

ESPECIAL INFOBIC N°5 / JUNIO 2024

Usos de la INTELIGENCIA ARTIFICIAL

en la identificación de
riesgos emergentes en la
Inocuidad Alimentaria

El presente documento fue elaborado por el Área de Evaluación de Riesgos de la Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria ACHIPIA.

Bol. Infobic

ISSN: 2810-7012

Diagramación:

Nilsson Carvalho Espinoza

Imágenes:

freepik.es



**Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA)
Ministerio de Agricultura**

Calle Nueva York 17, piso 4, Santiago, Chile. - (56) 2 27979900

Distribución gratuita. Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento, la distribución, la comunicación pública y la creación de documentos derivados, siempre y cuando se reconozca la autoría original.

Santiago, Chile, Junio 2024.



Resumen

Para mejorar la resiliencia de los sistemas alimentarios ante los riesgos de inocuidad alimentaria, es crucial que las autoridades y organizaciones nacionales e internacionales **identifiquen los riesgos emergentes** y proporcionen señales de advertencia temprana de manera oportuna.

La Inteligencia Artificial (IA) ha ejercido un rol fundamental en la industria alimentaria a nivel mundial a través de, por ejemplo, la detección asistida de microorganismos mediante imágenes ópticas, la gestión de problemas en hortalizas de hojas verdes en función de datos meteorológicos, de ubicación y de calidad del agua; así como la identificación de lotes potencialmente problemáticos de productos importados.

La implementación de estas tecnologías es un desafío para los países de ingresos bajos y medianos debido a problemas de conectividad y disponibilidad de datos. Para superar estos desafíos, se recomienda mejorar las capacidades de las autoridades nacionales y fomentar la colaboración con el sector privado y las organizaciones internacionales.

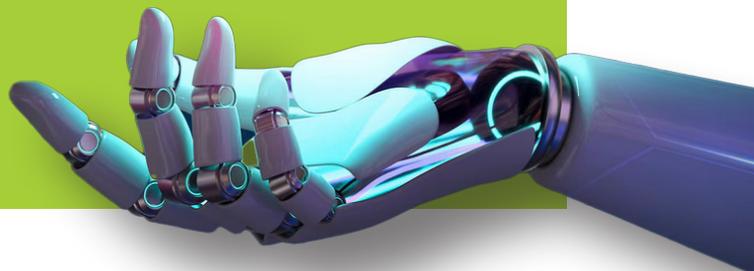
El siguiente boletín resume las herramientas más relevantes utilizadas en el sector alimentario, poniendo especial foco en **las fuentes y procesamiento de la gran cantidad de datos generados**, además de entregar un ejemplo de utilización de la IA en la producción de alimentos en nuestro país.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL



La IA se ha definido en términos generales como **LA SIMULACIÓN DE LA INTELIGENCIA HUMANA EN MÁQUINAS QUE ESTÁN PROGRAMADAS PARA PENSAR Y ACTUAR COMO HUMANOS** (Zhou et al., 2022).

Es un término utilizado para describir cómo las máquinas pueden completar tareas de manera más inteligente.



Las tecnologías de IA se adoptan cada vez más en la industria alimentaria para realizar una variedad de tareas, incluida la predicción del rendimiento de los cultivos, garantizar el control de calidad de los productos, y apoyar el desarrollo de productos y mejorar la trazabilidad y la inocuidad (Sharma et al., 2021).

