

# Oportunidades de Monitoreo Ambiental Inteligente en Tamaulipas

Dr. Marco Aurelio Nuño-Maganda

Universidad Politécnica de Victoria  
Laboratorio de Sistemas Inteligentes  
[mnunom@upv.edu.mx](mailto:mnunom@upv.edu.mx)

Agosto 2022

# Contenido

- 1 Areas protegidas de Tamaulipas
- 2 Monitoreo de la Calidad del Agua en Tamaulipas
- 3 Caracterización de Flora y Fauna en Tamps
- 4 Monitoreo Ambiental Inteligente
- 5 Conclusiones

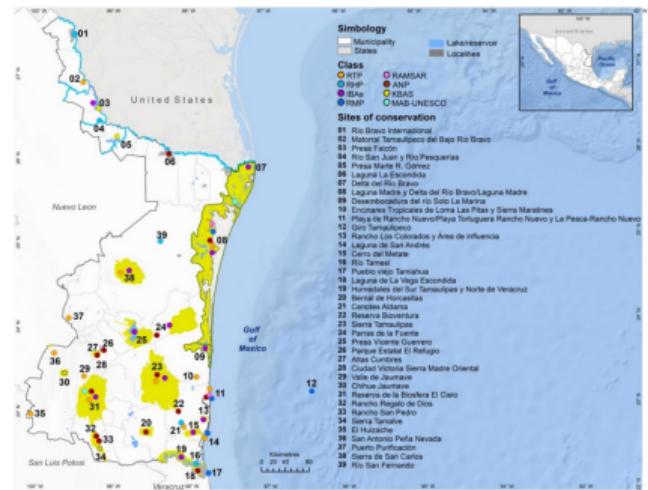
# Contenido

- 1 Areas protegidas de Tamaulipas
- 2 Monitoreo de la Calidad del Agua en Tamaulipas
- 3 Caracterización de Flora y Fauna en Tamps
- 4 Monitoreo Ambiental Inteligente
- 5 Conclusiones

# Areas protegidas de Tamaulipas

39 sitios importantes de conservación (Caballero-Rico et al [1]\*)

- 1 Areas Protegidas
- 2 Regiones Terrestres Prioritarias
- 3 Regiones Marinas Prioritarias
- 4 Regiones Hidrológicas Prioritarias
- 5 Áreas Importantes de Aves
- 6 Áreas Clave de Biodiversidad
- 7 Convención Relativa a los humedales de Importancia Internacional (RAMSAR)
- 8 UNESCO-MABs (Man and the Biosphere (MAB))

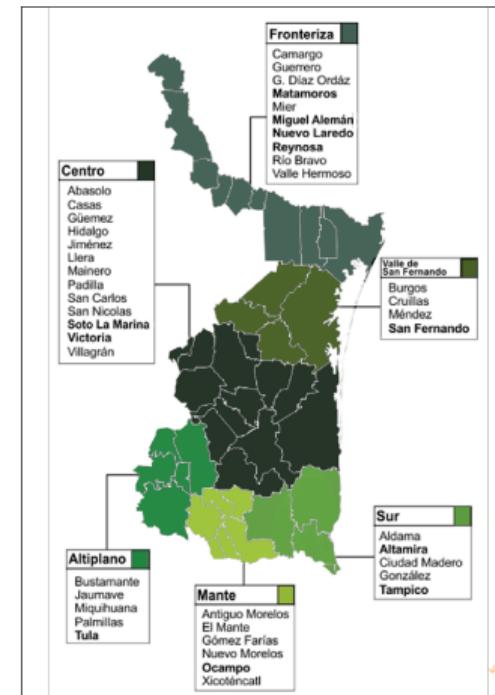


\* Frida Carmina Caballero-Rico, Ramón Ventura Roque-Hernández, Ricardo de la Garza Cano, and Eduardo Arvizu-Sánchez. "Challenges for the Integrated Management of Priority Areas for Conservation in Tamaulipas, México". In: *Sustainability* 14.1 (2022). ISSN: 2071-1050. doi: 10.3390/su14010494. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/1/494>.

# Distribución de los sitios de conservación por region del estado de Tamaulipas

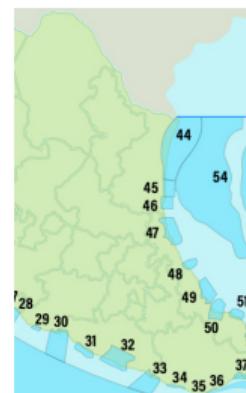
- ① Fronteriza: 7
- ② Valle de San Fernando: 2
- ③ Centro: 10
- ④ Altiplano: 4
- ⑤ El Mante: 4
- ⑥ Sur: 10
- ⑦ Oceánica: 1 (Giro Tamaulipeco)

*ADVC (Area destinada voluntariamente a la conservación).*  
*En Tamaulipas hay dos: Rancho San Pedro (Antiguo Morelos) y la Reserva Bio Ventura (Aldama)*



# Zona Oceánica Giro Tamaulipeco

- ① AU: Áreas de uso por sectores
- ② AFI: Áreas de falta de información de biodiversidad
- ③ Polígono: Latitud. 25°59'24" a 20°33', Longitud. 97°19'48" a 94°28'12"
- ④ Extensión: 90 145 km<sup>2</sup>
- ⑤ Oceanografía: como proceso oceánico está el Gran Giro Anticiclónico Tamaulipeco.
- ⑥ Biodiversidad: fitoplancton, zooplancton, peces, aves residentes (Laguna Madre) y aves migratorias.
- ⑦ Aspectos económicos: zona pesquera con conflictos internacionales (Zona Económica Exclusiva) y explotación de tiburón, atún y sardina.
- ⑧ Problemática: contaminantes industriales y petroleros.



