Tratamiento terciario de eliminación de patógenos

ESTRIBOR

- Tratamiento primario físico a presión por limpieza de la dársena en muelles

**Planta de
tratamiento de
aguas
residuales
MOVIL**

JETLIFE AL DÍA DE HOY

Proyectos

1. Rio Miami y Bahía Biscayne, USA
2. Licitación ganada para eliminar cianobacterias de los algos de todo el País, USA
3. Puerto de Lagos, Nigeria
4. Laguna de Tiscapa, Managua, Nicaragua
5. Presa Valsequillo, Puebla, México

Cartas de recomendación

1. Ciudad de Miami.
2. The Miami River Comision
3. Agencia de Proteccion Ambiental de USA
4. Certificado de Unique Technology (EPA)
5. Universidad Nova Southeastern, de USA.
6. Secretaria de Medio Ambiente del Estado de Puebla, México.
7. Secretaria del Medio Ambiente de Managua, Nicaragua.
8. Benemerita Universidad Autonoma de Puebla.
9. Instituto Politecnico Nacional, México.
10. Publicaciones científicas internacionales de los resultados obtenidos (Interinstitucionales BUAP, UPAEP e IPN)

CARTAS DE RECOMENDACIÓN



Department of Environmental Protection

Jeff Bush
Governor

Twin Towers Office Building
2600 Blair Stone Road
Tallahassee, Florida 32399-2400

David B. Sroka
Secretary

March 8, 2004

Stephanie N. Grindell, PE, Director
Department of Public Works
City of Miami
444 S.W. 2nd Avenue
Miami, Florida 33130

Subject: FDEP Consent Order OGC Case No. 03-0166

Dear Ms. Grindell:

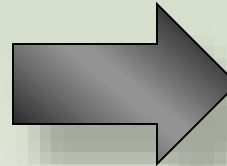
This letter is in response to the City's letter dated January 29, 2004. The Department's comments are as follows and will follow the nomenclature utilized in above referenced Consent Order.

Reference OGC File No. 03-0166

Paragraph 21

- A. The Department will fully evaluate this section after the City has completed implementing and reporting the Year 7 requirement of the *City of Miami 2003 NPDES Compliance Strategy*. **In order to evaluate fully this requirement, the Department requires a detailed description of the manner in which the inspection logs will be maintained i.e., via database, hardcopy by date, by inspector etc. Please submit this information to the Department within 30 days of receipt of this letter.** It is the Department's understanding that the City has fully implemented its construction site inspection runoff program. The Department will fully evaluate this program during the next annual MS4 evaluation. As stated in the Department's December 29, 2004 letter, it has been determined that the City has met all of the requirements of this condition and is considered to be in compliance with this section of the Consent Order. As stated in the Department's December 29, 2004 letter, it has been determined that the City has met all of the requirements of this condition with the implementation of the "Scavenger 2000" pollution

COMMUNICATION SECTION
2004 MAR 11 PM 4:15
STEPHANIE N. GRINDELL



Agencia de Protección Ambiental (USA)

City of Miami



EMILIO T. GONZALEZ, Ph.D.
City Manager

April 9, 2018

To Gobernador del Estado de Puebla, Mexico
Honorable Senor Jose Antonio Gali Fayad

RE: Water Management Technologies, Inc. for the Scavenger 2000 Vessel
Letter of Recommendation

Estimado Honorable Jose Antonio Gali Fayad:

This letter serves as a reference towards the work provided by Water Management Technologies, Inc. to the City of Miami Public Works Department and have the following information.

This company has been employed since 2003. They perform cleaning and oxygenation of our navigable waterways on a daily basis. Their work has been praised by several citizens and elected officials. Our Department is satisfied with their day to day performance and hope to continue with their services for years to come. If you have any question, please contact me at (305)416-1295.

Sincerely,


Elyrosa Estevez, PE III
NPDES Section Head

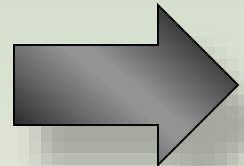
STATE OF FLORIDA
COUNTY OF Miami-Dade

The foregoing instrument was acknowledged before me this 9th day of April 20 18
by Elyrosa Estevez (name of person acknowledging), who is personally known to me
or who has produced _____ (type of identification) as identification.

[Signature] (Signature) (Seal)

Calitza Diaz-Torres
(Notary's Name print, type or stamp)
Admon Asst II (Title or Rank)

(Serial number, if any)



Ciudad de Miami (USA)

Oficina del Secretario.
Cuatro veces Heroica Puebla de Zaragoza a 10 de diciembre de 2018.

Asunto: Carta Recomendación.

A quien corresponda.
PRESENTE

En 2018, la Presa de Valsequillo presentaba altos índices de contaminación, implicando un gran problema de salud pública para la Entidad; razón por la que el Gobierno del Estado de Puebla, México, representado por José Antonio Galí Fayad, decide adquirir tres embarcaciones *Scavenger 2000* e implementar la tecnología de oxidación avanzada de *Dellepere Enterprises, Corp.* para alcanzar una mejor calidad de agua.

A escasos tres meses del trabajo diario de saneamiento en las aguas de Valsequillo a través de la inyección de oxígeno y ozono, se pudieron observar los primeros resultados; resaltando como principales: la desaparición de malos olores provocados por emanaciones de ácido sulfhídrico; reducción de coliformes fecales en más de 1,000 unidades a menos de 50 unidades, lo que representa, más del 80% de reducción superando en algunos casos el 90%. Así como disminución en más del 40% de turbidez en el agua; reducción de concentración de metales como Aluminio, Hierro, Magnesio y Zinc; e incremento de valores de oxígeno disuelto en el agua, permitiendo mayor desarrollo de fauna acuática, entre otros.

De tener continuidad este proyecto, podemos garantizar que en la Presa de Valsequillo se podrán realizar actividades recreativas, habrá calidad de agua para riego, incluso en cultivos de porte bajo; rescatando así, uno de los principales cuerpos de agua de nuestra entidad federativa.

Lo anterior, hace que su trabajo sea reconocido por la población de la zona y visitantes; así como la satisfacción de las autoridades por su desempeño y logro obtenido; recomendando el trabajo desarrollado por *Dellepere Enterprises Corp.*, a través de su tecnología de oxidación avanzada "*Oxiplus tm*".

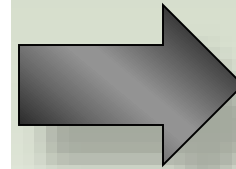
ATTENTAMENTE
"SUFRAGIO EFECTIVO, NO REELECCIÓN"
EL SECRETARIO



RODRIGO NUESTRA PIÑA

Calle 20 Oriente No. 1416. Barrio del Alto.

Puebla, Puebla. 72280  +52 (222) 273 - 68 - 00



**Secretaría de
Medio
Ambiente de
Puebla
(México)**

Carta recomendación de BUAP Puebla, México



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y REASTAURACION
DE SISTEMAS ACUÁTICOS



Al Ing. Alejandro Dellepere
Presidente de Dellepere Enterprises Corp.

PRESENTE:

Estimado Ingeniero Dellepere:

Por este conducto, me permito informarle los resultados de los cambios en la calidad del agua del embalse Manuel Ávila Camacho, conocido como el lago de Valsequillo que se encuentra dentro del municipio de Puebla en el estado del mismo nombre y cuyos resultados están a disposición de las autoridades ambientales del Estado de Puebla.

La calidad del agua presentó entre Noviembre de 2018 a octubre del año 2019 una mejora sustancial en los parámetros de la calidad del agua:

1. Disminución del 57 % de amonio disuelto (de 11.6 a 4.9 mg/L)
2. Disminución del 48 % de los ortofosfatos (de 9.58 a 5 mg/L).
3. Incremento del 507 % del oxígeno disuelto (de 1.54 a 7.816 mg/L).
4. Incremento en el porcentaje de saturación de oxígeno de 20.14% a 86.88%.
5. Incremento en la profundidad del oxígeno disuelto en la columna de agua del 380 % (de 5 a 19 metros).
6. Disminución del 100 por ciento de cianuros (0.0023 a 0).
7. Disminución de solidos suspendidos de un 93 % (de 11 a 0.07).
8. Al inicio de los trabajos se presentaba un olor a sulfhídrico notorio, La concentración fue de 61.78 mg/L. después del tratamiento, no se detectan malos olores en toda la presa. La concentración disminuyo 63 % (22.3 mg/L).
9. La presencia de Coliformes fecales disminuyó entre un 84 a un 99 % dependiendo de la zona (1500 a 230 y 930 a 3 NMP/100 mL).



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS


LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y REASTAURACION
DE SISTEMAS ACUÁTICOS



Considerando que en promedio entran al sistema alrededor de 119 toneladas de materia orgánica diariamente, los resultados son muy relevantes y favorables mostrando una clara mejora en la calidad del agua reflejándose en la reactivación de la actividad pesquera y siendo este el primer año en que no se presentó la típica mortandad de peces que ocurría entre noviembre y febrero de cada año desde 1996 y bajando considerablemente la presencia de microorganismos potencialmente patógenos para las comunidades aledañas.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de ecología y restauración de sistemas acuáticos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y con el permiso de la Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial (SDRSOT, Actualmente SMAOT).

ATENTAMENTE
H. Puebla de Z. a 3 de octubre de 2019


Dr. en Cs. Ernesto Mangas Ramírez
Coordinador del Laboratorio de Ecología
Y restauración de sistemas acuáticos

CCP: Archivo.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Instituto Politécnico Nacional
Secretaría de Investigación y Posgrado
Dirección de Investigación



Ciudad de México a 18 de Diciembre 2019
PFRE/01112019

Ing. Alejandro Dellepere
Presidente de Dellepere Enterprises Corp.

PRESENTE

Por considerarlo de su interés, me dirijo a usted para hacer de su conocimiento los resultados correspondientes al trabajo científico que el Grupo de Estudios Geoambientales y Calidad del Agua (GEGAyCA) del Instituto Politécnico Nacional, ha venido realizando a lo largo de la última década en la Cuenca Alta del río Atoyac; y en particular en la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo). Así mismo, le presento algunos resultados preliminares relacionados con el tratamiento implementado mediante la inyección de ozono y oxígeno entre Noviembre de 2018 y Marzo de 2019.

Como hemos demostrado en varias de nuestras publicaciones científicas (doi: 10.3390/w10121790; doi: 10.3390/w11061248; doi: 10.1016/j.chemer.2017.04.005; DOI: 10.1080/15226514.2017.1328397), en los últimos años, el agua de la presa ha experimentado una disminución en su calidad. En dichas publicaciones científicas, hemos reportado que en el año 2017 los niveles de concentración de la materia orgánica de la presa, medida como Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) alcanzaron valores de hasta 64 y 22.5 mg/L, respectivamente. En el año 2016, en la zona oeste de la presa Valsequillo se registraron valores de turbidez de 44 ± 48 NTUs, de conductividad eléctrica de 1069 ± 217 µS/cm y de Oxígeno disuelto de 1.3 ± 1.0 mg/L.