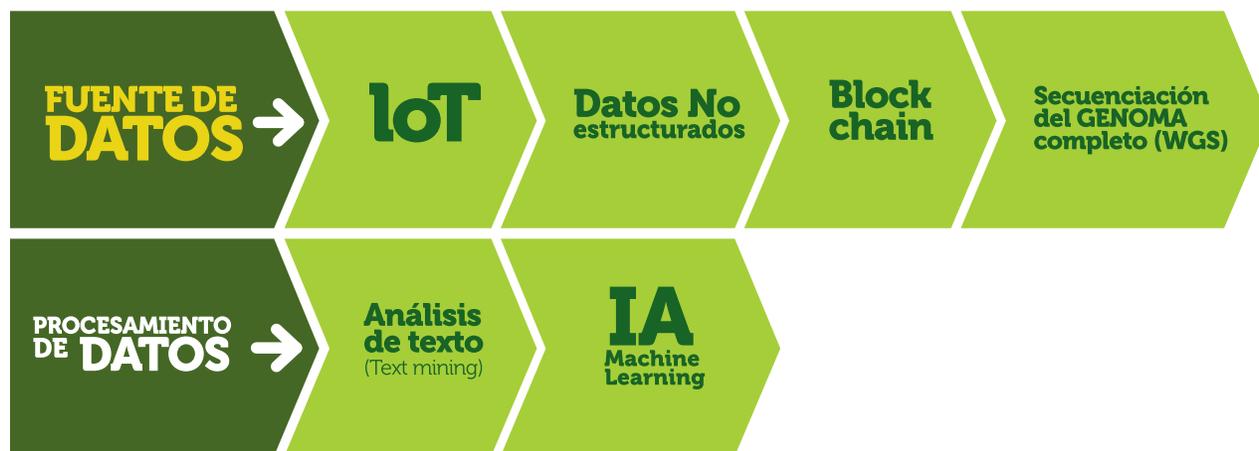
Históricamente, el desarrollo y aplicación de la IA en la inocuidad de los alimentos ha ido progresivamente avanzando desde el año 2012 (Mu et al., 2024).

FUENTE Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN LA INOCUIDAD ALIMENTARIA

Existe una concurrencia de innovaciones tanto en la fuente, recopilación, almacenamiento y procesamiento de datos en inocuidad alimentaria.

Esto ha permitido la medición en tiempo real de muchos datos, tales como condiciones climáticas, flujos comerciales, nuevas fuentes y sistemas de producción de alimentos, y patrones de consumo. Este tipo de información se complementa con otros datos de monitoreo más complejos, como aquellos colectados de análisis genómicos de patógenos alimentarios.

Las fuentes y formas de procesamiento de datos utilizados en la actualidad en el ámbito de inocuidad alimentaria se resumen en el Esquema 1.



Esquema 1. Resumen de fuentes de datos y tecnologías de procesamiento de datos en Inocuidad Alimentaria. Adaptado de Mu et al., 2024

FUENTE DE DATOS

a) Internet of Things (IoT)

Las fuentes de información utilizadas en los sistemas de identificación de riesgos emergentes no están limitadas a aquello que es colectado en la colección convencional realizada por los inspectores de alimentos. En la actualidad, **se utilizan dispositivos digitales que permiten el monitoreo en tiempo real de información de inocuidad o calidad**, la cual puede ser procesada a través de diferentes herramientas. Esto es lo que se conoce como Internet of Things (IoT).

Ejemplos de estos son biosensores que detectan la presencia de ciertos patógenos, vigilancia por sistemas de visión computarizada que identifican condiciones patológicas o lesiones en carcasas en los centros de sacrificio, y la detección de comportamiento anormal en los animales u otros parámetros (conocido como "precision livestock farming" Imágen 1) (Mu et al., 2024).

Ganadería de Precisión



Imágen 1. Elaboración propia. Precision Livestock Farming, basado en (Kleen & Guatteo 2023).

b) Datos No estructurados

Los datos utilizados en inocuidad alimentaria varían desde datos altamente estructurados, a datos no estructurados, los cuales se almacenan en documentos de distintos formatos.

Los datos no estructurados provienen de lugares como sitios web, blogs, o redes sociales. Los correos electrónicos, textos extraídos de reportes, e incluso imágenes también forman parte de fuentes relevantes de datos en el campo de la inocuidad alimentaria.

Se están desarrollando e implementando tecnologías en la cadena de suministro de alimentos que recopilan y analizan estos datos. Estas tecnologías exigen nuevos enfoques en la recopilación, el almacenamiento, el procesamiento y la extracción de la información (Mu et al., 2024).



c) Blockchain

Blockchain es una tecnología de contabilidad digital que registra transacciones (transferencia de datos o valores) en múltiples computadoras para garantizar que los datos sean seguros, transparentes e inmutables.

Cada transacción se agrupa en un bloque, que luego se vincula con el bloque anterior, formando una cadena cronológica. Esta estructura hace que sea casi imposible alterar los datos, lo que proporciona un alto nivel de confianza e integridad en la información registrada.

