



**INFORME
DEL ESTADO
DEL AMBIENTE**

2020
(período 2016-2019)



**Ministerio
de Ambiente**



MINISTERIO DE AMBIENTE

Adrián Peña, Ministro

Gerardo Amarilla, Subsecretario

Diego Iglesias, Director General de Secretaría

Eduardo Andrés, Director Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental

Gerardo Evia, Director Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

Viviana Pesce, Directora Nacional de Aguas

Natalie Pareja, Directora de Cambio Climático

MINISTERIO DE VIVIENDA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Irene Moreira Fernandez, Ministra

Tabaré Hackenbruch, Subsecretario

COORDINACIÓN RESPONSABLE

Gerencia de Información, Planificación y Calidad Ambiental

Ing. Quím. Marisol Mallo

División Calidad Ambiental

Ing.H/S Luis Reolón, Director de División

Departamento de Evaluación Ambiental Integrada

M.Sc. Lizet De León, Jefa de Departamento

M.Sc. Mara Hoffmeister

M.Sc. Viviana Centurión (Consultora)

ISBN: 978-9915-9377-3-1



Este documento se terminó de elaborar y revisar en diciembre de 2020.

DINAMA Galicia 1133 Montevideo, Uruguay

Primera edición, diciembre 2020.

Revisión y diseño: Ministerio de Ambiente.

Imagen en portada: Rafael Pacheco, Juan Etchechury

ADVERTENCIA: El uso del lenguaje que no discrimine entre hombres y mujeres es una de las preocupaciones de nuestro equipo. Sin embargo, no hay acuerdo entre los lingüistas sobre la manera de cómo hacerlo en nuestro idioma. En tal sentido, y con el fin de evitar la sobrecarga que supondría utilizar en español o/a para marcar la existencia de ambos sexos, hemos optado por emplear el masculino genérico clásico. En el entendido de que todas las menciones en tal género representan siempre a hombres y mujeres.

Participantes

En la elaboración del presente documento han participado técnicos de la Dirección Nacional de Medio Ambiente, del Centro Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas (CEREGAS) y de la Dirección de Cambio Climático (DCC) del Ministerio de Ambiente (MA), también de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial (DINOT) del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOT). El documento ha sido coordinado por la División Calidad Ambiental de DINAMA.

Divisiones participantes de DINAMA:

División Calidad Ambiental

División Información Ambiental

División Biodiversidad

División Sistema Nacional de Áreas Protegidas

Agradecimientos

Agradecemos a todos los técnicos que participaron en la edición de este informe, tanto en la construcción como en la revisión de los indicadores desarrollados en los diferentes temas.

Agua superficial

Viviana Centurión (consultora)
Mara Hoffmeister
Lizet De León
Federico Quintans

Aire

Magdalena Hill
Pablo Fernández

Suelo

Mercedes Gelós (consultora)
Pablo Reali
Alfredo Blum

Cambio Climático

Carla Zilli (consultora)
Guadalupe Martínez (consultora)
Lucía Cuozzi (consultora)

Agua subterránea

Lucía Samaniego (consultora)
Luis Reolón

Biodiversidad

Ana Laura Mello
Andrés Carbajales (consultor)
Marcelo Iturburu

Costa

Malvina Masdeu
Elena Rodó

Cartografía y mapas

Natalia Neighbor (consultora)
Luciana Badano (consultora)
Andrea Barbieri
Federika Álvarez (consultora)

Contenido

Glosario	5
Prólogo	8
Introducción	10
Marco conceptual y alcance	11
AGUA SUPERFICIAL	12
Introducción	12
Calidad de agua	14
Clorofila a	17
Coliformes termotolerantes	20
Oxígeno disuelto	23
Fósforo total	26
Nitrógeno total	29
Índice de Estado Trófico (IET)	33
AGUA SUBTERRÁNEA	39
Introducción	39
Hidrogeología y productividad del acuífero Raigón	41
Hidroquímica (arsénico, sodio, cloruros y nitratos) del acuífero Raigón	45
Arsénico	46
Sodio	47
Cloruros	47
Nitratos	48
Vulnerabilidad del acuífero Raigón	50
AIRE	54
Introducción	54
Calidad de aire	54