A pesar de que la presa Valsequillo junto con el consorcio de macrofitas actúa como una gran planta de tratamientos de aguas residuales (ver Servicio ambiental de la presa Valsequillo, <http://viveatoyac.org.mx/images/Biblioteca%20tem%C3%A1tica/Biblioteca%20sobre%20el%20agua/3g010%20Servicio%20ambiental%20de%20la%20presa%20Valsequillo%20para%20las%20cuencas%20del%20Atoyac%20y%20Alseca.pdf>), no es suficiente para generar agua de calidad adecuada para el uso recreativo.

A la luz de toda esa información era evidente la necesidad de implementar un plan que permitiera revertir los efectos de la contaminación en la presa Valsequillo, Puebla. Es por lo anterior que el arribo de las unidades descontaminadoras *Scavenger* a la presa, en el mes de Octubre de 2018, generó gran interés al



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Instituto Politécnico Nacional
Secretaría de Investigación y Posgrado
Dirección de Investigación



interior de nuestro grupo de investigación y por ello nos dimos a la tarea de monitorear antes, durante y después del tratamiento con ozono y oxígeno la calidad del agua. Para tal efecto se midieron 103 parámetros (19 fisicoquímicos, 66 compuestos inorgánicos y 18 orgánicos) en diferentes y representativas muestras de agua de la parte navegable de la presa Valsequillo. Los resultados fueron condensados en un manuscrito el cual se encuentra bajo revisión de expertos en manejo de recursos hídricos y calidad del agua, en una revista indexada en Journal Citation Report (*JCR*) (Water Research).

Le presento un adelanto de la información contenida en dicho manuscrito:

Después de 5 meses de operación de las unidades *Scavenger* en la zona este de la presa, la concentración de Oxígeno disuelto (OD) aumentó 68 %. Así mismo, las condiciones químicas reductoras de la presa reflejadas por el bajo potencial oxido reducción (ORP; -237 ± 75 mV) pasaron a condiciones cuasi-oxidantes (10 ± 58 mV). El tratamiento fue eficiente en la desinfección del agua, al registrarse una reducción del 80% de los Coliformes Fecales. También algunos metales pesados presentaron una disminución en su concentración, siendo como sigue: Al (65%), Cr (35%), Pb (46 %), Zn (60 %), Mn (20 %), Mo (40 %), Fe (32 %), As (58 %) y Co (26 %). Debido a la reactividad selectiva del ozono hacia los compuestos insaturados alifáticos y aromáticos, varios compuestos orgánicos presentaron una disminución en su concentración hasta en dos órdenes de magnitud. Con base en lo anterior, se puede aseverar que el tratamiento con ozono y oxígeno fue efectivo en mejorar de manera sustancial la calidad del agua de la zona este de la presa Valsequillo.

Sin más por el momento y esperando darle noticias favorables sobre la publicación del manuscrito, quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

Atentamente

LA TECNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA



Dr. Pedro Francisco Rodríguez Espinosa (SNI NI, A1)
Grupo de Estudios Geoambientales y Calidad de Agua.
Departamento Biociencias e Ingeniería del
CIEMAD-IPN
pedrof44@hotmail.com

Carta recomendación de IPN, CDMX, México

PUBLICACIONES INTERNACIONALES

Article

Treatment of Eutrophic Water and Wastewater from Valsequillo Reservoir, Puebla, Mexico by Means of Ozonation: A Multiparameter Approach

J. Tabla-Hernández¹, P. E. Rodríguez-Espinosa^{1,*}, A. G. Hernández-Ramírez¹,
Jorge A. Mendoza-Pérez², E. R. Cano-Aznar¹ and E. Martínez-Tavera³

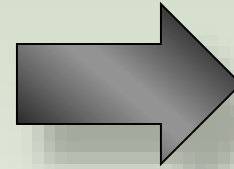
- ¹ Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Calle 30 de junio de 1520, Barrio de la Laguna Ticomán, Del. Gustavo A Madero C.P. 07340, Mexico; jacobotabla@hotmail.com (J.T.-H.); gabo_heera@hotmail.com (A.G.H.-R.); er.cano.aznar@gmail.com (E.R.C.-A.)
 - ² Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Av. Wilfrido Massieu SN, San Bartolo Atepehuacan, U.P. Adolfo López Mateos, Gustavo A. Madero C.P. 07738, Mexico; jorgemendozaaperez@yahoo.com
 - ³ Faculty of Bioenvironmental Sciences, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), 17 Sur No. 901 Barrio de Santiago, Puebla, Puebla, México C.P. 72410, Mexico; este.fmtzt@hotmail.com
- * Correspondence: pedrof44@hotmail.com; Tel: +52-(55)-57296000 (ext. 52711)

Received: 15 November 2018; Accepted: 3 December 2018; Published: 6 December 2018



Abstract: The present work aims to elucidate the possibility of injecting ozone into surface waters combined with urban wastewaters in order to improve the water quality of the High Atoyac Sub-basin (HAS) in Central Mexico. For this purpose, twenty physicochemical parameters, eight heavy metals, seven organic compounds, and one biological indicator were assessed in water from different sites of the studied area (the Alseseca River, the Atoyac River and the Valsequillo Reservoir). Results demonstrated that O₃ injection led to the decrease of the aromatic fraction of organic molecules since the Spectral Absorption Coefficient at 254 nanometers (SAC₂₅₄) reduction was found to be 31.7% in the Valsequillo Reservoir water samples. Maximum Chemical Oxygen Demand (COD) removal was observed to be 60.2% from the Alseseca River with a 0.26 mg O₃/mg initial COD dose. Among all the phthalates studied in the present work, Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) exhibited the highest concentration (5.8 µg/L in the Atoyac River). Treatment with O₃ was not effective in eliminating fecal coliforms (FC) in waters that host high organic matter (OM) loads as opposed to waters with low OM. After the injection of 4.7 mg O₃/mg COD in the VO₃-AT water sample, a 90% removal of Iron (Fe) and Aluminum (Al) was registered; while Manganese (Mn), Nickel (Ni), Zinc (Zn), and Cooper (Cu) showed a 73%, 67%, 81%, and 80% removal, respectively; Chromium (Cr) registered the highest removal (~100%). The present work demonstrated that while finding a suitable O₃ dose to improve the quality of water in the HAS, the 5-days Biochemical Oxygen Demand (BOD₅)/COD ratio (i.e., biodegradability) is more important than the overall OM removal percentage proving that O₃ injection is a feasible process for the treatment of eutrophic waters from HAS.

Keywords: ozonation; wastewater treatment; biodegradability; phthalates; toxic metals; fecal coliforms; disinfection



Publicación de resultados a nivel laboratorio de los ensayos realizados de la inyección de ozono en agua de un lago contaminado



Impacts on water quality by in situ induced ozone-oxygen oxidation in a polluted urban reservoir

J. Tabla-Hernandez^a, A.G. Hernandez-Ramirez^b, E. Martinez-Tavera^{c,*},
P.F. Rodriguez-Espinos^a, E. Mangas-Ramirez^d

^a Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Calle 30 de Junio de 1520, Barrio La Laguna Ticomán, Municipio Gustavo A. Madero, C.P. 07340 Ciudad de México, CDMX, México

^b Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Prolongación de Campio y Plan de Ayala S/N, Miguel Hidalgo, Santa Tereza C.P. 07738, CDMX, México

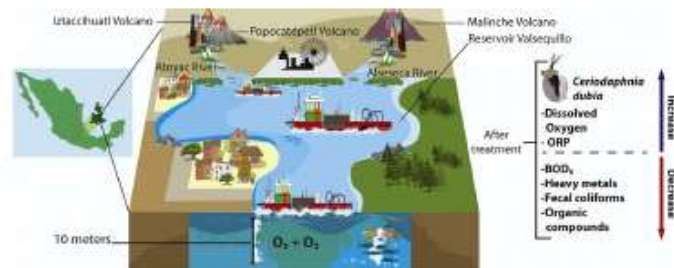
^c UIMP Universidad, 21 sur no. 1103 Barrio de Santiago, Puebla C.P.72410, México

^d Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 14 sur CU, Edificio Bio-1, Col. San Manuel, Puebla, C.P. 72560 Puebla, México

HIGHLIGHTS

- Ozone-oxygen oxidation decreases the concentration of organic matter in contaminated water.
- Ozone-oxygen decreases the concentration of heavy metals, major elements and rare earths.
- Fecal coliforms are susceptible to disinfection via ozone-oxygen.
- Aromatic compounds in water are degraded through ozone-oxygen oxidation.
- Ozone-oxygen in-situ is an alternative to transform contaminated reservoirs to new water sources.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:

Received 11 February 2020

Received in revised form 9 May 2020

Accepted 9 May 2020

Available online 13 May 2020

Editor: Daniel Wunderlin

Keywords:

Aquatic ecosystem recovery

In situ remediation

Ozone microbubbles treatment

Urban polluted reservoir

Water quality improvement

ABSTRACT

The results of the successful implementation of a treatment based on the injection of ozone (O_3) and oxygen (O_2) into a contaminated body of water are reported for the first time. Three decontaminating units (SCAVENGER™), which have the capacity to inject up to 120 g O_3 /h and 250 Kg O_2 /h in the form of microbubbles ($90 \pm 10 \mu\text{m}$ in diameter), were placed in the contaminated Valsequillo reservoir, Central Mexico. In order to evaluate the efficacy of the treatment, 20 physicochemical parameters, 18 organic compounds, 65 inorganic compounds and 11 biological indicators were measured before, during and after the treatment; all of them in several representative sites of the east side of the Valsequillo reservoir. After 5 months of operating the SCAVENGER™ units in the eastern part of the reservoir, the concentration of Dissolved Oxygen (DO) increased 68%. Likewise, the chemical reducing conditions of the reservoir reflected by the low oxidation-reduction potential (ORP; $-237 \pm 75 \text{ mV}$) became quasi-oxidant ($10 \pm 58 \text{ mV}$). The treatment was efficient in water disinfection, presenting an 80% reduction in Fecal Coliforms (FC). Some heavy metals also showed a decrease in their concentration, being as follows: Al (65%), Cr (35%), Pb (46%), Zn (60%), Mn (20%), Mo (40%), Fe (32%), As (58%) and Co (26%). Due to the selective reactivity of ozone towards aliphatic and aromatic unsaturated compounds, several organic compounds reduced in their concentration by up to two orders of magnitude. Based on the above, it is evident that the treatment with

* Corresponding author.

E-mail address: estefania.martinez@upaeip.mx (E. Martinez-Tavera).