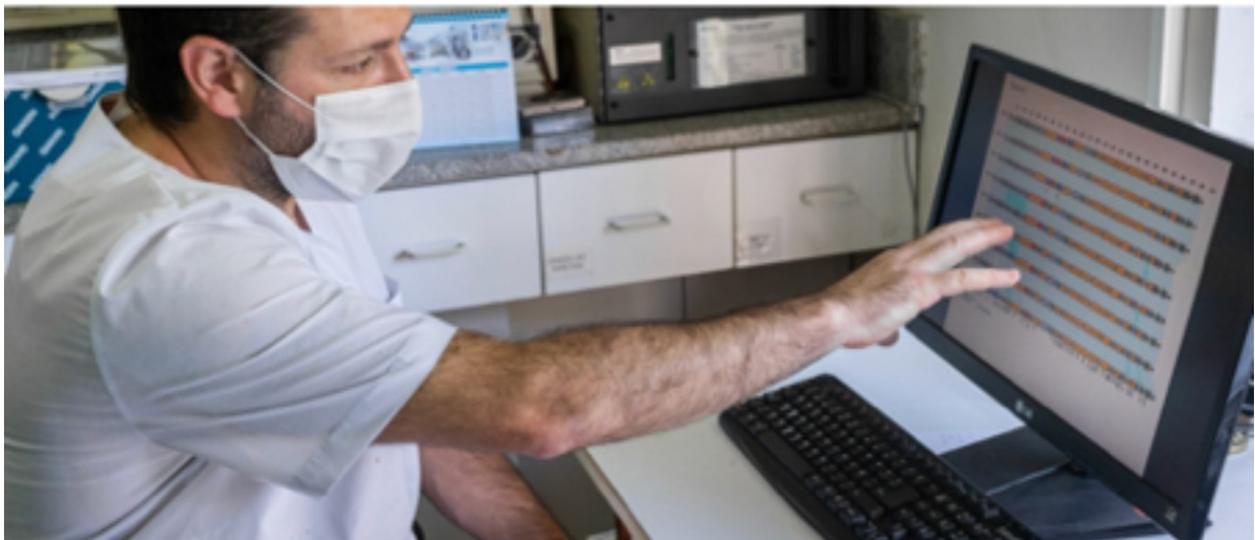
Blockchain representa una herramienta atractiva para cumplir con los requisitos de trazabilidad, tales como trazabilidad completa y transparencia (también hacia los consumidores), y la rapidez con que productos y datos se pueden rastrear y datos recuperados en caso de retiros de productos alimenticios (Mu et al., 2024).

d) Secuenciación del Genoma Completo o Whole Genome Sequencing (WGS)

La secuenciación del genoma completo (WGS) es un avance científico significativo. **Los métodos de genotipado convencionales, examinan menos del 1% del genoma. WGS puede examinar más del 90% del genoma (CDC, 2024).**

El ADN de diferentes bacterias se combina y se coloca en la máquina de secuenciación. Esta máquina identifica las bases de nucleótidos que componen la huella digital del ADN de cada bacteria. Los científicos utilizan herramientas informáticas y de software para comparar las huellas genómicas del ADN e identificar diferencias.

WGS ha reemplazado la técnica de electroforesis en gel de campo pulsado en varias redes para monitorear patógenos específicos, ayudó a las autoridades a vincular eventos esporádicos de intoxicación alimentaria con un producto contaminado, identificar el patógeno causante de enfermedades transmitidas por alimentos y formular medidas viables de gestión de riesgos (Mu et al., 2024).



Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2023.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Investigaciones recientes han utilizado la minería de texto (text mining) y la IA para identificar peligros desconocidos en la inocuidad alimentaria, como la detección de estimulantes ilegales en suplementos alimenticios (Mu et al., 2024).

Estos estudios han revisado diversas fuentes de datos, desde medios de comunicación y redes sociales hasta blogs especializados, mostrando que el análisis de datos textuales puede mejorar la vigilancia del fraude alimentario, detectar patrones dietéticos y recibir opiniones de consumidores.



Se han identificado diversos métodos de aprendizaje automático (machine learning) como las redes bayesianas, redes neuronales, bosques aleatorios y árboles de decisión como los más utilizados en el dominio de la inocuidad alimentaria.

Por ejemplo, las redes bayesianas se utilizaron con éxito para predecir la ocurrencia de peligros químicos en los alimentos, como residuos de pesticidas y micotoxinas en frutas y verduras de tres países geográficamente distintos (Mu et al., 2024).