# Contenido

- 1 Areas protegidas de Tamaulipas
- 2 Monitoreo de la Calidad del Agua en Tamaulipas
- 3 Caracterización de Flora y Fauna en Tamps
- 4 Monitoreo Ambiental Inteligente
- 5 Conclusiones

# Datos de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Nacionales (RNMCA)

- Se reportan datos de 4,561 sitios de monitoreo
  - Aguas superficiales (3,493)
  - Aguas subterráneas (1,068)
- Los datos disponibles son del año 2020
- Con respecto al estado de Tamaulipas, sólo para aguas superficiales se tienen 164 sitios de monitoreo

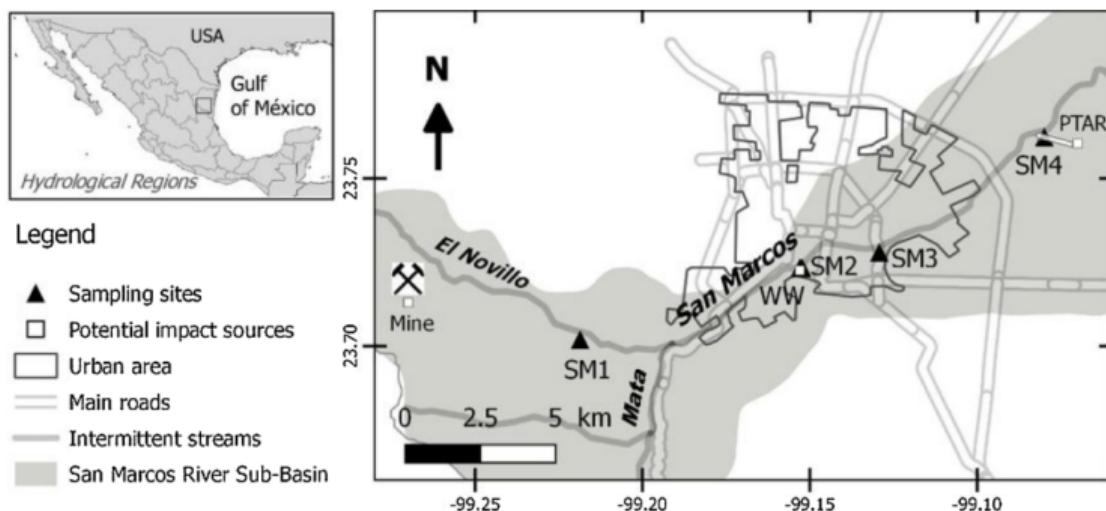
# Parámetros de contaminación del agua

Parámetros para determinar niveles de contaminación del AGUA:

- Chlorophyll-a (Chl-a)(Clorofila) - Medida de la cantidad de algas en el agua. Un exceso causa problemas en la cantidad de oxígeno disuelto, además de que algunas pueden ser tóxicas
- Turbidity (Turbiedad) - Medida de la claridad de un líquido
- Total Suspended Matter (TSM) - Medida de la cantidad de sedimentos, que pueden ser de origen orgánico o inorgánico
- Secchi Disk Depth (SDD) - La profundidad Secchi se refiere a la profundidad a la que un disco sumergido en el agua ya no puede verse desde la superficie. La profundidad Secchi está relacionada con la claridad del agua y es una medida de la profundidad a la que puede penetrar la luz en el agua

# Evaluación de la calidad del agua y del riesgo ecológico de los caudales intermitentes que atraviesan zonas mineras y urbanas de la subcuenca del río San Marcos, México

- Se analizó la calidad del agua y el riesgo ecológico en el sistema fluvial intermitente de El Novillo y San Marcos [2]\*



\* Elisenda López, Reynaldo Patiño, María L. Vázquez-Sauceda, Roberto Pérez-Castañeda, Leonardo U. Arellano-Méndez, René Ventura, and Lorenzo Heyer. "Water quality and ecological risk assessment of intermittent streamflow through mining and urban areas of San Marcos River sub-basin, Mexico". In: *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 14 (2020), p. 100369. ISSN 2215-1532. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100369>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215153220303512>.

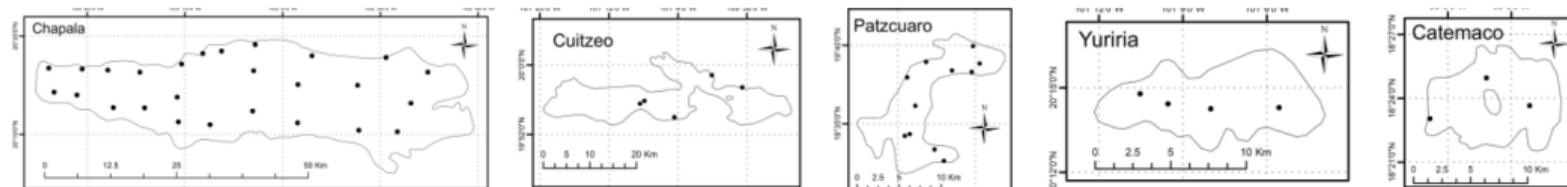
# Evaluación de la calidad del agua y del riesgo ecológico de los caudales intermitentes que atraviesan zonas mineras y urbanas de la subcuenca del río San Marcos, México

- ① Se cuantificaron los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos
- ② En base a criterios nacionales e internacionales, los promedios anuales de los parámetros de calidad del agua analizados sugieren que el caudal de estos sistemas fluviales es de mala calidad y supone un alto riesgo ecológico para la vida acuática.
- ③ En la zona urbana, las concentraciones medias anuales de Cd y Pb (0,14 y 0,4 mg/L) eran 77 y 10 veces superiores a sus respectivos criterios de calidad del agua (¡0,0018 y 0,04 mg/L)

# Integración de Sensado Remoto y datos de RMNCA (1)

Integrar datos de la RMNCA y de imágenes satelitales [3]\*

- Datos de la Red Nacional de Monitoreo del Agua (2013–2019)
- Imágenes de Landsat-8 OLI, Sentinel-3 OLCI, and Sentinel-2 MSI
- Regiones estudiadas: Chapala, Cuitzeo, Pátzcuaro, Yuriria y Catemaco
- Entrenamiento de diferentes clasificadores: extreme learning machine (ELM), support vector regression (SVR) y linear regression (LR)



\* Leonardo F. Arias-Rodríguez, Zheng Duan, José de Jesús Díaz-Torres, Mónica Basilio Hazas, Jingshui Huang, Bapitha Udhaya Kumar, Ye Tuo, and Markus Disse. "Integration of Remote Sensing and Mexican Water Quality Monitoring System Using an Extreme Learning Machine". In: *Sensors* 21.12 (2021). ISSN: 1424-8220. DOI: 10.3390/s21124118.