Publicación de resultados de la implementación de la tecnología en un lago contaminado en México.

ENVIRONMENTAL RESEARCH
LETTERS

LETTER

Predictive modeling to determine oxygen and ozone doses applicable to *in situ* remediation of polluted water bodiesJacobó Tabla-Hernández^{1*}, Alejandro V Dellepère² and Ernesto Mangas-Ramírez³¹ Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEEMAD), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Calle 30 de Junio de 1520, Barrio La Laguna Ticomán, Municipio Gustavo A. Madero, CP 07340 Ciudad de México, CDMX, México² Dellepère Enterprises Corp 2891 Center Port Circle, Suite 2A, Pompano Beach, FL 33064, United States of America³ Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Av San Claudio y 14 sur CU Edificio Bio-1 Col San Manuel, Puebla, CP 72560 Puebla, México

* Author to whom any correspondence should be addressed.

E-mail: jtablah1500@uhumna.ipn.mx and jacobotabla@hotmail.com

Keywords: polluted lake restoration, phosphorus removal, nitrogen removal, surface water quality, *in situ* remediation, artificial aeration, mathematical modelingSupplementary material for this article is available [online](#)

Original content from this work may be used under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 licence.

Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.



Abstract

This work shows the results for the first time of calibrating and validating a mathematical model, capable of predicting the amounts of O₂ and O₃ necessary to reduce pollution levels in a lake based on the chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD₅), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and fecal coliforms (FC) concentrations. The model was designed to treat a natural or artificial lake as though it were an aerated lagoon operating as an idealized continuous flow complete-mix reactor. The O₃ yield constant for eliminating the non-biodegradable fraction of COD and for deactivating fecal coliforms were laboratory derived and calibrated with field values. Based on the field parameters, the model accurately predicted a reduction in BOD₅, COD, TN, TP and FC of 53%, 51%, 39%, 42% and 98%, respectively. The model proved to be effective in predicting O₂ and O₃ demand and time of recovery of a polluted water body.

1. Introduction

In situ treatment has gained great relevance in recent years, since these techniques have proven to be an important complement in meeting the demand of wastewater treatment plants (Schönach *et al* 2017). One of the most commonly used method is hypolimnetic oxygenation (Anawar and Chowdhury 2020), which is performed either by injecting oxygen or air at the bottom, or by extracting water from the hypolimnion to saturate it with oxygen and then injecting it back to the bottom (side stream supersaturation) (Gerling *et al* 2014). This technique has shown some degree of efficacy, but still exhibits certain limitations. For example, hypolimnetic oxygenation can only prevent the release of phosphorus and other reduced compounds from sediments, but does not attack pollution entering the water body (Schönach *et al* 2017). In addition, the injection of air or oxygen alone does not attack all pollutants, since organic

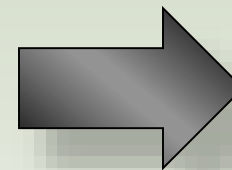
matter must be in a biodegradable form in order to completely degrade (Ouldali *et al* 1989, Shammao *et al* 2009). Other substances such as recalcitrant organic compounds, pathogens, dyes, and various toxic substances cannot be efficiently removed from the water column by oxygen injection alone either.

To overcome limitations encountered in applying a single type of treatment, several authors have suggested using two or more remediation techniques at the same time (Anawar and Chowdhury 2020). Recently, Tabla-Hernández *et al* (2020) reported the implementation of an oxygen and ozone injection system in a highly polluted urban lake. Ozone was included as part of the treatment because it has been used to target a wide range of pollutants (Shi and McCurry 2020). Furthermore, ozone can improve the organoleptic properties of water (color and taste) and is able to reduce turbidity through destabilization of colloidal particles (Malik *et al* 2017). However, the most important feature of this gas is its capacity

Q1
Q2

Q3

Q4



Modelación matemática para determinar las dosis de ozono y oxígeno necesarias para recuperar cuerpos de agua contaminados

Modelación matemática para determinar la cantidad de maleza acuática que se debe recolectar en los embalses eutrofizados para mejorar la calidad del agua



← Submissions Being Processed for Author

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Action	Manuscript Number	Title	Authorship	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links	JEMA-D-22-06853	Management proposal of a naturally occurring wetland modeled as a Constructed wetland	Other Author	07-25-2022	08-08-2022	Under Review

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

**NECESIDADES EXISTENTES
Y SOLUCIONES QUE DA LA
TECNOLGIA CON JETLIFE**

Organismos patógenos

- Desinfección efectiva
- Eliminación de virus (como SARS-Cov-2) y bacterias

Compuestos químicos (Algunos metales pesados, compuestos orgánicos, HAPs, COVs, etc)

- Degradación oxidativa
- Conversión a compuestos mas inocuos

Contaminación Eutrófica

- Reducción de Nutrientes en agua (N y P)
- Control eficiente de microalgas y clorofila

Aparición de cianobacterias

- Inactivación de cianobacterias
- Eliminación de cianotoxinas

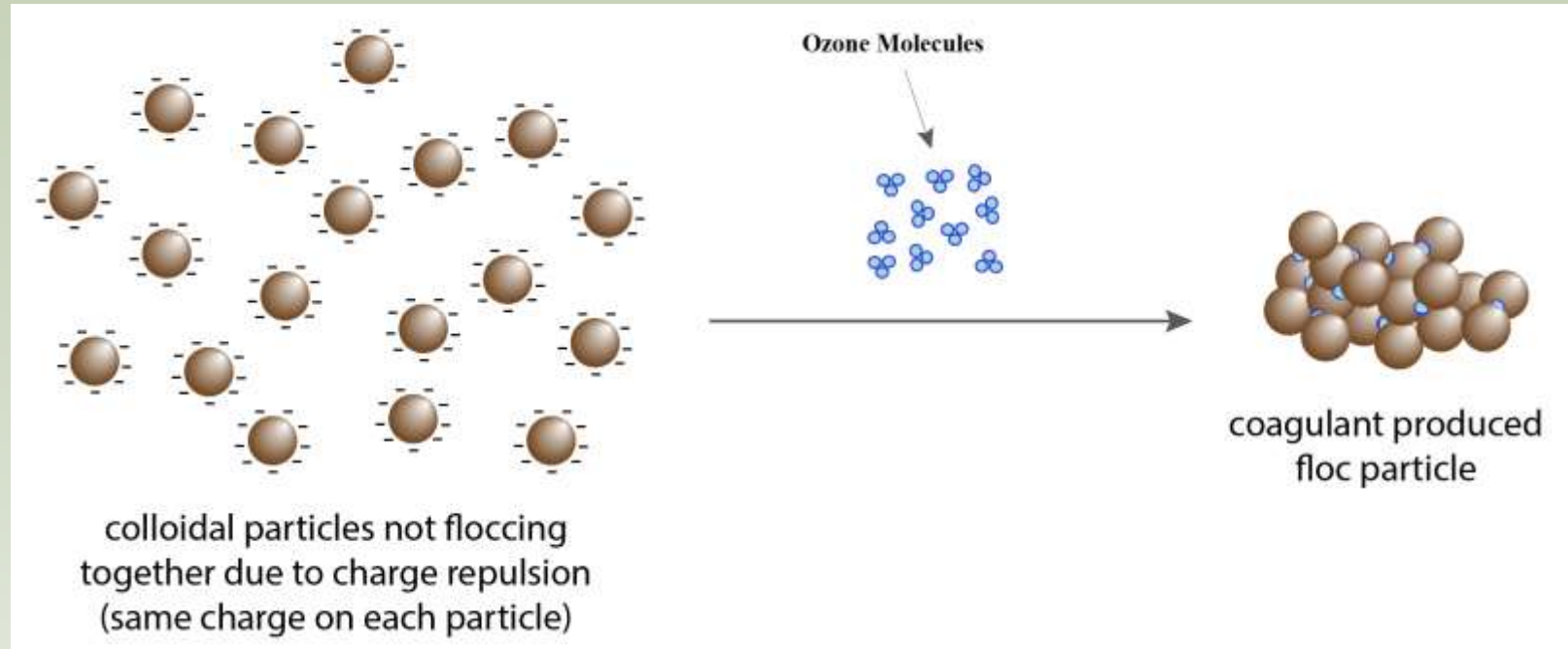
Bajos niveles de oxigeno en el agua

- Devolver los niveles de oxigeno al agua
- Generar las condiciones para las bacterias aerobias

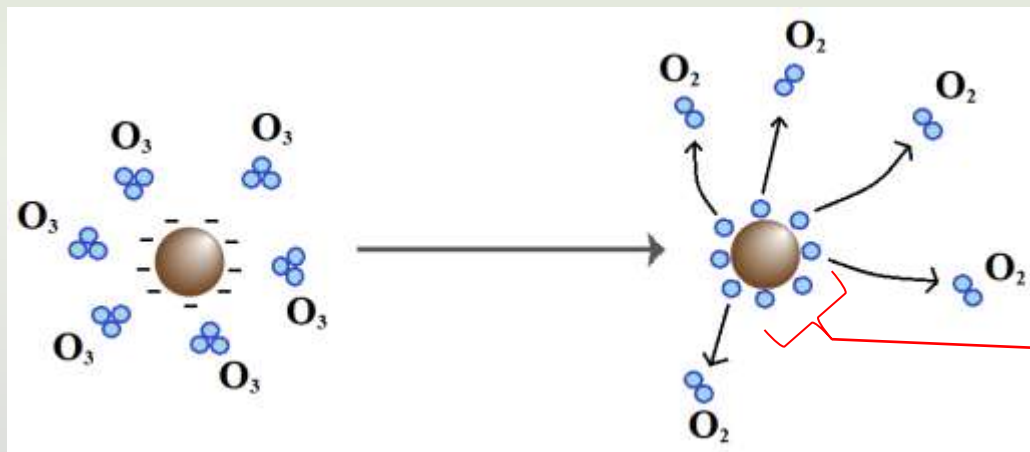
Agua turbia y sin penetración de luz y generación de olores

- Reducir los niveles de turbidez
- Impacto visual inmediato
- Eliminación de olores fetidos

Efecto de la oxidación avanzada sobre la turbidez del agua



Cantidades moderadas de ozono mejoran la coagulación.