El aprendizaje automático se ha aplicado experimentalmente para predecir la concentración mínima inhibitoria de antibióticos a patógenos microbianos (por ejemplo, *Salmonella* no tifoidea) basado en datos genómicos (Deng et al 2021).

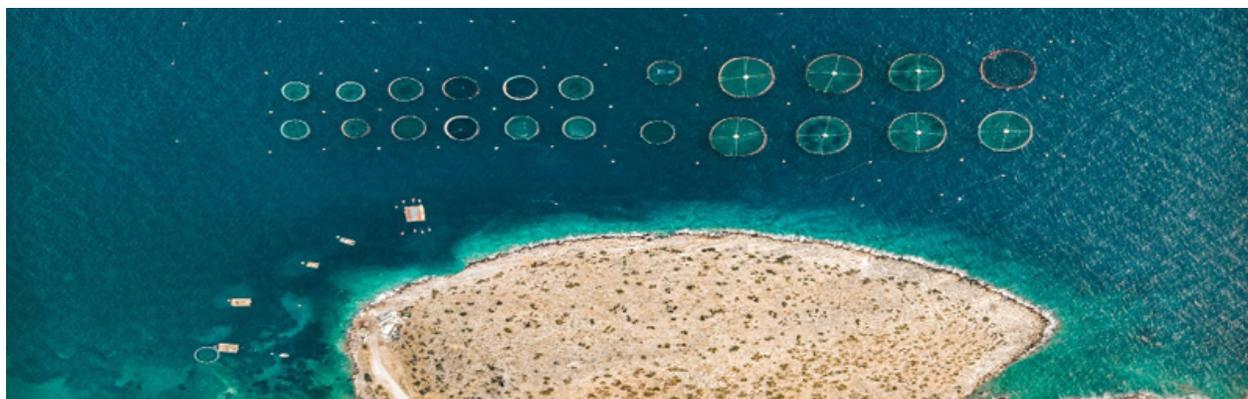
CASO ESTUDIO EN CHILE

¿Cómo la IA ayuda a predecir las Floraciones Algales Nocivas?

Las floraciones algales nocivas (FANs), amenazan la acuicultura al exponer peces, moluscos y crustáceos a microalgas productoras de toxinas, las cuales pueden afectar a las personas al consumir especies que se alimentan por filtración (como choritos y almejas). Estos eventos también pueden afectar a seres vivos acuáticos a través de la alta densidad de microalgas, provocando casos de mortalidad en peces y otros organismos por baja o nula disponibilidad de oxígeno.

Varios sistemas globales de monitoreo y pronóstico rastrean las biotoxinas en los bivalvos y predicen las FAN usando modelos basados en el crecimiento de las algas, condiciones climáticas y la temperatura del agua de mar (Mu et al., 2024).

Chile es uno de los focos mundiales que tienden a desarrollar episodios catastróficos de floraciones algales nocivas (CR2, 2024).



Según el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2, donde convergen, entre otros, investigadores/as de la Universidad de Chile, Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile, los eventos de FANs se han caracterizado por ser más intensos y duraderos, siendo la industria del salmón la más afectada durante episodios de este tipo.

Uno de los eventos de FAN más grandes fue el acontecido en el Seno de Reloncaví, el que provocó una mortalidad de salmones a gran escala, afectando a 45 centros de cultivo y generando una pérdida que alcanzó 40.000 toneladas (Ugarte et al., 2022).

Dicha industria, ha avanzado a pasos agigantados en el uso de Inteligencia Artificial.

En abril de 2024, y por primera vez durante un evento de FAN en Chile, investigadores midieron la señal espectral de la luz en la interacción atmósfera y el agua, donde colectaron muestras de agua para caracterizar los pigmentos fotosintéticos de *Heterosigma akashiwo* (alga generalmente no considerada peligrosa para humanos, pero conocida por su impacto en animales acuáticos). Este conjunto de mediciones, realizadas en la zona de Hornopirén en la Región de los Lagos, permitirá obtener el espectro de luz que es reflejado por el océano después

de interactuar con las FANs, datos que posteriormente serán asociados con las reflectancias de los sensores satelitales para ajustar un algoritmo que en el futuro se utilizará para detección temprana (CR2, 2024).