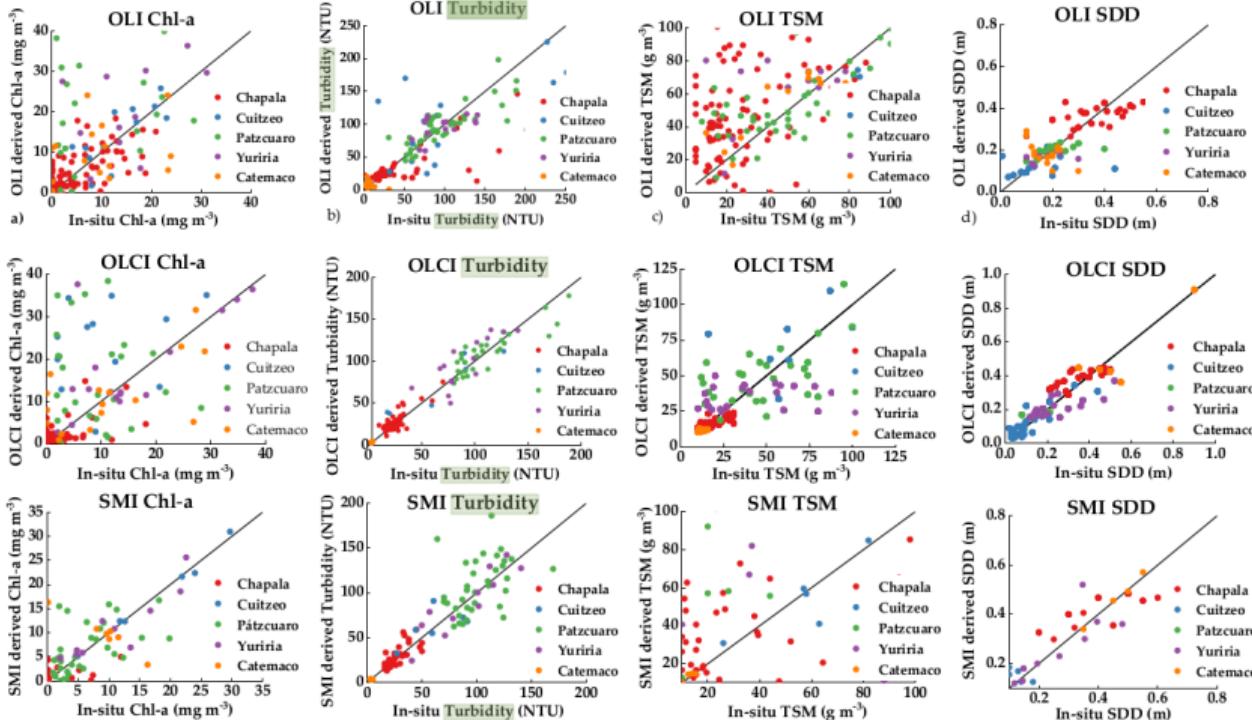
## Integración de Sensado Remoto y datos de RMNCA (2)

- Operational Land Imager (OLI)
- Ocean and Land Color Instrument (OLCI)
- MultiSpectral Instrument (MSI)

Características de las imágenes satelitales utilizadas:

Satellite	Temporal Resolution (Days)	Spatial Resolution (m)	Launched	Spectral Bands
Landsat-8 OLI	16	30	2013	11
Sentinel-3A and 3B	2-3	300	3A, 2016; 3B, 2018	21
Sentinel-2A and 2B	5	10 and 20	2A, 2015; 2B, 2017	13

# Integración de Sensado Remoto y datos de RMNCA (3)



# Evaluación de presencia de pesticidas en pescados de la presa Vicente Guerrero (1)

- Se evaluó la presencia de pesticidas organoclorados (aldrín, endrín, clordano, mirex, heptacloro, DDT, DDE, DDD) en el músculo de 4 especies de pescado de la Presa Vicente Guerrero del estado de Tamaulipas (México): bagre; carpa, lobina y tilapia [4]\*
- En México, la lista de los plaguicidas autorizados y restringidos se encuentra en el Catálogo Oficial de Plaguicidas, publicado por la Comisión Intersecretarial para el Control y uso de Plaguicidas, Fertilizantes, y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST)

---

\* R. M Uresti Marín, R Santiago Adame, N. E Díaz Moroles, J Gutiérrez Lozano, M Vázquez, and J. A. Ramírez de León. "Evaluación preliminar de la presencia de pesticidas organoclorados en pescados de la Presa Vicente Guerrero (Tamaulipas, México)". In: *Ciencia y Tecnología Alimentaria* (2008). ISSN: 1135-8122. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72460107>.

## Evaluación de presencia de pesticidas en pescados de la presa Vicente Guerrero (2)

- Para la determinación de los pesticidas se usó extracción en fase sólida y cromatografía de gases con detector de captura de electrones
- 5 ejemplares para cada especie, ng/g, desviación estándar entre paréntesis, DLD (Debajo del límite de detección)
- El *p,p'*-DDE es un metabolito y producto de degradación del pesticida organoclorado DDT (Dichlorodiphenyltrichloroethane)

Plaguicida	Bagre		Carpa		Lobina		Tilapia	
Heptacloro	ND		12,58	(7,22)	ND		ND	
Aldrín	0,93	(0,61)	3,79	(0,13)	0,25	(0,56)	0,97	(0,55)
Endrín	2,40	(3,25)	0,80	(1,78)	5,21	(11,64)	5,16	(8,36)
$\gamma$ -Clordano	1,53	(3,41)	11,86	(14,43)	7,41	(3,81)	10,20	(5,92)
$\alpha$ -Clordano	32,84	(46,02)	ND		1,03	(2,30)	7,20	(6,97)
Otros clordanos	44,66	(47,73)	11,86	(14,42)	64,22	(55,32)	41,40	(22,56)
Mirex	ND		ND		DLD		DLD	
<i>p-p'</i> -DDT	0,93	(1,27)	3,44	(1,93)	2,79	(3,32)	2,54	(5,68)
<i>p-p'</i> -DDD	6,34	(0,48)	4,11	(0,52)	7,08	(1,77)	5,91	(3,50)
<i>p-p'</i> -DDE	212,31	(72,17)	165,98	(231,98)	239,90	(221,56)	22,75	(42,53)

# Contenido

- 1 Areas protegidas de Tamaulipas
- 2 Monitoreo de la Calidad del Agua en Tamaulipas
- 3 Caracterización de Flora y Fauna en Tamps
- 4 Monitoreo Ambiental Inteligente
- 5 Conclusiones

# Diversity, distribution and conservation of the Cactaceae (Caryophyllales) from Tamaulipas, Mexico (1)

- Se utilizaron bases de datos para generar una distribución geográfica, diversidad, endemismo y conservación de las Cactaceae en Tamaulipas [5]\*
- El territorio de Tamaulipas se dividió en celdas cuadriculadas de  $10 \times 10$  minutos latitud/longitud y se utilizaron como unidades de análisis
- La mayor diversidad de especies se da en la región suroccidental asociada a las laderas de la Sierra Madre Oriental y el valle de Jaumave