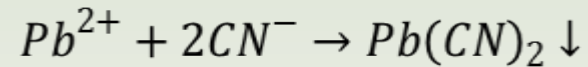
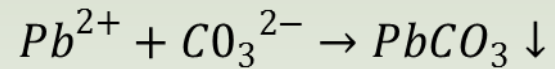
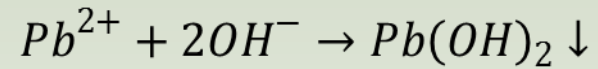


La oxidación con ozono puede aumentar la concentración de grupos funcionales oxigenados en superficies sólidas

EFECTO DEL OZONO SOBRE LOS METALES PESADOS

Ejemplo: Plomo (Pb)

El ozono induce el cambio de la especie química; es decir, de la especie más reducida a una de sus formas oxidadas (Pb^{2+} o Pb^{4+}). Lo anterior ocurre cuando el plomo elemental o en su defecto el plomo orgánico es sometido a un proceso de oxidación



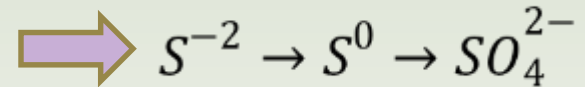
Efecto del tratamiento sobre los olores

MO + Ambi. anoxico. + [ORP(-)] + Sulfuros + Bacterias SO_4^- reductora (SRB) → *Mal olor*

Cuerpo de agua contaminado + $O_2 + O_3$ → ORP(+) + SRB ↓

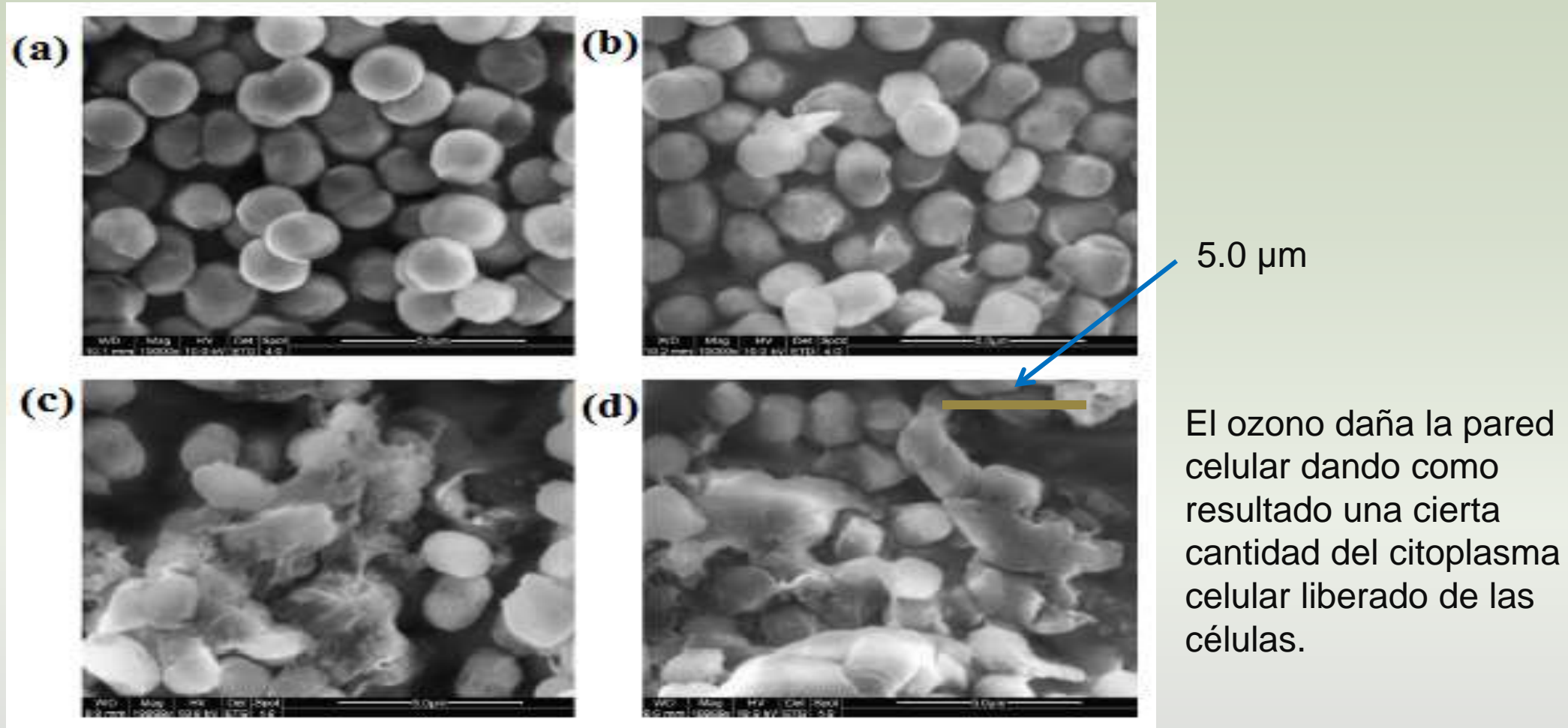
Especie química	Nombre común	Estado de oxidación
S^{2-}	Sulfuros	-2
S^0	Azufre elemental	0
S_2O_4	Hiposulfito	+2
SO_3^{2-}	Sulfito	+4
RSO_3^-	Sulfonatos	+5
SO_4^{2-}	Sulfato	+6

Bacterias
aerobias
quimioatotrofas



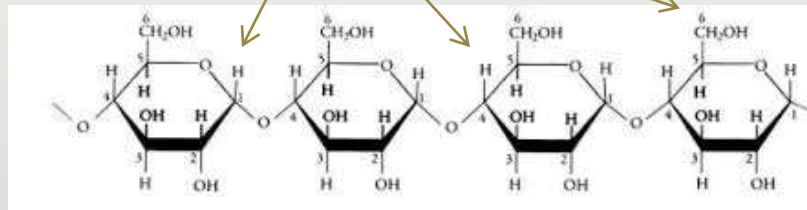
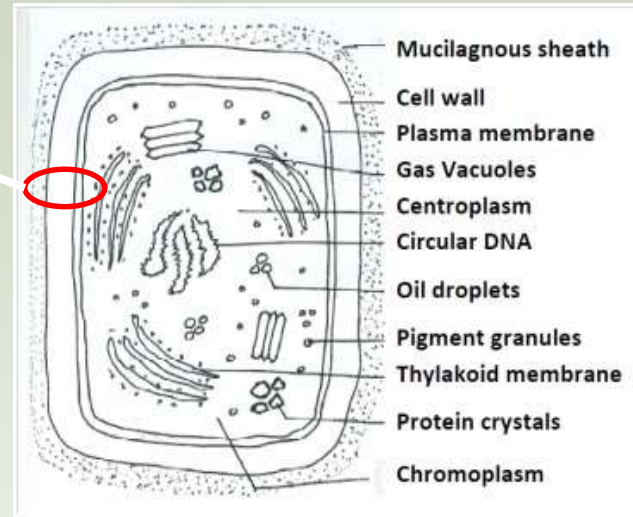
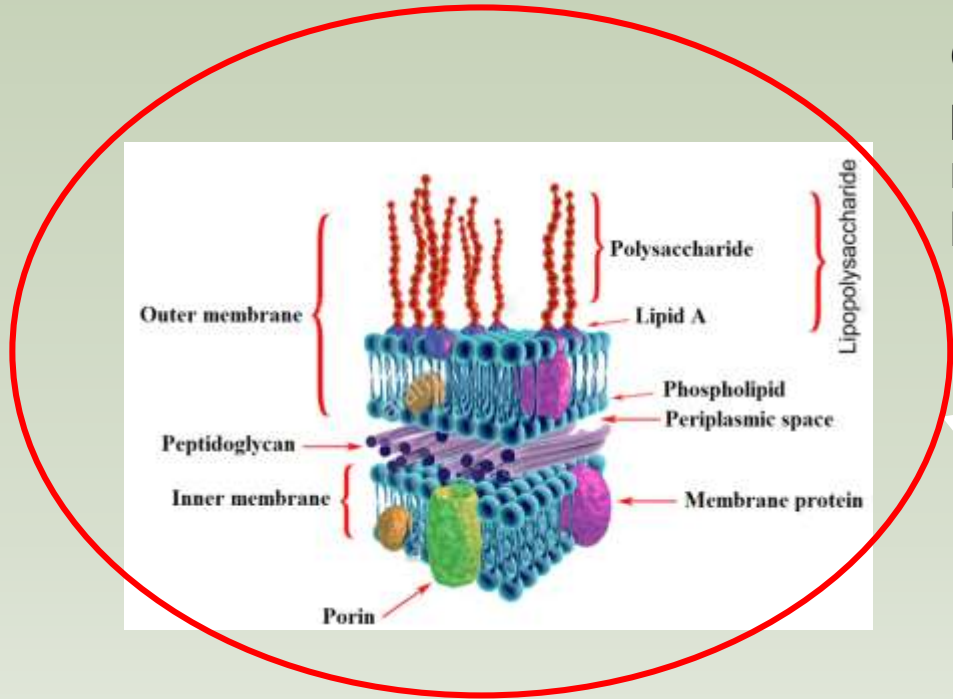
EFECTO DEL OZONO SOBRE LAS CIANOBACTERIAS

Micrografías electrónicas de barrido de *Microcystis aeruginosa* antes y después de la ozonización. (a) Sin ozono, (b) 1 mg / L de ozono, (c) 3 mg / L de ozono, (d) 5 mg / L de ozono.



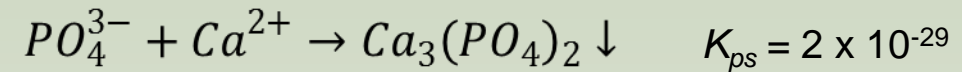
Vista de la sección transversal del recubrimiento de una célula gram-negativa

Gram negativas están asociadas a los procesos de des-nitrificación, formación de metano y formación de sulfuro de hidrogeno en procesos anaerobios

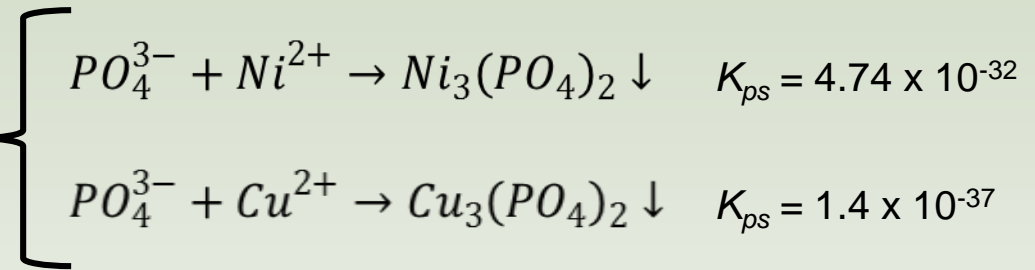


EFECTO DEL OZONO SOBRE EL FOSFORO

Combinación con
metales alcalinos o
alcalinotérreos



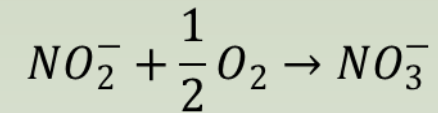
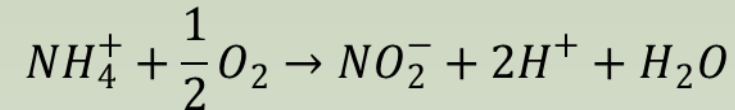
Combinación con
metales pesados