Material particulado menor a 10 micrómetros (PM10)	58
Material particulado menor a 2,5 micrómetros (PM2.5)	60
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	60
Dióxido de Azufre (SO ₂)	61
Monóxido de Carbono (CO) y Ozono (O ₃)	62
Inventario de emisiones atmosféricas	65
BIODIVERSIDAD Y ECOSISTEMAS	73
Introducción	73
Índice de Lista Roja	75
Especies prioritarias para la conservación presentes en el SNAP	78
Presencia de especies exóticas invasoras	80
Proporción de elementos prioritarios para la conservación representados en el SNAP	88
Superficie de espacios de conservación y evolución del Sistema Nacional de Áreas Protegidas	91
Superficie transformada de ecosistemas naturales	93
SUELO	96
Introducción	96
Estimación de aportes difusos de nutrientes a los cursos de agua superficiales	98
Estimación del Estado de Degradación de los Suelos	104
COSTA	110
Introducción	110
Eutrofización de las lagunas costeras José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos	110
CAMBIO CLIMÁTICO	122
Introducción	122
Gases de efecto invernadero	122

Glosario

ADN	Ácido desoxirribonucleico
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
ATP	Adenosín trifosfato
CARU	Comisión Administradora del Río Uruguay
CEEI	Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CURE	Centro Universitario Regional del Este
DCA	División Calidad Ambiental
DEAI	Departamento de Evaluación Ambiental Integrada
DGF	Dirección General Forestal
DGRN	Dirección General de Recursos Naturales
DINAGUA	Dirección Nacional de Agua
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
DINARA	Dirección Nacional de Recursos Acuáticos
DINOT	Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial
DSCA	Departamento de Seguimiento de Componentes Ambientales
EEA	Agencia Ambiental Europea
EEl	Especies Exóticas Invasoras
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAGRO	Facultad de Agronomía de la Universidad de la República
FING	Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República
Fm	Formación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GESTA-AGUA	Grupo de estándares ambientales-agua
GESTA-Aire	Grupo de estándares ambientales-aire
Gg	Gigagramo

GTP	Potencial de Cambio de Temperatura Global
GWP	Potencial de Calentamiento Global
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
IBA	Áreas de Importancia para las Aves
IDNV	Índice Diferencial Normalizado de Vegetación
IET	Índice de estado trófico
ILR	Índice de la Lista Roja
IMFIA	Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental
INF	Inventario Nacional Forestal
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
INGEI	Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero
INUMET	Instituto Uruguayo de Meteorología
IPBES	Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos
IQA	índice de calidad de agua
IDR	Intendencia de Rocha
LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay
LCCS	Land Cover Classification System
MA	Ministerio de Ambiente
MAB	Programa sobre el Hombre y la Biosfera de la Unesco
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MTA	Mesa Técnica del Agua
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
NT	Nitrógeno total
OAN	Observatorio Ambiental Nacional
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OSE	Obras Sanitarias del Estado
PFC	Perfluorocarbonos
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PT	Fósforo total
RM	Resolución ministerial
SAR	Sistema Acuífero Raigón
SF6	Hexafluoruro de azufre
SINGEI	Sistema Nacional de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SOC	Carbono orgánico del suelo
UdelaR	Universidad de la República
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNCCD	Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
WQI	Water Quality Index

Prólogo

Estimados ciudadanos, presentamos ante ustedes el Informe del Estado del Ambiente 2020 - (periodo 2016-2019), cumpliendo con lo establecido en el Artículo 12 de la Ley N° 17283 (LEY DE PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE). Este Informe plasma nuestro ánimo de transmitir y disponer en forma transparente las condiciones de las principales matrices ambientales de nuestro territorio (agua, aire, suelo y biodiversidad) pero también haciendo énfasis en algunas particularidades propias, como el estado de nuestras playas y el seguimiento de algunos indicadores de Cambio Climático.

Como idea general, este documento tiende a presentar el estado de las matrices ambientales mencionadas, desde una perspectiva de la identificación y uso de Indicadores que nos puedan ser útil a la hora de comparar, fundamentalmente con otros años, y poder evaluar la evolución del estado del ambiente. De esta forma conseguiremos vigilar y eventualmente intervenir, mediante planes de acciones correctivos, en el caso de presentarse una evolución negativa en cualquiera de las componentes ambientales a nivel general o en particular en sitios específicos.