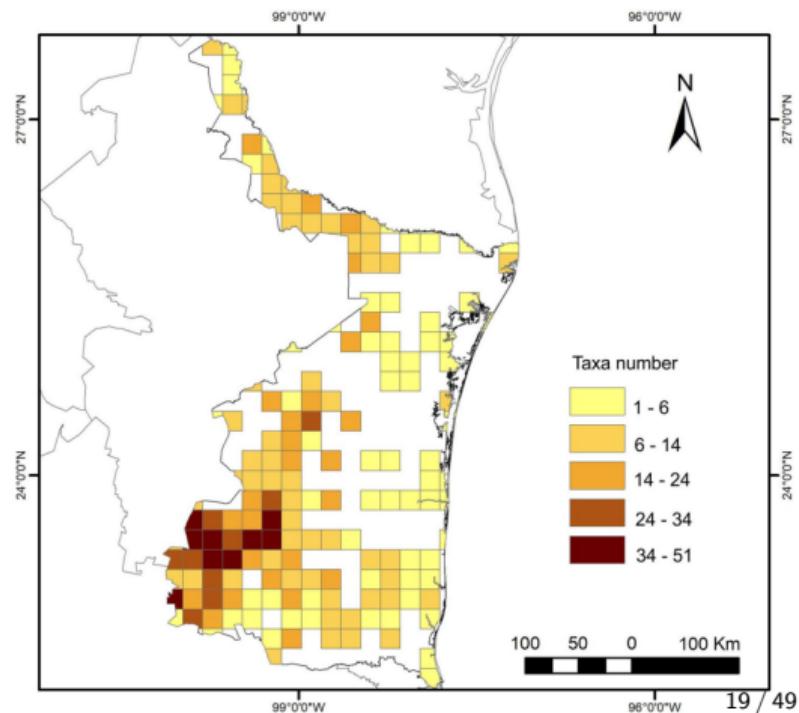
---

\* Un minuto equivale a 1,8 Km

\* Leccinum J. García-Morales, Jesús García-Jiménez, Raúl Contreras-Medina, Othón Alcántara-Ayala, and Isolda Luna-Vega. "Diversity, distribution and conservation of the Cactaceae (Caryophyllales) from Tamaulipas, Mexico". In: *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 156.6 (2022), pp. 1405–1421. DOI: 10.1080/11263504.2022.2056648.

# Diversity, distribution and conservation of the Cactaceae (Caryophyllales) from Tamaulipas, Mexico (2)

- Revisaron 25 años de registros en diferentes herbarias (por ejemplo, Univ de Arizona)
- Bases de datos de las CONABIO y del Missouri Botanical Garden
- Se obtuvieron 3698 registros con coordenadas geográficas incluidas



# SIG y Google Earth para modelo de distribución del bosque de oyamel en Tamaulipas (1)

- En la parte septentrional de México los Oyamel (Abetos) son escasos y restringidos.
- En Tamaulipas se ubican cercanos al Cerro San Antonio Peña Nevada, que forma parte la Sierra Madre Oriental
- Los mapas actuales de distribución de las comunidades vegetales mexicanas, como los de INEGI, se encuentran disponibles en formato digital a una escala de 1:250,000 [6]\*

---

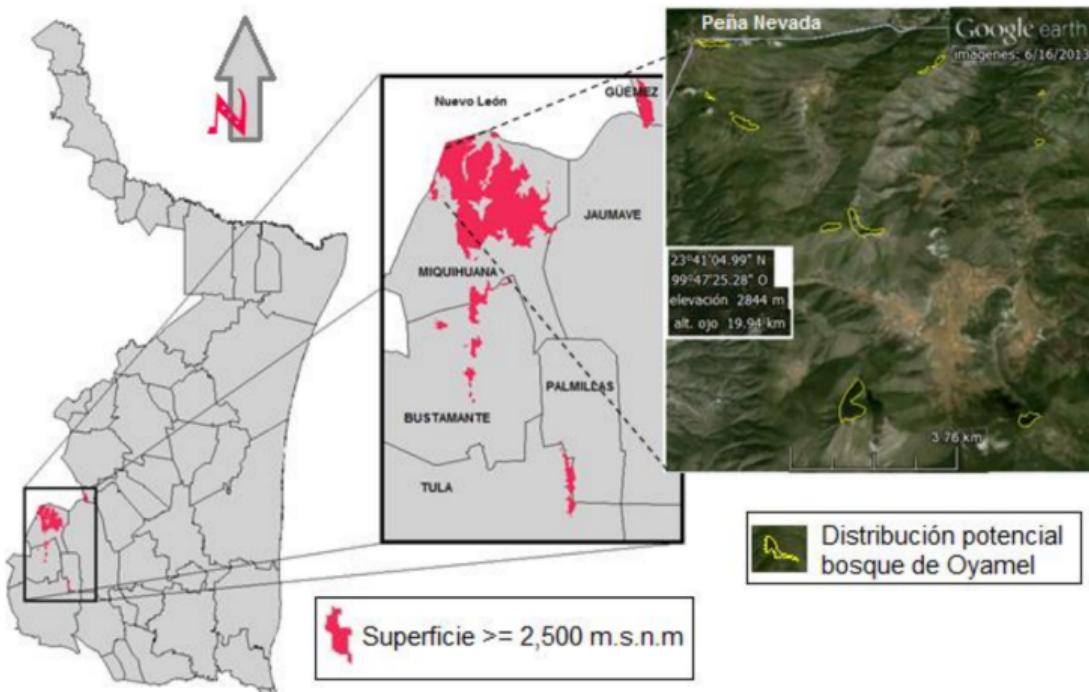
\* Pablo Ochoa-Sandoval, Glenda Requena Lara, Jacinto Carreón, and Juan Francisco Morales Pacheco. "Uso de un SIG y Google Earth™ para generar un modelo de distribución potencial del bosque de oyamel en Tamaulipas". In: *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias* 2 (Junio 2015).



## SIG y Google Earth para modelo de distribución del bosque de oyamel en Tamaulipas (2)

- El área mínima cartografiable es mayor al tamaño de relictos de oyamel observados en Tamaulipas, situados en algunas cañadas y cerros, con individuos de *Abies* formando bosquecillos, que no se han registrado oficialmente
- Se utilizó el módulo Spatial Analyst para el software ArcView, que a partir de mapas en formato raster para determinar la presencia de la especie en los mapas
- El área de estudio se restringe a los sitios con elevación igual o superior a los 2,500 msnm
- En el municipio de Miquihuana existen elevaciones mayores a 3,000 msnm, por lo que en este municipio se visitó un sitio previamente identificado con presencia de *Abies*, (Cerro del Nacimiento), donde el bosquecillo fue encontrado a 3,200 msnm.