Otro ejemplo destacable a nivel nacional es la implementación de una tecnología para la salmonicultura que es capaz de detectar automáticamente 11 de las 16 especies de microalgas nocivas que se deben controlar según el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura¹.

La herramienta utiliza Inteligencia Artificial para analizar muestras de agua y alertar de manera automática acerca de la presencia de microalgas nocivas y su densidad en las zonas sometidas a análisis. Dicha tecnología está siendo utilizada en centros de cultivo de diferentes empresas productoras de salmones (Salmon Expert, 2023) (Imagen 2).

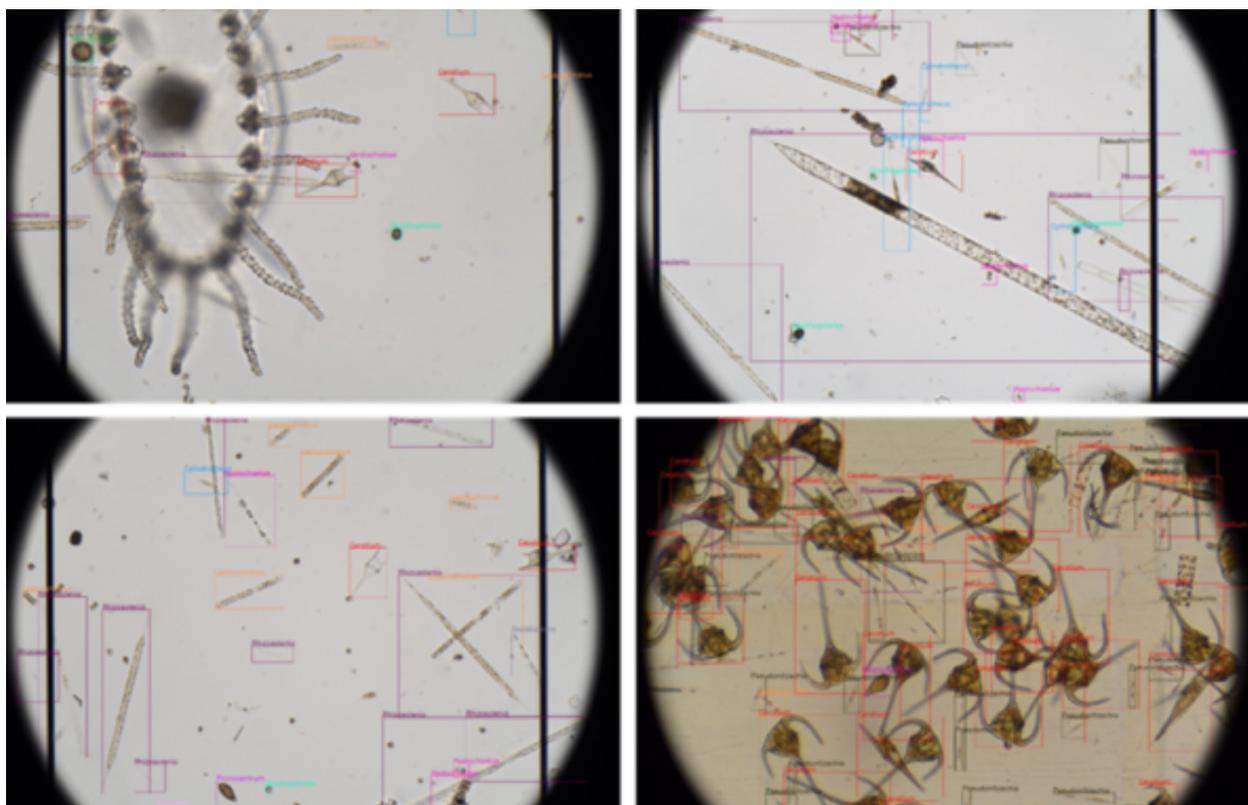


Imagen 2. Fuente: Live Plankton Analysis System (LPAS) desarrollado por OTAQ, empresa que actualmente trabaja con diversos productores de salmón en Chile.

El sistema de Inteligencia Artificial detecta los organismos de fitoplancton especificados por los operadores con un nivel de certeza superior al 80% y entrega la concentración de cada especie, alertando de eventuales floraciones. Los datos también se almacenan en la nube para análisis posteriores y para mantener un historial de la presencia de los microorganismos en cada sitio (Salmon Expert, 2023).