También, y esto será mejor profundizado en las próximas ediciones, la idea es que estos Indicadores tiendan a alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (O.D.S.) que en 2015, la ONU aprobara en la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, de forma de tener también una comparación con las distintas realidades en la región y el mundo, no como un simple hecho comparativo, sino para tener un panorama mejor de nuestra realidad ambiental y no quedarnos en una visión aislada de la situación mundial.

Es esta una versión, elaborada en un año muy especial signado por la pandemia del COVID – 19, pero que igualmente pese a las dificultades, creemos importante reportar para conocimiento general de la población. Seguramente las versiones posteriores serán complementadas con información colectada y en procesamiento actualmente y mejorada con las opiniones sobre este documento que Uds. nos puedan indicar, en un apartado que establecimos especialmente para recoger el sentir de todos.

En esta nueva administración, queremos expresar la voluntad ineludible de disponer con total transparencia la información ambiental y este es un paso en ese sentido, además del potenciar el ya creado (con el apoyo de todo el sistema político uruguayo) Observatorio Ambiental Nacional, disponible en nuestra Web y que animamos visitar en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/tramites-y-servicios/servicios/observatorio-ambiental-nacional>.

Esperamos que este documento les sea de utilidad y fundamentalmente contribuya a mejorar la comprensión de la realidad del estado del ambiente por nuestra sociedad en su conjunto y propicie un camino a futuro de mejora de la información y conocimiento integral de nuestro ambiente.

Mis más considerados saludos;

Adrián Peña

Ministro de Ambiente

URUGUAY

Introducción

El presente trabajo constituye el tercer Informe del Estado del Ambiente, siendo sus precedentes los informes de los años 2009 y 2013. Según establece la Ley General de Protección del Ambiente (17.283/2000-Art. 12), el Poder Ejecutivo, a través del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) - ahora Ministerio de Ambiente (MA), debe elaborar y difundir un informe nacional sobre la situación ambiental, que deberá contener información sistematizada y referenciada, organizada por áreas temáticas.

La información ambiental recopilada por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) es publicada en el Observatorio Ambiental Nacional a medida que se va produciendo desde los diversos programas de monitoreo y vigilancia ambiental. La Ley 19.147/2013 establece su creación como una herramienta que centralice, organice y difunda toda la información ambiental generada en los diversos ámbitos del Estado y otorga al MVOTMA (ahora MA), a través de la DINAMA, la responsabilidad de su implementación. La información del Observatorio Ambiental Nacional puede consultarse en <https://www.ambiente.gub.uy/oan/>. De este modo es posible informarse sobre el estado del ambiente a través de diversas variables e índices, de una forma frecuente, actualizada y en línea con los principios del Gobierno Abierto.

La información que reúne esta edición 2020, presenta algunas novedades con respecto al anterior, como parte del proceso de mejora continua referente a la información, estructura y enfoque del documento, incluyendo nuevos índices e indicadores de calidad ambiental. A través de este documento la DINAMA da a conocer la situación de las principales variables ambientales seleccionadas para el Uruguay, y su evolución en los últimos cuatro años (2016-2019), con el objetivo de comunicarlo a la población y a los tomadores de decisión.

Los indicadores ambientales permiten visualizar y medir la evolución del estado del ambiente y los posibles impactos generados por causas antrópicas o de la propia naturaleza. Constituyen herramientas para identificar, cuantificar, integrar y simplificar la información ambiental, facilitando su organización y uso; así como la comunicación hacia la población en general, los tomadores de decisiones y otros actores. También permiten generar alertas ante la evolución negativa de algunas variables y confirmar la aplicación de políticas ambientales correctas, ante la evolución positiva.

Si bien se trata de un documento de carácter técnico, se ha tratado de utilizar un lenguaje de fácil comprensión, contribuyendo de esta forma, con lo dispuesto por la Ley sobre el Derecho de Acceso a la Información Pública (18.381/2008).

Marco conceptual y alcance

Los bloques temáticos de este trabajo se basan en las matrices ambientales: agua superficial, agua subterránea, aire, biodiversidad, ecosistemas y suelo, a los que se agregan los temas costa y cambio climático por su importancia a nivel país.