# SIG y Google Earth para modelo de distribución del bosque de oyamel en Tamaulipas (3)

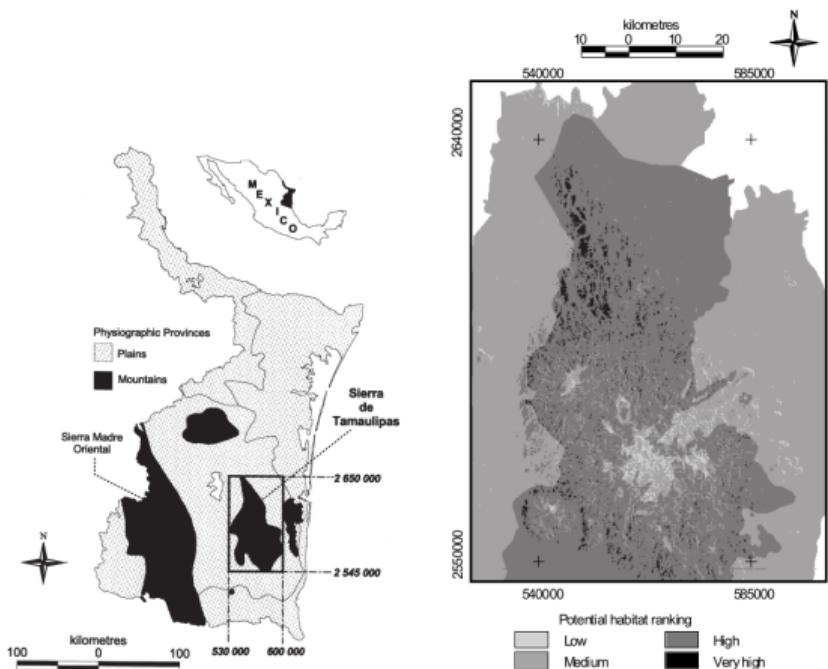


# Análisis paisajístico del hábitat del jaguar (*Panthera onca*) (1)

- Se empleó un SIG para evaluar la influencia de las actividades humanas en la estructura del hábitat del Jaguar (*panthera onca*) en la Sierra de Tamauliapas [7]\*
- En dicho estudio:
  - Se clasificó el hábitat potencial en función de las asociaciones entre los atributos medioambientales (topografía y vegetación) y la distribución de frecuencia de registros de avistamientos de jaguares;
  - Se clasificó la cobertura de una imagen Landsat-TM de 1990 y mapeó la estructura la estructura del paisaje del hábitat de alto potencial;
  - Se comparó el grado de fragmentación de la vegetación fragmentada por diferentes tipos de propietarios.

\* MIGUEL A. ORTEGA-HUERTA and KIMBERLY E. MEDLEY. "Landscape analysis of jaguar (*Panthera onca*) habitat using sighting records in the Sierra de Tamaulipas, Mexico". In: *Environmental Conservation* 26.4 (1999), pp. 257–269. doi: 10.1017/S0376892999000887.

# Análisis paisajístico del hábitat del jaguar (*Panthera onca*) (2)

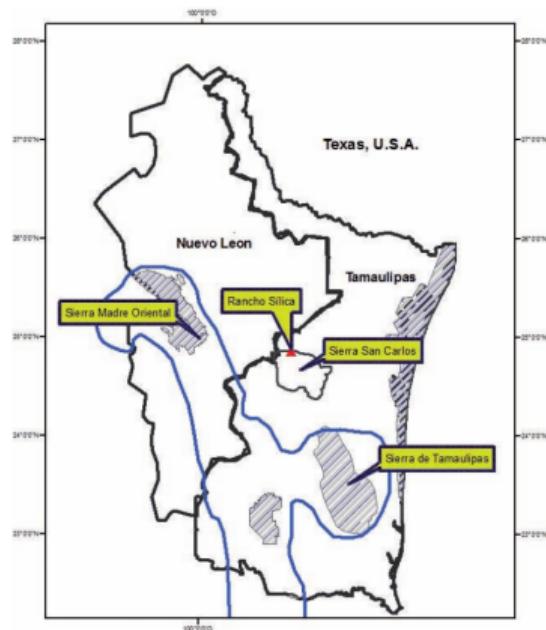


# Confirmación de jaguares, ocelotes y jaguarundis en la Sierra de San Carlos (1)

- El área de distribución del jaguar, ocelote y jaguarundi en el noreste de México no está bien reconocida
- La Sierra de San Carlos ( $24^{\circ}30' & 25^{\circ}00'$  N /  $98^{\circ}30' & 99^{\circ} 15'$  O) también conocida como Sierra Chiquita o Cruillas, esta ubicada en el norte del tamaulipas
- No hay registros confirmados de estas especies dentro de la Sierra de San Carlos, aunque en estudios previos se incluye esta área como potencial para la distribución de las tres especies de felinos
- En un artículo [8]\* se confirma fotográficamente la visita de ocelotes y jaguarundis en un ojo de agua dentro del Rancho Sílica, y posteriormente también fue confirmada la visita de un jaguar en el mismo lugar

\* Arturo Caso and Eferaín Domínguez. "Confirmed presence of jaguar, ocelot and jaguarundi in the Sierra of San Carlos, Mexico". In: *CatNews* (2018).