El objetivo es automatizar el procedimiento a través de un dispositivo que se podrá sumergir a distintas profundidades, y que llevará las muestras de agua hasta el microscopio y el computador que identificará los diferentes microorganismos.

¹ Resolución exenta 2198 año 2017.

CONCLUSIÓN

- Los métodos de inteligencia artificial y aprendizaje automático brindan herramientas prometedoras para mejorar la predicción y la gestión de riesgos emergentes en la inocuidad alimentaria.
- La IA aún presenta desafíos en la integración de datos, especialmente en aquellos obtenidos desde diversas fuentes.
- Ya existen en nuestro país ejemplos de la implementación de estas tecnologías con resultados favorables, como lo es la detección y predicción de la aparición de eventos de Floraciones Algales Nocivas en la industria salmonera, lo que ayudaría a evitar la mortandad masiva de salmones y otras especies marítimas.



REFERENCIAS

CR2. Center for Climate and resilience research. 2024. Detectan nueva floración nociva de algas en la Patagonia chilena: ¿por qué son peligrosas? (Radio Bio Bio) <https://www.cr2.cl/detectan-nueva-floracion-nociva-de-algas-en-la-patagonia-chilena-por-que-son-peligrosas-radio-bio-bio/>

Deng, X., Cao, S., & Horn, A. L. (2021). Emerging applications of machine learning in food safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12(1), 513–538. <https://doi.org/10.1146/annurevfood-071720-024112>

Kleen, J. L., & Guatteo, R. (2023). Precision Livestock Farming: What Does It Contain and What Are the Perspectives?. *Animals*, 13(5), 779.

Miller B. 2023. How Artificial Intelligence in Food Safety will affect food processors. <https://safetychain.com/blog/ai-in-food-safety>

Mu, W., Kleter, G. A., Bouzemrak, Y., Dupouy, E., Frewer, L. J., Radwan Al Natour, F. N., & Marvin, H. J. P. (2024). Making food systems more resilient to food safety risks by including artificial intelligence, big data, and internet of things into food safety early warning and emerging risk identification tools. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1), 1-18.

O'Shea, Norah & Greene, Derek & Fenelon, Mark. (2023). Artificial Intelligence in Food Safety. 10.1016/B978-0-12-822521-9.00258-6.

Salmon Expert. 2023. Inteligencia Artificial identifica en tiempo real microalgas nocivas en centros de salmón. <https://www.salmonexpert.cl/fan-inteligencia-artificial-otag/inteligencia-artificial-identifica-en-tiempo-real-microalgas-nocivas-en-centros-de-salmon/1506633>

Sharma, S., Gahlawat, V.K., Rahul, K., Mor, R.S., Malik, M., 2021. Sustainable innovations in the food industry through artificial intelligence and big data analytics. *Logistics* 5, 66.

Ugarte, A., Romero, J., Fariás, L., Sapiains, R., Aparicio-Rizzo, P., Ramajo, L., Aguirre, C., Masotti, I., Jacques, M., Barrera, F., Billi, M., Boisier, J., Carbonell, P., De la Maza, L., De la Torre, M., Espinoza-González, O., Faúndez, J., Muñoz, F., Garreaud, R., Guevara, G., González, M., Guzmán, L., Ibáñez, J., Ibarra, C., Marín, A., Mitchell, R., Moraga, P., Narváez, D., O’Ryan, R., Pérez, C., Pilgrin, A., Pinilla, E., Rondanelli, R., Salinas, M., Sánchez, R., Sanzana, K., Segura, C., Valdebenito, P., Valenzuela, D., Vásquez S., & Williams, C. (2022). “Marea roja” y cambio global: elementos para la construcción de una gobernanza integrada de las Floraciones de Algas Nocivas (FAN). Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 84 pp. Disponible en www.cr2.cl/fan

Zhou, Q., Zhang, H., Wang, S., 2022. Artificial intelligence, big data, and blockchain in food safety. *Int. J. Food Eng.* 18, 1e14.

**Descarga
todos nuestros
informativos**



desde nuestra
Aplicación móvil
Appchipia o achipia.cl

ACHIPIA

Inocuidad, Nuestra mejor receta.