Dentro de cada bloque temático se busca:

- Mostrar indicadores e índices relevantes que resuman el estado de la matriz.
- Abarcar todo el territorio de Uruguay, manteniendo las cuencas hidrográficas como unidades territoriales cuando corresponde.
- Mostrar la evolución de los indicadores/índices en el periodo de los últimos 4 años (2016, 2017, 2018, 2019).

En cada indicador se describe el objetivo a cumplir de acuerdo con valores guía, estándares nacionales o internacionales o metas asumidas, la relevancia ambiental del mismo y la metodología utilizada para su elaboración. Se presenta al final una interpretación y evaluación de los datos obtenidos, las limitaciones identificadas en cada indicador, sus autores, la fuente de información y la bibliografía complementaria.

AGUA SUPERFICIAL

Introducción

La DINAMA del Ministerio de Ambiente (antes MVOTMA) trabaja en la evaluación de la calidad del agua a nivel de cuencas nacionales y cuenta con una red de monitoreo (propia y/o en común con otras instituciones nacionales o departamentales) en los principales cursos del país. Estos son: el río Santa Lucía y sus afluentes, Río Negro y principales afluentes, Río Uruguay, río Cuareim, río San Salvador, las cuencas de las lagunas del Sauce, José Ignacio, Garzón, Rocha, Castillos y Merín (**Figura 1**).

Desde 2005, por Resolución Ministerial (RM 99/005), se clasifican todos los cursos de agua del país en la Clase 3 de la norma ambiental establecida en el Decreto 253/79 y modificativos. Los índices presentados en este capítulo, refieren a los estándares impuestos en dicha normativa y en los valores guía propuestos por la Mesa Técnica del Agua (MVOTMA-DINAMA-MTA, 2017). En los casos en los que no se tienen valores de referencia nacionales, se toman referencias binacionales de la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU, 2019) e internacionales del Comité de Eutrofización de la Organización de Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE, 1982). Asimismo, fueron tomados valores de referencia de bibliografía nacional (Arocena, 2016).

La evaluación del estado de la calidad de los principales cursos y cuerpos de agua del Uruguay para el período 2016 a 2019, tiene dos abordajes complementarios. El primero es el desarrollo de categorías de calidad que califica a los cursos de agua en tres: muy bueno, aceptable y no aceptable para cada uno de los cinco parámetros de calidad de agua seleccionados. Las categorías se basan en el análisis del cumplimiento según normativa y valores guía de parámetros biológicos (clorofila *a*, coliformes termotolerantes), físicos y químicos (oxígeno disuelto, fósforo total, nitrógeno total). El segundo aborda específicamente el estado trófico de los cuerpos de agua, evaluado a partir del índice de estado trófico basado en la concentración de fósforo, desarrollado para cursos y cuerpos de agua de la región por Lamparelli (2004) y Cuhna y Lamparelli (2013).