# Confirmación de jaguares, ocelotes y jaguarundis en la Sierra de San Carlos (2)



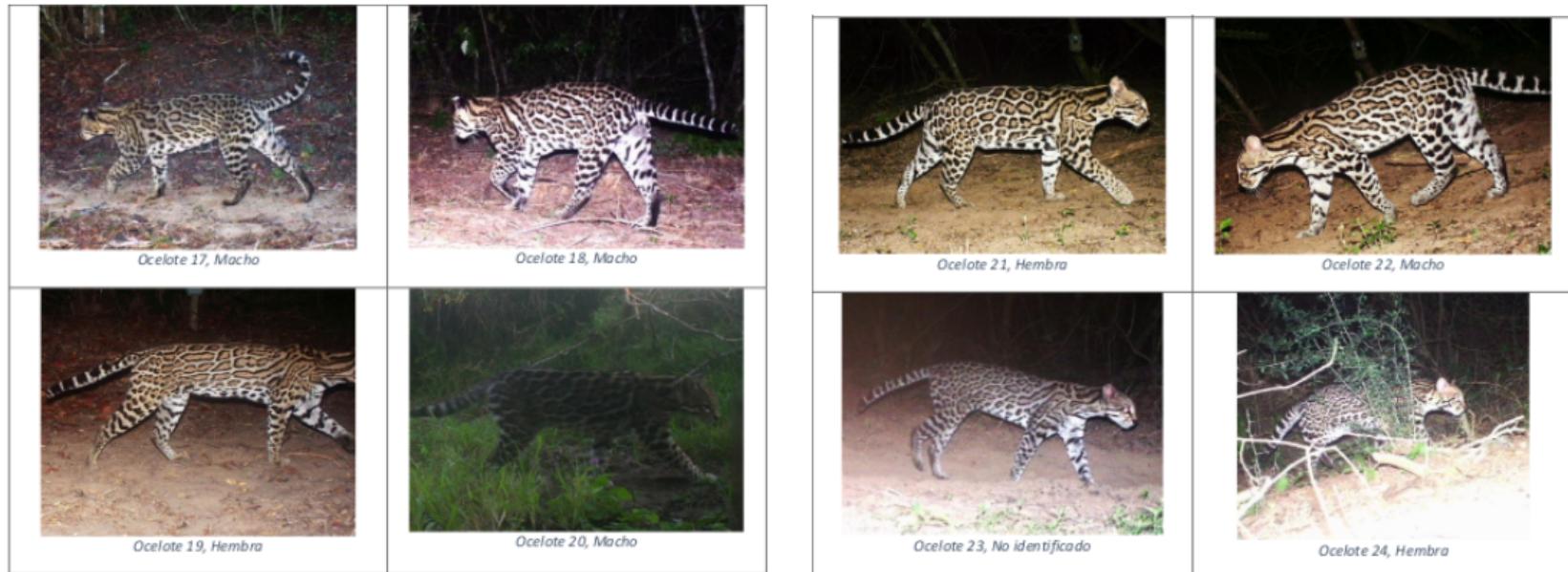
# Estimación de la densidad de población del Ocelote (1)

- Se realizó una estimación del Ocelote (*Leopardus pardalis*) en la región de la Laguna Madre, Tamaulipas [9]\*
- Se obtuvieron 473 registros fotográficos, identificando 51 individuos (19 machos, 19 hembras, 13 no identificados)
- Se utilizaron dos herramientas software para estimar la densidad poblacional (CAPTURE y SPACECAP) a partir de los datos del fototrampeo
- Atribuyen la alta densidad de ocelotes a la ausencia del jaguar (*Pantera orca*)

---

\* Omar Alejandro Ocañas García. "Densidad Poblacional de Ocelote *Leopardus Pardalis* en la Región de la Laguna Madre, Tamaulipas". MA thesis. Universidad Autónoma de Nuevo León, 2019.

## Estimación de la densidad de población del Ocelote (2)



## Monitoreo jaguarundi (1)

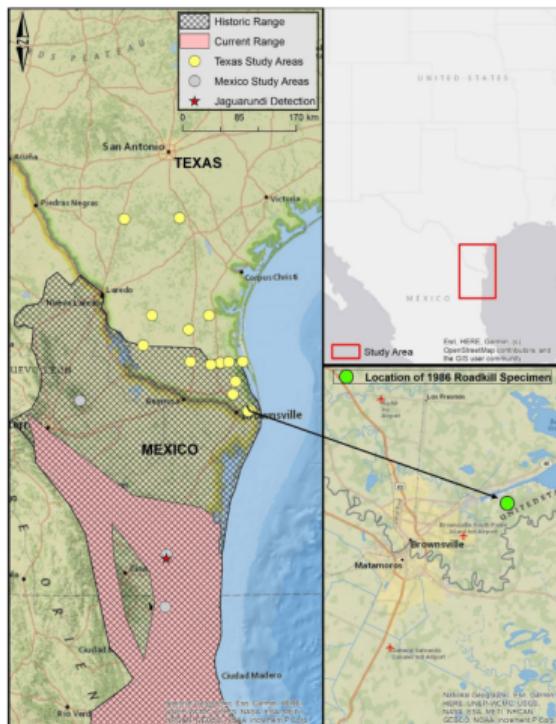
- Se realizó un censo de 2003 a 2021 utilizando cámaras-trampa en el sur de Texas y el norte de Tamaulipas, México, con el fin de estudiar las poblaciones de felinos medianos (ocelotes [*Leopardus pardalis*], linces [*Lynx rufus*] y jaguares) [10]\*
- El último avistamiento de un jaguarundi en Texas fue en 1986 (atropellado)
- Después de 350,366 noches trampa en 685 sitios con cámaras, no se detectaron jaguarundis en 16 propiedades o a lo largo de 2 carreteras ( $1050 \text{ km}^2$  ) en Texas.
- Sin embargo, se registrarón 126 detecciones fotográficas de jaguaruarundi en 15,784 noches trampa en 2 propiedades ( $125.3 \text{ km}^2$  ) en la Sierra Norte de Tamaulipas. la Sierra Norte de Tamaulipas, Tamaulipas, México

---

\* Jason V. Lombardi, Aaron M. Haines, G. Wesley Watts III, Lonnie I. Grassman Jr., Jan E. Janečka, Arturo Caso, Sasha Carvajal, Zachary M. Wardle, Thomas J. Yamashita, W. Chad Stasey, Aidan B. Branney, Daniel G. Scognamillo, Tyler A. Campbell, John H. Young Jr, and Michael E. Tewes. "Status and distribution of jaguarundi in Texas and Northeastern México: Making the case for extirpation and initiation of recovery in the United States". In: *Ecology and Evolution* 12.3 (2022), e8642. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.8642>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ece3.8642>.



## Monitoreo jaguarundi (2)



# Comparación de sistemas para diferenciar Ocelores de Jaguares (1)

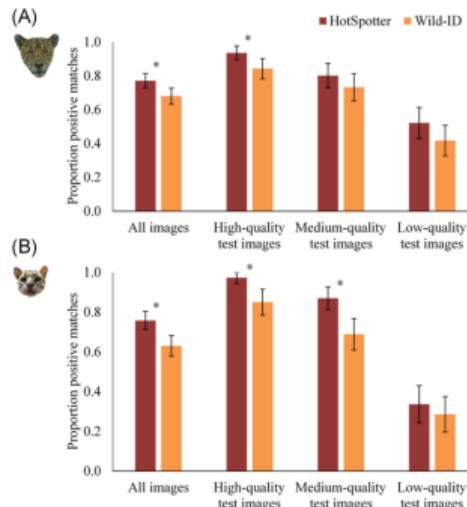
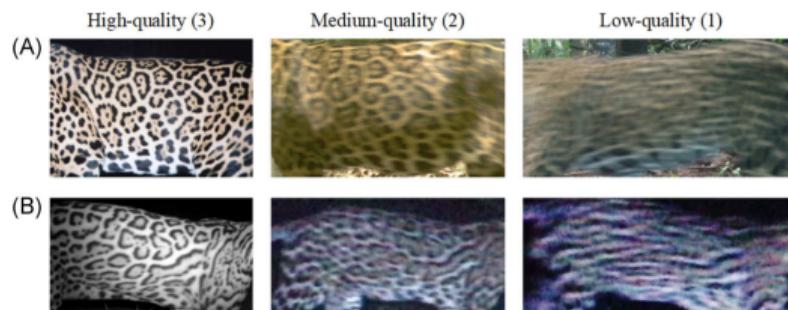
- Se utilizaron 2 conjuntos de imágenes de cámaras trampa: 359 imágenes de jaguares (*Panthera onca*) y 332 imágenes de ocelotes (*Leopardus pardalis*)
- Las imágenes fueron obtenidas de cámaras trampa desplegadas en 4 lugares de estudio en el Orange Walk, Belice, en 2015 y 2016
- Se compararon la precisión de HotSpotter y Wild-ID, y evaluar el efecto de la calidad de la imagen en el éxito del emparejamiento. [11]\*