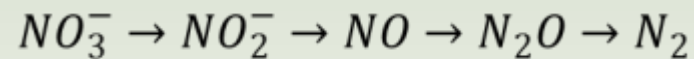
EFECTO DEL TRATAMIENTO SOBRE EL NITROGENO

NITRIFICACIÓN

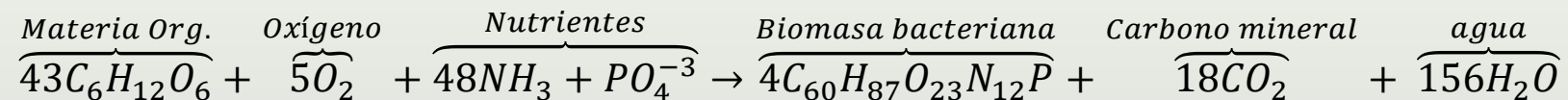
El proceso de nitrificación se inicia transformando el nitrógeno amoniacal mediante la inyección de ozono y oxígeno presente en el agua a nitritos y sucesivamente a nitratos



En condiciones anoxicas y/o facultativas. Tales condiciones se encuentran principalmente en el fondo de la columna de agua o en los sedimentos



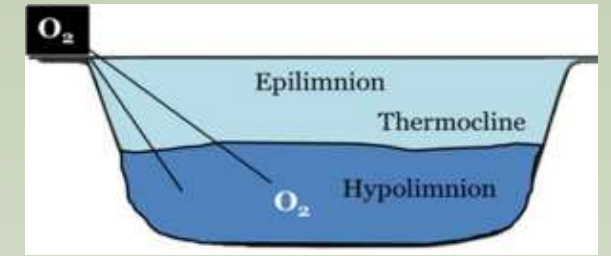
CAPTURA DEL NITROGENO POR PARTE DE LAS BACTERIAS AEROBIAS



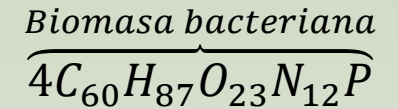
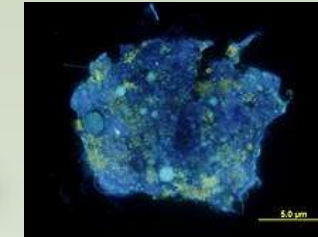
49 Kg Nitrogeno / Ton DQO removido

Eutrofización

Prevención de la liberación de fósforo desde los sedimentos por acción de la oxigenación de los sedimentos (oxigenación hipolimnética)



Captura de fósforo por bacterias aeróbicas que crecen en presencia de oxígeno



Cambio en la relación N/P a través de la reducción acelerada de nitrógeno del nitrógeno



N:P ratio

Eliminación de algas por la acción del ozono



Recolección de plantas acuáticas que acumulan nutrientes



PECES RODEANDO LA UNIDAD SCAVENGER DISFRUTANDO DE LA SATURACIÓN DE OXÍGENO INYECTADO (LAGO VALSEQUILLO, 2019)



PECES ALREDEDOR DE LA UNIDAD SCAVENGER. LAGUNA DE TISCAPA, NICARAGUA.



**VALORES DE
CONCENTRACIÓN LETALES
DE OZONO EN DISTINTOS
ORGANISMOS**

Secuencias en el tratamiento secundario de la unidad JETLIFE

1. Generación del cubo de tratamiento de oxígeno de 1500 m³ de entre 5 y 10 metros de profundidad.
2. Encendido del generador de ozono en la concentración deseada en función de las necesidades de la calidad del agua a tratar
3. Encendido de las lámparas UV en caso de eventos como el florecimiento de *Microcystis*, densidades altas de coliformes fecales o presencia de compuestos químicos persistentes.

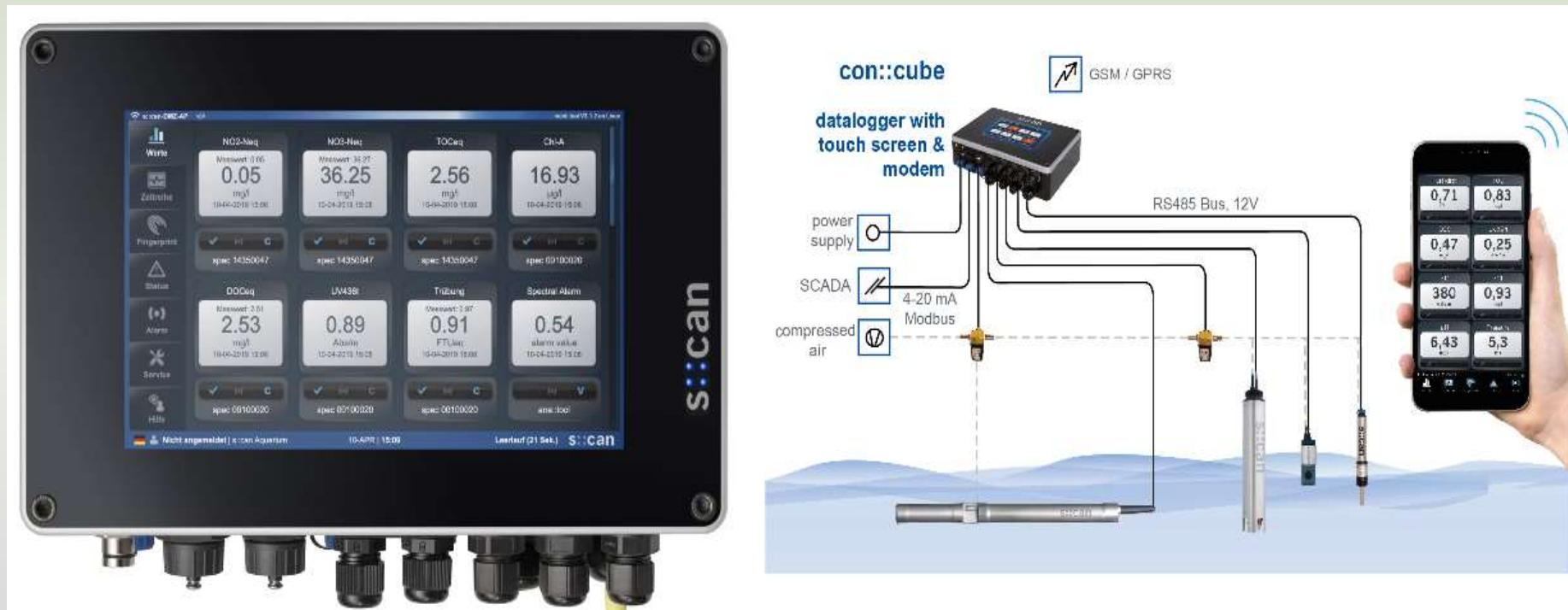
Valores de concentración letales de ozono en distintos organismos

Especie	Datos y observaciones	Concentraciones de ozono		Concentración máxima emitida por el Scavenger por unidad de tiempo
		Concentración letal de ozono reportada	Referencia Bibliográfica	
trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	96 horas LC50*	0.009 mg/L	Wedemeyer et al. (1979)	<p>Durante la operación del Scavenger, el cubo de tratamiento puede durar hasta 30 segundos. Por lo tanto:</p> <p>0.0006 mg O₃/L</p> <p>Equivalente a: 0.66 µg O₃/L</p>
	Letal	0.01-0.06 mg/L	Roselund (1975)	
Mojarra oreja azul (<i>Lepomis macrochirus</i>)	Mortalidad del 60 %	0.01 mg/L	Paller and Heidenger (1979)	
	24-horas LC50	0.06 mg/L		
Carpita Cabezona (<i>Pimephales promelas</i>)	Letal	0.2 - 0.3 mg/L	Arthur and Mount (1975)	
La perca blanca (<i>Morone americana</i>)	24-horas LC50	0.38 mg/L	Richardson et al. (1983)	
lubina rayada atlántica (<i>Morone saxatilis</i>)	96 horas LC50*	0.08 mg/L	Hall et al. (1981)	
Peces de acuario	Esta dosis aplica para todos los tipos de peces de un acuario de agua marina (incluyendo al caballito de mar)	> 0.1 mg/L por 10 minutos	http://www.aquarium.com/	
<i>Brachionus plicatilis</i>	Este es un rotífero de una gran importancia comercial en la acuicultura. Se midió la inhibición de crecimiento de huevos	> 1.63 mg/L por hora Nota: se ozonifico solo 10 minutos, pero se midió hasta una hora después)	(Davis and Arnolds 1997)	

*Concentración letal del 50 % de los organismos

Pantalla táctil de la interfaz y diagrama de transmisión de datos a teléfono móvil

- La interfase procesa al menos 13 parámetros fisicoquímicos, los cuales son mostrados en una pantalla táctil.
- La interfaz genera graficas que permiten al investigador observar las diferencias de concentración de un sitio a otro o de un tiempo con respecto a otro.
- La interfaz transmite en tiempo real los datos generados, los cuales pueden ser visualizados en un teléfono móvil o en una pantalla
- Los datos también pueden ser extraídos al final de la jornada a través de un puerto USB.