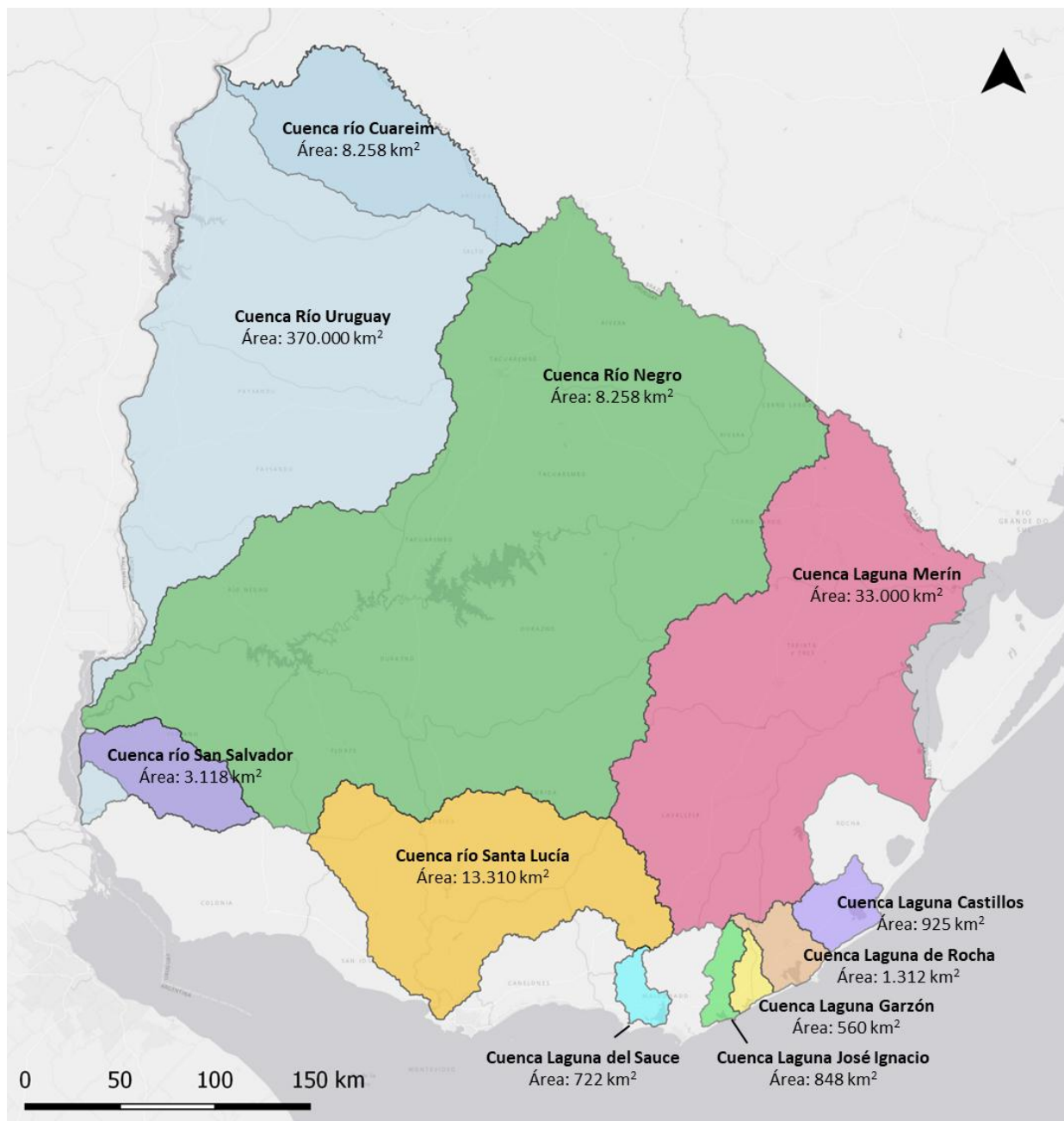


Figura 1: Cuencas hidrográficas monitoreadas por DINAMA (MA), indicando las superficies que ocupan en el territorio nacional.

Calidad de agua

Introducción

La contaminación del agua constituye uno de los principales problemas ambientales de nuestros tiempos. Es un problema que ha adquirido dimensiones globales y es centro de atención de los temas ambientales. El carácter indispensable de este recurso natural para la vida y su enorme trascendencia económica, unidos a la presión que se está produciendo sobre el mismo como consecuencia en un aumento de su consumo y de su creciente contaminación han aumentado las preocupaciones por el mantenimiento de su calidad.

Objetivo y descripción

Calificar el estado de los cursos de agua en base al cumplimiento de valores de referencia de cinco parámetros biológicos, físicos y químicos: clorofila *a*, coliformes termotolerantes, oxígeno disuelto, fósforo total y nitrógeno total.

Relevancia ambiental

Dentro del conjunto de variables que se utilizan para evaluar la calidad del agua, se seleccionaron cinco cuyas concentraciones cuentan con valores de referencia para determinar la calidad y que son utilizados habitualmente en los monitoreos de aguas superficiales nacionales y municipales, lo que permite su comparación. Su relevancia ambiental se describe a continuación.

Clorofila *a*

La clorofila *a* es un pigmento común a todos los organismos productores primarios fotosintetizadores. Es una molécula que tiene relación directa con la productividad primaria y el desarrollo vegetal. Por tanto, su concentración en aguas superficiales está determinada por la presencia de cianobacterias, microalgas y plantas, que para su desarrollo dependen de la disponibilidad de nutrientes, la luz y del tiempo de residencia del agua. Es utilizado como un indicador indirecto de la biomasa de algas y cianobacterias en los sistemas acuáticos.

Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes ofrecen una estimación del grado de contaminación fecal de origen humana y de animales de sangre caliente. La idea general relativa a utilizar este indicador, es que, si se encuentra contaminación fecal en el agua, también existen riesgos de presencia de organismos patógenos. Las fuentes de generación de coliformes termotolerantes son las plantas de tratamiento de aguas servidas, áreas de recreación, ganado, escorrentía urbana (JICA-DINAMA, 2006).

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua tiene su origen en la producción fotosintética de fitoplancton, perifiton y plantas acuáticas o a través de la difusión desde la atmósfera, en función del equilibrio entre las concentraciones del gas en el agua y el aire (ley de Henry). Por lo cual la altitud, la presión atmosférica y la temperatura son factores que inciden en la concentración de oxígeno en el agua. Es fundamental para el metabolismo respiratorio de la mayor parte de los organismos, y para las reacciones bioquímicas de oxidación o reducción. Afecta la solubilidad y disponibilidad de nutrientes y, por lo tanto, la productividad de los ecosistemas acuáticos. La acumulación de materia orgánica en los cuerpos de agua provoca la disminución del oxígeno, afectando a la biota que allí habita y a los ciclos de los nutrientes

Fósforo total

El fósforo es un componente esencial para la vida, por lo cual es uno de los nutrientes fundamentales para el crecimiento vegetal y animal, formando parte del ADN (ácido desoxirribonucleico), ATP (adenosín trifosfato) y de las moléculas de fosfolípidos de las membranas celulares, entre otros compuestos. Este elemento se origina naturalmente en la erosión de las rocas y la degradación de la materia orgánica (Wetzel, 2001). El fósforo ocurre en aguas naturales y residuales principalmente en forma particulada inorgánica u orgánica y en una menor fracción en forma disuelta, orgánica (nucleótidos, polinucleótidos, sustancias húmicas, poli, meta y ultra fosfatos) e inorgánica (PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , H_2PO_4^-) (Arocena & Conde 1999; Wetzel 2001). La concentración de fósforo total (PT) mide la cantidad de fósforo disponible en forma orgánica e inorgánica, disuelta y particulada en los sistemas acuáticos. En muchos sistemas acuáticos el fósforo constituye el nutriente limitante de la producción primaria, por encontrarse naturalmente en menor proporción. Por alteraciones a causa de actividad antrópica de este nutriente puede ser determinante del estado trófico de los mismos sistemas. El aumento de este elemento en el medio acuático está relacionado a diversas actividades humanas, principalmente con fertilizantes y erosión del suelo. Y en determinadas zonas de gran densidad de ganado, con las excreciones de los mismos (Arocena y Conde, 1999).

Nitrógeno total

El nitrógeno es otro componente esencial de los seres vivos, que forma parte de las proteínas y el ADN, como ejemplo de su relevancia. Puede llegar a ser un nutriente limitante, cuyo origen se encuentra tanto en la naturaleza como en actividades antrópicas, la agricultura, por ejemplo. Cuando los fertilizantes que contienen nitrógeno y fósforo llegan a los ríos y lagos, pueden provocar florecimientos de algas. La importancia del nitrógeno en el ambiente acuático varía según las cantidades relativas de las formas de nitrógeno presentes (amoníaco, nitrito, nitrato o nitrógeno orgánico). El nitrógeno total (NT) es una medida que reúne todas las formas orgánicas e inorgánicas de nitrógeno y las principales fuentes son efluentes de aguas servidas o de animales confinados, fertilizantes agrícolas, efluentes industriales, minería (JICA-DINAMA, 2006).

Metodología

Para realizar el análisis de la calidad de agua fueron considerados los valores de los parámetros biológicos, físicos y químicos mencionados previamente, obtenidos en los programas de monitoreo de calidad de agua, del período comprendido entre el 2016 y el 2019 para once cuencas y 152 puntos de muestreo.

Las tres categorías definidas fueron determinadas a partir de rangos de valores basados en normativas y valores guía nacionales e internacionales, tanto para sistemas lóticos como lénticos (**Tabla 1**). A cada categoría se le asignó un color identificativo: Bueno (verde), Aceptable (amarillo) y No aceptable (rojo). A cada parámetro y para cada sitio monitoreado de los cuerpos de agua del país se le asignó una categoría de acuerdo a sus valores promedio entre los años 2016 y 2019.