---

\* Robert Nipko, Brogan Holcombe, and Marcella Kelly. "Identifying Individual Jaguars and Ocelots via Pattern-Recognition Software: Comparing HotSpotter and Wild-ID". In: *Wildlife Society Bulletin* 44 (Apr. 2020). doi: 10.1002/wsb.1086.

## Comparación de sistemas para diferenciar Ocelores de Jaguares (2)

- En general, HotSpotter seleccionó una correcta como su rango superior en un 71-82% de las ocasiones, mientras que la tasa de Wild-ID fue del 58-73%.



# Contenido

- 1 Areas protegidas de Tamaulipas
- 2 Monitoreo de la Calidad del Agua en Tamaulipas
- 3 Caracterización de Flora y Fauna en Tamps
- 4 Monitoreo Ambiental Inteligente
- 5 Conclusiones

# Monitoreo Ambiental y Monitoreo Ambiental Inteligente (1)

- “*El monitoreo ambiental (EM por sus siglas en inglés) consiste en planificar y gestionar adecuadamente las catástrofes, controlar las distintas contaminaciones y afrontar eficazmente los retos que surgen debido a condiciones externas insalubres. El EM se ocupa de la contaminación del agua, el aire, las radiaciones peligrosas, los cambios meteorológicos, los terremotos, etc. ” [12]\**
- “*Con los avances recientes de la ciencia y la tecnología, especialmente la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático, el EM se ha convertido en un sistema de monitoreo ambiental inteligente (SEM por sus siglas en inglés), porque la tecnología ha permitido que los métodos de EM vigilen con mayor precisión los factores que inciden en el medio ambiente, con un control óptimo de la contaminación y otros efectos indeseables”*

\* Silvia Liberata Ullo and G. R. Sinha. “Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors”. In: *Sensors* 20.11 (2020). ISSN: 1424-8220. DOI: 10.3390/s20113113. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/11/3113>.

# Monitoreo Ambiental (EM) y Monitoreo Ambiental Inteligente (SEM) (2)

Los SEMs se pueden categorizar en las siguientes clases:

- Sistemas inteligentes de monitoreo de la agricultura (SAMs)
- Sistemas inteligentes de monitoreo de la contaminación del agua (SWPMs)
- Sistemas inteligentes de monitoreo del aire (SAQMs)

En las categorías anteriores se incluyen: Monitoreo del suelo (SM), del medio oceánico (OEM), del medio marino (MEM), de la calidad del aire (AQM), de la calidad del agua (WQM) y de la radiación (RM).

# Sistemas SM, OEM, MEM, AQM, WQM y RM (1)

Propósito	Ventajas/Desafíos	Metodos/Dispositivos
Vigilancia del entorno oceánico	Peso ligero; redes sensoriales costosas e invasivas	Sensores inalámbricos
Monitorización del suelo para la agricultura	Monitorización eficiente de cultivos de hortalizas; los gases de efecto invernadero afectan a la salud de hortalizas como el tomate	Sensores inalámbricos
Monitorización acústica del entorno marino	Menor latencia; bajo consumo de energía; problemas de instalación y cobertura	WSN e IoT
Sistema de monitorización de la contaminación atmosférica	Kit móvil “IoT-Mobair” para predicción; precisión inferior; baja sensibilidad; computacionalmente complejo	Sensor de gas e IoT

# Sistemas SM, OEM, MEM, AQM, WQM y RM (2)

Propósito	Ventajas/Desafíos	Métodos/Dispositivos
Monitorización de la calidad del aire	Monitorización de la calidad del aire escalable y de alta densidad con interconexión de sensores heterogéneos; complejidad computacional debido a los enormes datos capturados y procesados	Red de sensores móviles y WSN
Monitorización medioambiental	Norma W3C de interoperabilidad; problemas de interoperabilidad de sensores heterogéneos	Sensores heterogéneos
Monitorización de la calidad del aire	Supervisión de grandes áreas; datos ruidosos; problemas de precisión y coste	Sensores geomáticos e IoT
Monitorización de la contaminación del aire	Sistema Monitorización en tiempo real; problemas de precisión	Sensores con modelo MQ3, Raspberry Pi e IoT

# Sistemas SM, OEM, MEM, AQM, WQM y RM (3)

Propósito	Ventajas/Desafíos	Métodos/Dispositivos
Sistema de monitorización de la contaminación del aire	Eficiente para áreas de baja cobertura; bajo coste; fácil de instalar; se cubre un menor número de contaminantes	Sensor de gas y sensor LASER
Vigilancia del polvo y la humedad	Amplia cobertura y eficiencia; bajo coste y pequeño tamaño	IoT
Monitorización de la radiación	Alto coste y baja estabilidad frente a variaciones de temperatura	Cámara HPXe
Acuicultura	Control de la calidad y cantidad del agua; mayor emisión de carbono y necesidad de energía	Sensor de olor, pH, conductancia y temperatura
Efecto del entorno sólo en invierno	Efecto de las baterías y otras radiaciones	Red de sensores inalámbricos

# Sistemas SM, OEM, MEM, AQM, WQM y RM (4)

Propósito	Ventajas/Desafíos	Métodos/Dispositivos
Sistema de supervisión de la salud electrónica debido a los cambios de temperatura y radiación en el entorno	Detección de situaciones de emergencia	Sistema de supervisión e IA
Vigilancia del clima y la ecología	Estudio de las emisiones en el entorno	Tecnología LoRa y red de sensores
Monitorización de la radiación en centros de datos	Temperatura, humedad y consumo de energía en centros de datos monitorizados para ciudad inteligente y SEM	IoT
Entorno industrial inteligente	Estudiar efectos peligrosos en industrias	ZigBee y WSN LoRa: Largo alcance