Visualización de los parámetros de calidad del agua en el centro de mando



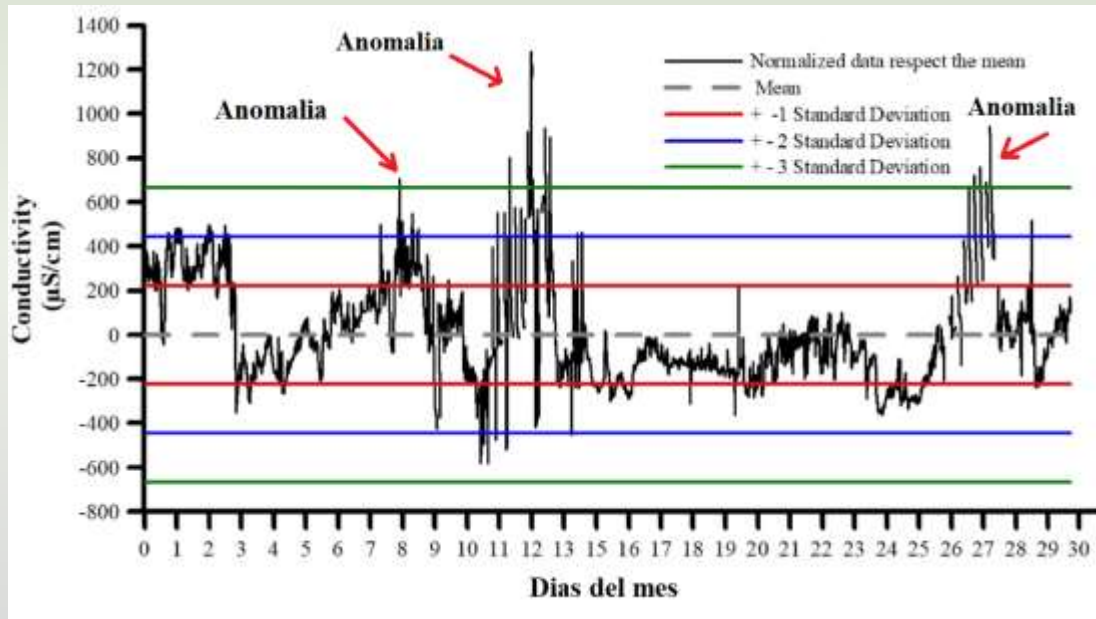
Visualización en campo

Generación automática de gráficos de series de tiempo



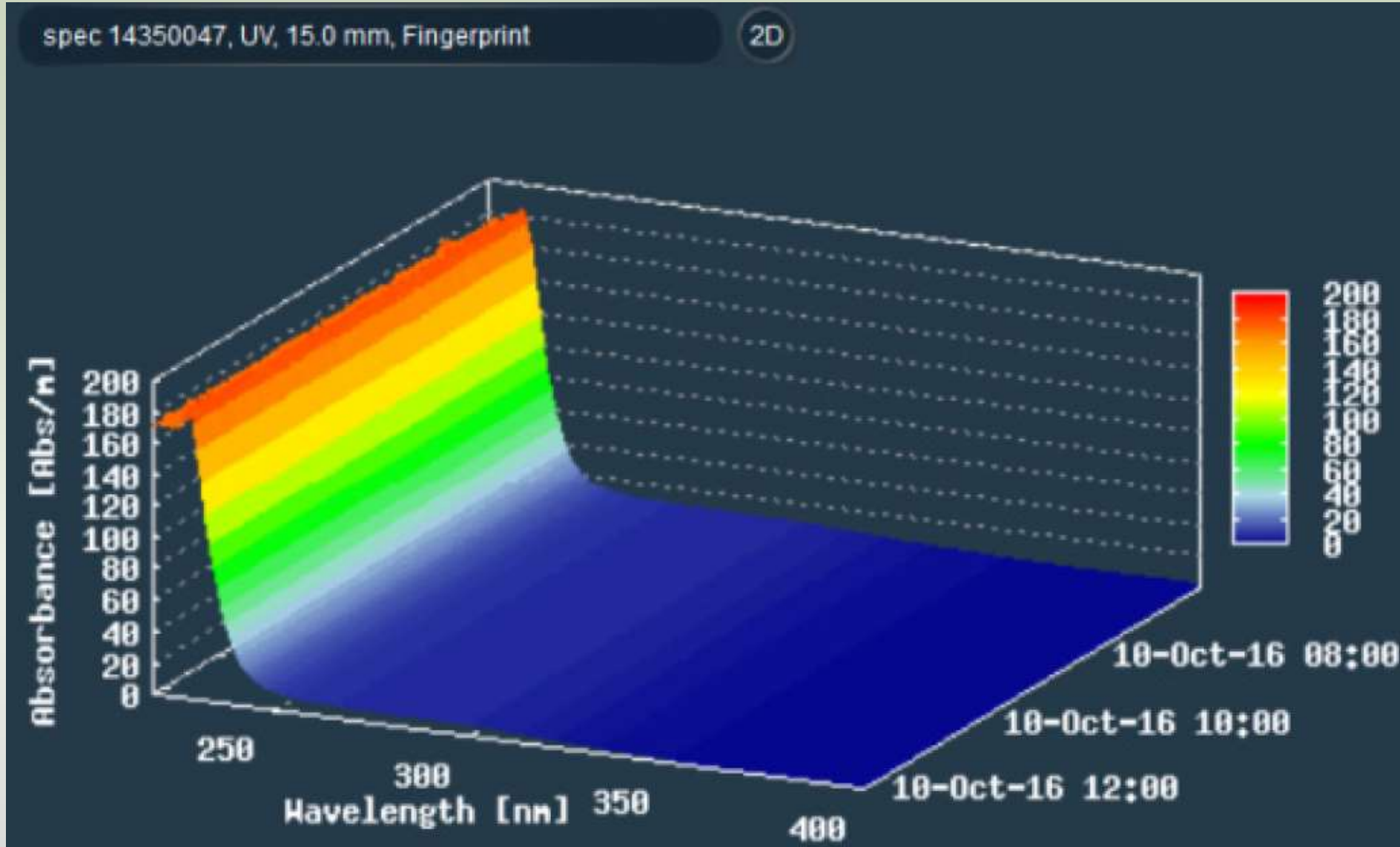
Visualización en el centro de mando

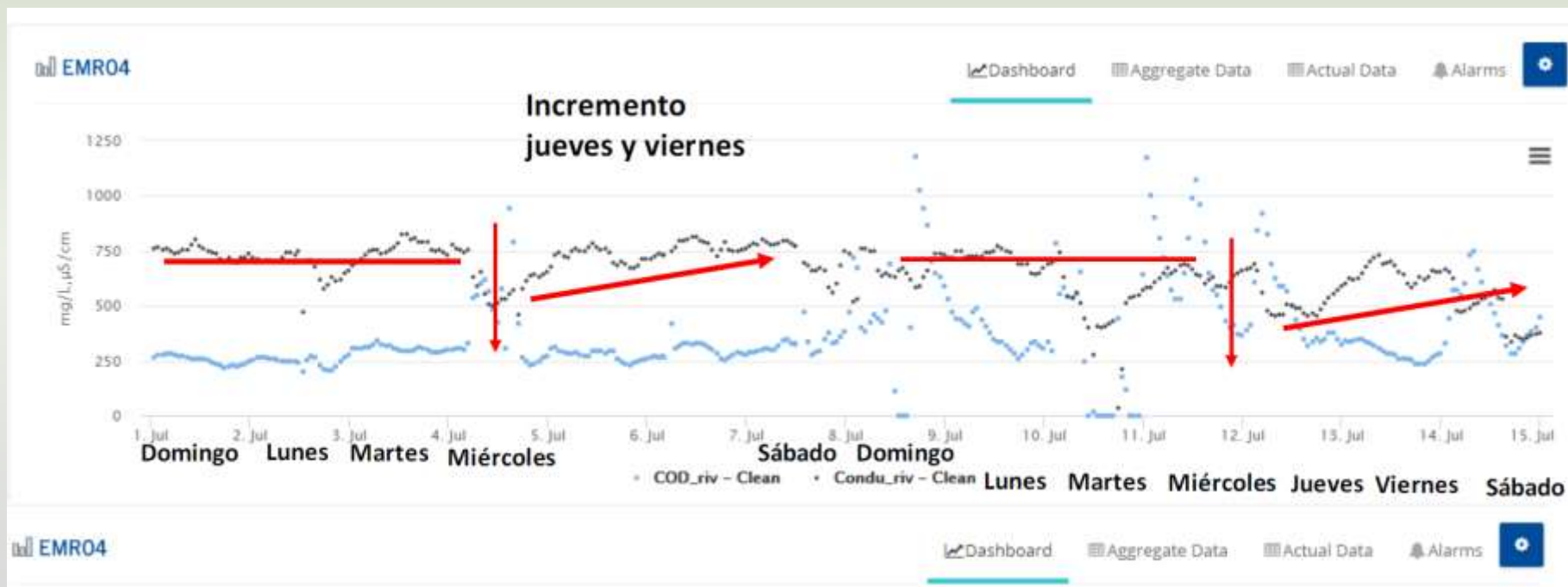
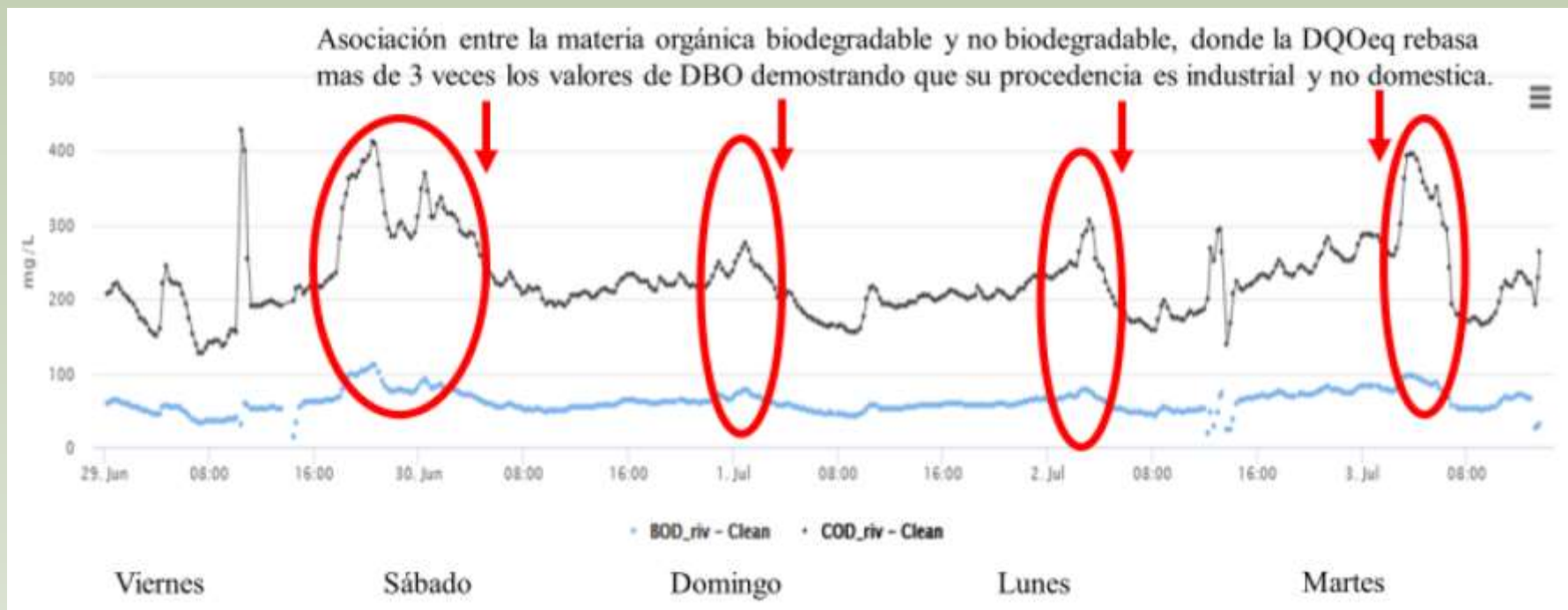
Criterio de selección de alarmas



Determinación de firmas y alarmas espectrales

Firmas espectrales.- El equipo es capaz de hacer un barrido espectral cada 2 minutos para determinar la firma espectral (huella digital) de una muestra de agua en particular







- Water for irrigation
- Water for purification
- Water for recreation
- Water for the protection of aquatic life



How much O₃ and O₂ ?
 How much time ?



$$AOR = Q \left\{ A(S_0 - S) - \underbrace{B(P_{x,bio})}_{\text{Hetero-Biomass}} + C(N_{x,I} - N_{x,E}) - \underbrace{D(P_{x,bio})}_{\text{Nitriif-Blomass}} \right\}$$

Predictive mathematical model

PASOS SEGUIDOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO OXILIFE

Paso 1.- Selección de un cuerpo de agua contaminando y ampliamente estudiado

Paso 2.- Simulación de la tecnología a nivel laboratorio (microcosmos) para la obtención de **constantes cinéticas y de proporcionalidad** que nos permitan proponer un conjunto de ecuaciones que describan lo que se ha observado (modelo preliminar). *Nota:* Tales ecuaciones pueden estar previamente publicadas, pueden ser propuestas por el autor del modelo o una combinación de ambas. Establecer sí se trata de un modelo determinístico o probabilístico. El modelo OXILIFE es de tipo determinístico ya que sus parámetros están presentados en términos de valores exactos y no aleatorios. En este paso se eligen los parámetros fisicoquímicos y biológicos que mejor describen el proceso. Para el caso del modelo OXILIFE se eligieron DQO; DBO_5 , PT, NT y CF.

2.1 Publicación de resultados en una revista científica JCR

Paso 3.- Implementación de la tecnología in situ (mesocosmos) en un ambiente relativamente controlado para la **calibración** de las constantes cinéticas y de proporcionalidad

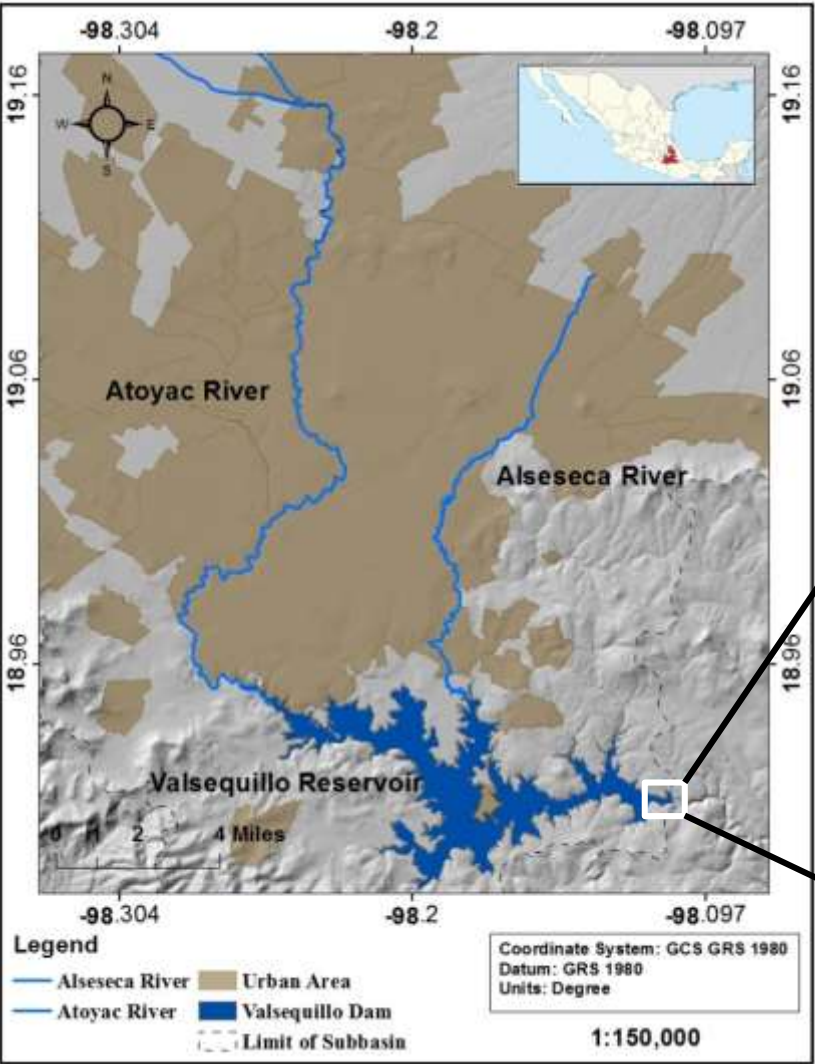
3.1 Publicación de resultados en una revista científica JCR

Paso 4.- Implementación de la tecnología a nivel macrocosmos para la **validación** del modelo matemático.

4.1 Publicación de resultados en una revista científica JCR

Paso 5.- Solicitud de patente de la invención (**Advance oxidation system and method validationTM US 63/314,988**)

La presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo) localizada al sureste de la ciudad de Puebla fue construida en 1946 con el objetivo de cubrir las necesidades de agua del distrito de riego # 30. Tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 228 millones de metros cúbicos



Muestreo de agua en el área de estudio



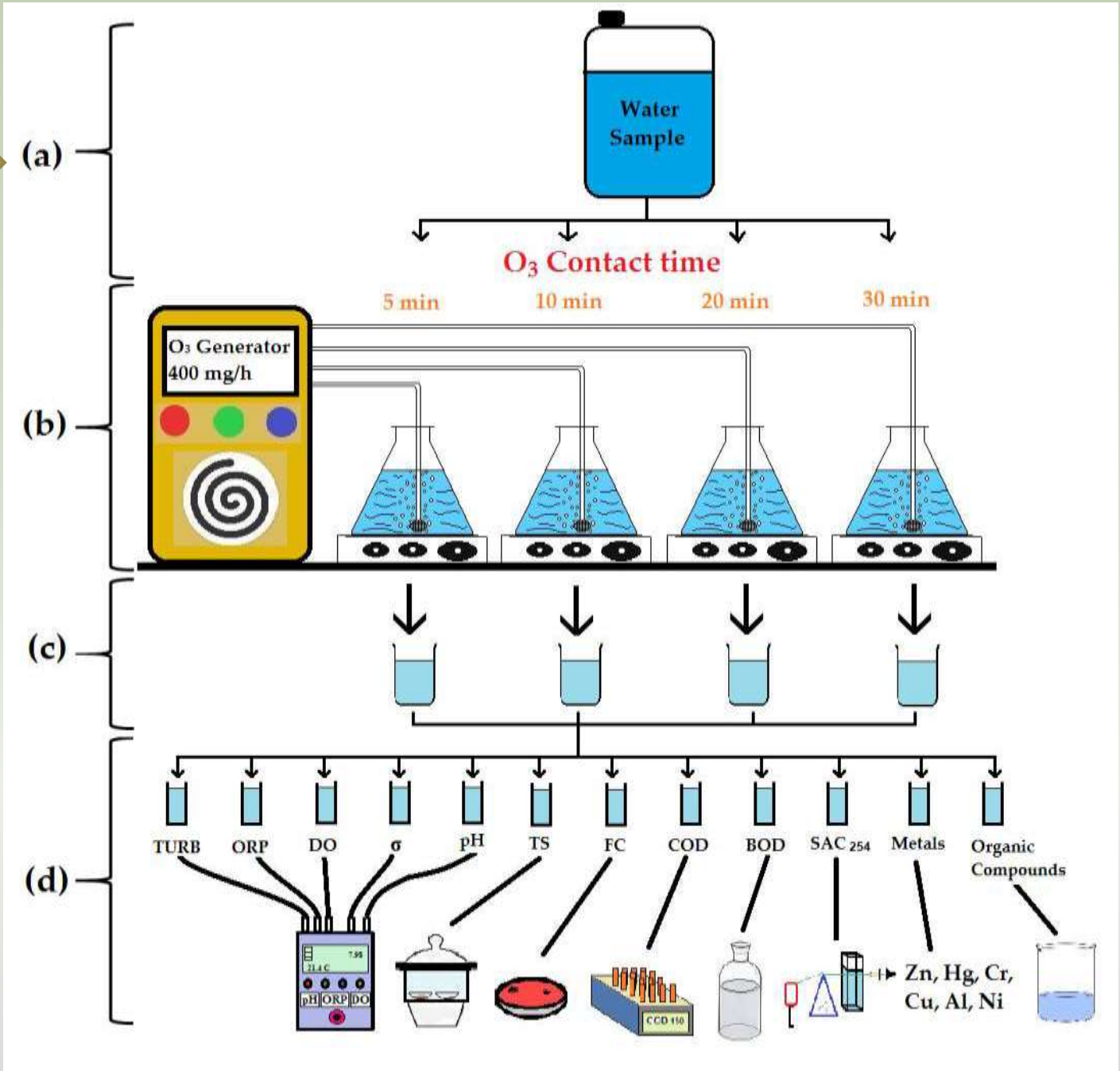
Extracción de alícuotas para la aplicación del tratamiento con diferentes dosis