# Sistemas para SAM (1)

Propósito	Metodos/Dispositivos	Modelos
Crecimiento de las plantas	IoT, WSN, aprendizaje automático basado en "gCrop" (cultivo verde)	Modelo de regresión de 3er grado de polinomio con una precisión de predicción del 98%, pero adolece de complejidad computacional
Calidad de los cultivos	SVM utilizando radar de apertura sintética (SAR) de teledetección para el seguimiento del arroz con cáscara	Características de retrodispersión, SVM y árbol de regresión con una precisión del 77,65%; tamaño de muestra limitado
Índice de área foliar	Imágenes SAR y aprendizaje automático y SVM	Modelo de proceso gaussiano, tamaño de muestra limitado
Área de cultivo	Aprendizaje profundo para la monitorización de la superficie vegetal del cultivo de cacahuate	CNN con 96,45% de precisión

## Sistemas para SAM (2)

Propósito	Metodos/Dispositivos	Modelos
Calidad de los cultivos	Aprendizaje automático aplicado a imágenes de UAV en tiempo real del cultivo de soja. Se probaron 5 enfermedades diferentes y se evaluó la calidad del suelo	Resnet-50, VGG-19 con una precisión del 99,04
Calidad de los cultivos	Aprendizaje profundo aplicado sobre datos fenológicos, se probaron 6 cultivos diferentes	CNN (red neuronal convolucional), precisión no mencionada
Agricultura inteligente	IoT, WSN, aprendizaje profundo para el crecimiento de la fruta	SVM, precisión no mencionada
Control de plagas	IoT y aprendizaje profundo utilizando características globales y locales para el control de plagas	Modelo CNN con un 86,6% de precisión media

# Sistemas para SWPMs (1)

Propósito	Metodos/Dispositivos	Modelos
Control de la contaminación del agua agrícola mediante teledetección	Aprendizaje automático y análisis de imágenes para la predicción	Regresión lineal (LR), descenso de gradiente estocástico (SGD) y regresión de cresta (R-23 PLS)
Evaluación de la contaminación del agua	FFT y aprendizaje automático	Descriptor de disposición del color y SVM
Estudio de contaminantes del agua	Aprendizaje extremo Modelo DSA-ELM para clasificación	Modelo DSA-ELM y enjambre de delfines con un 83,33% de precisión
Análisis de la contaminación del agua	Red neuronal para la predicción de los valores de alcalinidad, cloruro y sulfato	Algoritmo Levenberg-Marquardt con 87,23% de precisión

## Sistemas para SWPMs (2)

Propósito	Metodos/Dispositivos	Modelos
Análisis de la contaminación del agua	Clasificación basada en aprendizaje automático	SVM con una precisión del 91,38%
Análisis de agua potable	Aprendizaje automático para clasificación: agua potable o no potable	DT, KNN, SVM con 97% de precisión
Análisis de la contaminación del agua	Red neuronal para clasificación: agua potable o no potable	SVM
Vigilancia de la contaminación del agua	SVM para clasificación como agua contaminada o limpia	SVM con una precisión del 93,8%
Análisis del agua potable	Predicción basada en aprendizaje automático	Técnica de aprendizaje FAST

# Sistemas para SWPMs (3)

Propósito	Metodos/Dispositivos	Modelos
Concentración de clorofila-A en agua de lago	Clasificación del agua basada en aprendizaje automático	BPNN, SVM con 78 % de precisión
Monitorización de la calidad del agua	IoT para la evaluación de la calidad del agua superficial	IoT con sensores inteligentes

# Sistemas para SAQMs (1)

Propósito	Metodos/Dispositivos	Modelos
Caracterización de la calidad del aire	Monitorización de la calidad del aire	Sensores heterogéneos; modelo predictivo basado en aprendizaje automático
Modelización de la calidad del aire	Monitorización de la calidad del aire	Nodos móviles
Contaminación del aire	Monitorización de la calidad del aire	Sensores de gas a partir de datos de vehículos móviles, IoT y aprendizaje automático
Calidad del aire en red de sensores vehiculares	Monitorización de la calidad del aire	Sensores en nodos móviles
Detección de COV en el aire	Detección de compuestos orgánicos	Sensores infrarrojos, espectroscopia y aprendizaje automático

## Sistemas para SAQMs (2)

Propósito	Metodos/Dispositivos	Modelos
Estimación de PM2,5	Calidad del aire en términos de niveles de concentración de PM2,5	Datos geográficos espaciotemporales, técnica de aprendizaje automático extremo
Aire urbano	Contaminación del aire urbano en términos de concentraciones de O3, NO2 y SO2	Modelos de predicción
Predicción de la contaminación atmosférica	Control de la contaminación atmosférica	RFID, sensores de gas e IoT
Calidad del aire inteligente	Calidad del aire	Sensor de temperatura, humedad, polvo y dióxido de carbono; LoRaWAN
Sistema inteligente de calidad del aire	Calidad del aire para la detección de CO2, NOx, temperatura y humedad	Luz UV, AI y sensores

## Sistemas para SAQMs (3)

Propósito	Metodos/Dispositivos	Modelos
Ozono, PM10 y PM2,5	PM10, PM2,5, SO <sub>2</sub> , óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ), O <sub>3</sub> , plomo, CO y benceno	Aprendizaje automático y datos espaciotemporales
Calidad del aire	Calidad del aire	Sensores heterogéneos y SVM
O <sub>3</sub> anormal	Ozono (O <sub>3</sub> )	Datos de ozono y aprendizaje profundo
Sensores portátiles	Monitorización de temperatura y humedad	Tecnología de sensores inalámbricos y wearables
Monitorización de CO <sub>2</sub>	Monitorización del dióxido de carbono	IoT y tecnologías en la nube
Calidad del aire en interiores	Monitorización de la calidad del aire en interiores	IoT, COV: compuesto orgánico volátil; LoRaWAN

# Contenido

- 1 Areas protegidas de Tamaulipas
- 2 Monitoreo de la Calidad del Agua en Tamaulipas
- 3 Caracterización de Flora y Fauna en Tamps
- 4 Monitoreo Ambiental Inteligente
- 5 Conclusiones

# Conclusiones

- Existen importantes áreas de oportunidad para el desarrollo de Sistemas de Monitoreo Ambiental Inteligente (SEMs)
- Entre las áreas detectadas se encuentran: inteligencia artificial - aprendizaje automático para análisis de datos de la calidad del agua
- Sistemas de monitoreo remoto de especies (felinos u otros mamíferos)
- Análisis de imágenes satelitales para análisis de cultivos o de contaminantes