Muestreo de cada alícuota para el análisis



Medición de los parámetros fisicoquímicos y biológicos



Demanda real de oxígeno

Gro up	# Equ ation n	Param eter	Equation	Units	Description	Reference
Actual Oxygen Demand Rate (AOR)	1	AOR	$AOR = Q \left\{ A(S_0 - S) + B(P_{x,bio_H}) + C(N_{x,I} - N_{x,E}) + D(P_{x,bio_N}) \right\}$	g O ₂ /h	Actual Oxygen Demand Rate	Modified from Tchobanoglous et al. (2003)
	1.1	A	$\frac{C_6H_{12}O_6}{1(180)} + \frac{6O_2}{6(32)} \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ $A = \frac{\Delta(O_2)}{\Delta(C_6H_{12}O_6)}$	g O ₂ /g substrate	Stoichiometric relationship between oxygen and carbonaceous substrate consumed	(Tchobanoglous et al., 2003)
	1.2	B	$\frac{C_5H_7NO_2}{Bacterium\ H.} + 5O_2 \rightarrow 5CO_2 + NH_3 + 2H_2O$ $B = \frac{\Delta(O_2)}{\Delta(C_5H_7NO_2)}$	g O ₂ /g substrate	Stoichiometric relationship between the oxygen consumed and the heterotrophic biomass formed	
	1.3	C	Step 1: $\frac{Nitroso-bacter}{2NH_4^+ + 3O_2} \rightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O$; $C_1 = \frac{\Delta(O_2)}{\Delta(N)}$	g O ₂ /g substrate	Stoichiometric relationship between oxygen and nitrogen susceptible to being oxidized	(Wezernak and Gannon, 1967)
			Step 2: $\frac{Nitro-bacter}{2NO_2^- + O_2} \rightarrow 2NO_3^-$; $C_2 = \frac{\Delta(O_2)}{\Delta(N)}$	$C = C_1 + C_2$ g O ₂ /g substrate		
	1.4	D	$\frac{C_5H_7NO_2}{Bacterium\ H.} + 5O_2 \rightarrow 5CO_2 + NH_3 + 2H_2O$ $D = \frac{\Delta(O_2)}{\Delta(C_5H_7NO_2)}$	g O ₂ /g biomass	Stoichiometric relationship between the oxygen consumed and the nitrifying biomass formed	Modified from Wezernak and Gannon (1967)
	1.5	P_{x,bio_H}	$P_{x,bio} = Y(S_0 - S)$	g biomass /m ³	Heterotrophic biomass	(Tchobanoglous et al., 2003)
	1.6	P_{x,bio_N}	$P_{x,bio} = Y_N(N_{x,I} - N_{x,E})$	g biomass /m ³	Nitrifying biomass	
	Variables	$N_{x,I}$	3.0	g/m ³	NH_2 ó NT at the entrance of the system	(Tabla-Hernandez et al., 2020)
		$N_{x,E}$	2.0	g/m ³	NH_2 ó NT at the exit of the system	
Q		648,000	m ³ /d	Flow		
S_0		10.7	g/m ³	BOD ₅ at the entrance of the system		
S		5.0	g/m ³	DBO ₅ at the exit of the system		
1.7	Y	$\frac{3C_6H_{12}O_6}{3(180)} + \frac{8O_2}{8(32)} + \frac{2NH_3}{2(17)} \rightarrow \frac{2C_5H_7NO_2}{2(113)} + 8CO_2 + 14H_2O$ $Y = \frac{\Delta(C_5H_7NO_2)}{\Delta(C_6H_{12}O_6)}$	g biomass _(H) /g substrate	Yield of the heterotrophic biomass formed in relation to the amount of substrate consumed	(Hoover and Porges, 1952)	
1.8	Y_N	$\frac{NH_4^+}{18} + 1.863O_2 + 0.098CO_2 \rightarrow 0.0196 \frac{C_5H_7NO_2}{113} + 0.98NO_3^- + 0.094H_2 + 1.98H^+$	g biomass _(N) /g NH ₄ ⁺	Yield of nitrifying biomass formed in relation to the amount of NH ₄ ⁺ removed	(Crites and Chobanoglous, 1998)	

Demanda standar de oxígeno

Corrección de la AOR con base en las características físicas del medio

Standard Oxygen Demand Rate (SOR)	2	<i>SOR</i>	$SOR = AOR \left[\frac{C_{s,20}}{\alpha(\beta C_{s,TH} - C_L)} \right] (\theta^{20-T}) F$	g O ₂ /h	Standard Oxygen Demand Rate	Modified from Tchobanoglous et al. (2003) and from Shamas et al. (2009)
	2.1	<i>C_{s,TH}</i>	$C_{s,TH} = C_{s,TH} \frac{1}{2} \left[\left(\frac{P_d}{P_{at,H}} \right) + \left(\frac{O_t}{100\%} \right) \right]$	g/m ³	Oxygen saturation concentration, corrected for height above sea level and considering injection depth	Modified from Tchobanoglous et al. (2003)
	2.2	<i>C_{s,TH}</i>	$C_{s,TH} = (C_{s,20})(F_a)$	g/m ³	Oxygen saturation concentration in clean water at temperature T and altitude H (meters above sea level)	(Tchobanoglous et al., 2003)
	2.3	<i>F_a</i>	$F_a = -0.0001(msnm) + 1$	-	Oxygen solubility correction factor vs height above sea level	proposed in the present work from Tchobanoglous et al. (2003)
	2.4	<i>P_d</i>	$P_d = 76(Inj\ depth) + 760$	mm Hg	Total pressure at the oxygen injection depth	proposed in the present work
	2.5	<i>α</i>	$\alpha = \frac{K_{L,a}(Wastewater)}{K_{L,a}(Tap\ water)}$	-	Oxygen transfer correction factor	(ASCE, 1992; Crites and Tchobanoglous, 1998)
	2.6	<i>β</i>	$\beta = \frac{C_{saturation\ O_2}(Wastewater)}{C_{saturation\ O_2}(Tap\ water)}$	-	Salinity-surface tension factor $\beta = 0.7 - 0.98$	(Shamas et al., 2009)
	2.7	<i>F</i>	$F = \frac{f + 100}{100}$	-	Safety factor (usually: 0.65 - 0.90)	
	Variables	<i>f</i>	10	%	Security percentage (Typically, 10 %)	proposed in the present work
		<i>C_L</i>	2	g/m ³	Operational concentration of oxygen in the liquid	
<i>θ</i>		1.06	-	Arrhenius coefficient of temperature correction	(Shamas et al., 2009)	
<i>C_{s,20}</i>		9.08	g/m ³	Oxygen concentration at standard conditions (20 °C, 0 ppm salinity and 1 Atmosphere pressure)	(Colt, 1984)	
<i>O_t</i>		85	%	Percentage of oxygen that remains in the lake and does not escape from the atmosphere	proposed in the present work	
<i>P_{at,H}</i>		760	mm Hg	Atmospheric pressure under standard conditions (sea level)	-	
<i>HASL</i>		2000	mm Hg	Height above sea level	(CONAGUA, 2012)	
<i>Inj. Depth</i>		5	m	Oxygen injection depth	(Tabla-Hernandez et al., 2020)	
<i>T</i>	22	°C	Lake water temperature			

Calculo de la remoción de fosforo capturado por las bacterias

Phosphorus removal	3	P_E	$P_E = P_I - X(P_{x,bio_H} + P_{x,bio_N})$	g/m^3	Exit concentration of phosphorus after treatment	proposed in the present work
	3.1	X	$C_{60}H_{97}O_{23}N_{12}P$; $X = \frac{PM(P)}{PM(Bacterium)}$	$g\ P/g\ biomass$	Yield of phosphorus captured as a function of biomass generated	(Hoover and Porges, 1952)
	Variable	P_I	2.6	g/m^3	Initial phosphorus concentration	(Tabla-Hernandez et al., 2020)

Demanda de ozono

- En función de la fracción no biodegradable de la DQO (materia orgánica no biodegradable)
- En función de la cantidad de patógenos medidos como Coliformes fecales

Ozone demand for COD removal	4	$DO_3(COD)$	$DO_3 = ZQ(nbCOD_0 - nbCOD)$	g/m^3	Ozone demand for the removal of non-biodegradable organic matter	proposed in the present work
	Variable	Z	0.004	$g\ O_3/g\ COD$	Required ozone yield based on chemical oxygen demand	(Tabla-Hernández et al., 2018)
		$nbCOD_0$	$nbCOD_0 = COD_0 - S_0$	g/m^3	Non-biodegradable chemical oxygen demand concentration at the start of treatment	proposed in the present work
		COD_0	36	g/m^3	Total COD concentration before treatment	
		$nbCOD$	12.4	g/m^3	Non-biodegradable COD concentration after treatment	(Tabla-Hernandez et al., 2020)
		COD	17.4	g/m^3	Total COD concentration after treatment	
Ozone demand for FC removal	5	$DO_3(FC)$	$DO_3(CF) = W(FC_1 - FC)(100,000)Q$	$g\ O_3/d$	Ozone demand for the removal of fecal coliforms	proposed in the present work
	Variables	W	1.3×10^{-9}	$g\ O_3/CFU$	Ozone yield required depending on each colony forming unit (CFU)	(Tabla-Hernández et al., 2018)
		FC_1	3107	UFC/100 ml	FC concentration before treatment	(Tabla-Hernandez et al., 2020)
		FC	45.2	UFC/100 ml	FC concentration after treatment	

Valores de concentración de constantes calibradas, no- calibradas y parámetros fisicoquímicos utilizados en el modelo

Fixed variables			
Parameter	Units	Original values	Calibrated value
B	g O ₂ /g biomass	1.4	—
C	g O ₂ /g biomass	4.6	—
D	g O ₂ /g biomass	1.4	—
$P_{x,bioH}$	g biomass m ⁻³	2.4	—
$N_{x,I}$	g m ⁻³	11.5	—
$N_{x,E}$	g m ⁻³	7.0	—
Q	m ³ d ⁻¹	648 000.0	—
S_0 (BOD ₀)	g m ⁻³	10.7	—
S (BOD)	g m ⁻³	5.0	—
Y	g biomass _(H) /g substrate	0.4	—
$C_{S,TH}$	g m ⁻³	8.5	—
$C_{S,TH}$	g m ⁻³	7.3	—
F_a	m	0.8	—
P_d	mm Hg	1140.0	—
α	—	1.2	—
β	—	0.9	—
F	%	10.0	—
C_L	g m ⁻³	2.0	—
θ	—	1.1	—
$C_{s,20}$	g m ⁻³	9.1	—
O_t	%	85.0	—
$P_{at,H}$	mm Hg	760.0	—
HASL	mm Hg	2000.0	—
Injec. depth	m	5.0	—
T	°C	22.0	—
P_I	g m ⁻³	2.6	—
nbCOD ₀	g m ⁻³	25.3	—
COD ₀	g m ⁻³	36.0	—
nbCOD	g m ⁻³	12.4	—
FC _I	CFU/100 ml	3107.0	—
FC	CFU/100 ml	45.2	—

Coefficient calibration			
A	g O ₂ /g substrate	1.1	1.0
Y_N	g de biomass _(N) /g NH ₄ ⁺	0.1	0.2
$P_{x,bioN}$	g biomass m ⁻³	0.5	1.2
Z	g O ₃ /g COD	4.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}
W	g O ₃ /CFU	1.3×10^{-9}	4.3×10^{-10}
X	g P/g biomass	2.0×10^{-2}	0.3
Calculation of variables from the calibration of the coefficients			
AOR	Kg O ₂ h ⁻¹	612	575
SOR	g O ₂ h ⁻¹	798	750
DO ₃ (COD)	g m ⁻³	464.4	120
P_E	g m ⁻³	2.54	1.5
DO ₃ (FC)	g O ₃ d ⁻¹	1074.6	120

CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

1.- Presentación de la Unidad JETLIFE de oxidación avanzada

- Origen
- Características
- Proyectos Desarrollados
- Cartas de Recomendación
- Publicaciones Internacionales

2.- Necesidades existentes y soluciones que da la tecnología con JETLIFE

3.- Efecto de la oxidación avanzada sobre cada tipo de contaminante

4.- Experiencias en la recuperación de cuerpos de agua contaminados

5. - Valores de concentración letales de ozono en distintos organismos

6.- Unidad Científica ARGO

7.- Construcción del modelo matemático OxiLife

8.- Eliminación de cianobacterias y algas con AOP