Tabla 1: Categorías de calidad de aguas determinadas por los niveles de cinco variables, según se midan en sistemas lóticos y lénticos. Donde OD: oxígeno disuelto; PT: fósforo total; NT: nitrógeno total.

	<i>Sistemas lóticos</i>			<i>Sistemas lénticos</i>		
Categorías	Bueno	Aceptable	No aceptable	Bueno	Aceptable	No aceptable
Clorofila a (µg/L)	≤8	8,1-25	>26	≤10	10,1-30	>30
Referencias	(OCDE 1982)			Mesa Técnica de Agua (MVOTMA DINAMA 2017)		
OD (mg/L)	8-14	5,0-7,9	<5 o >14	8-14	5,0-7,9	<5 o >14
Referencias	Decreto 253/79, Arocena (2016), CARU (2019)			Decreto 253/79, Arocena (2016), CARU (2019)		
PT (µg P/L)	≤50	51-70	>70	≤30	31-50	>50
Referencias	Mesa Técnica de Agua (MVOTMA DINAMA 2017)			Mesa Técnica de Agua (MVOTMA DINAMA 2017)		
NT (mg N/L)	≤0,65	0,66-1,00	>1,00	≤0,65	0,66-1,00	>1,00
Referencias	Mesa Técnica de Agua (MVOTMA DINAMA 2017)			Mesa Técnica de Agua (MVOTMA DINAMA 2017)		
Coliformes (ufc/100ml)	≤1000	1000-2000	>2000	≤1000	1000-2000	>2000
Referencias	Decreto 253/79			Decreto 253/79		

Resultados, evaluación e interpretación

A partir del análisis de los valores promedio y su categorización, resultan variadas situaciones de calidad de agua, existiendo cursos con calidad de agua muy buena, en tanto otros afectados por actividades agropecuarias, centros urbanos, efluentes industriales y del alcantarillado, presentan problemas en sus niveles de calidad.

Es así que, en los últimos cuatro años las cuencas más comprometidas (de las monitoreadas) en cuanto a su calidad de agua son: río San Salvador, Santa Lucía y Tacuarembó, presentando valores considerados no aceptables en nutrientes y en coliformes en algunas estaciones puntuales. La calidad de agua es aceptable a buena para la mayoría de los parámetros del resto de las cuencas (Figura 2- 21).

Clorofila a

El 91% de los valores de clorofila a obtenidos en los cursos de agua del país entre los años 2016 y 2019 correspondieron a calidad buena, mientras que el 8% indicó concentraciones aceptables y el 1% restantes fueron no aceptables (Figura 1).

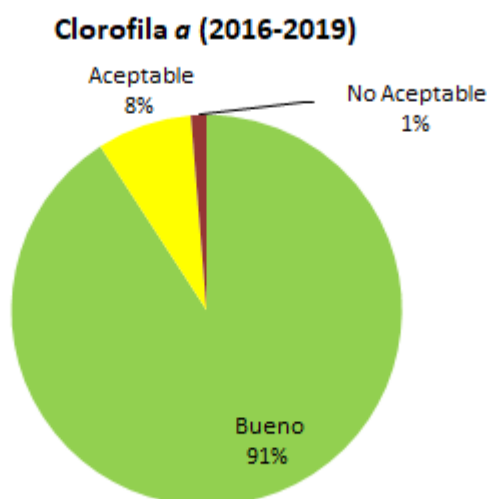


Figura 2: Indicador global: Porcentajes de categorías de calidad de agua según clorofila a para el total de datos registrados para todos los sitios de monitoreo del país entre los años 2016-2019.

Los promedios de los valores de clorofila *a* del periodo 2016-2019 indicaron concentraciones de nivel "bueno" para la gran mayoría de los cursos de agua, lagunas y embalses del país, a excepción de algunas estaciones de monitoreo localizadas en la laguna de Castillos, afluentes de la laguna de Rocha, río San Salvador y embalse de Canelón Grande en la cuenca del río Santa Lucía. En éstos, los valores promedios fueron aceptables, debido a que son sitios en los que se registra mayor desarrollo del fitoplancton, ya sea por la alta disponibilidad de nutrientes y/o por el alto tiempo de residencia de las aguas (Figura 3).

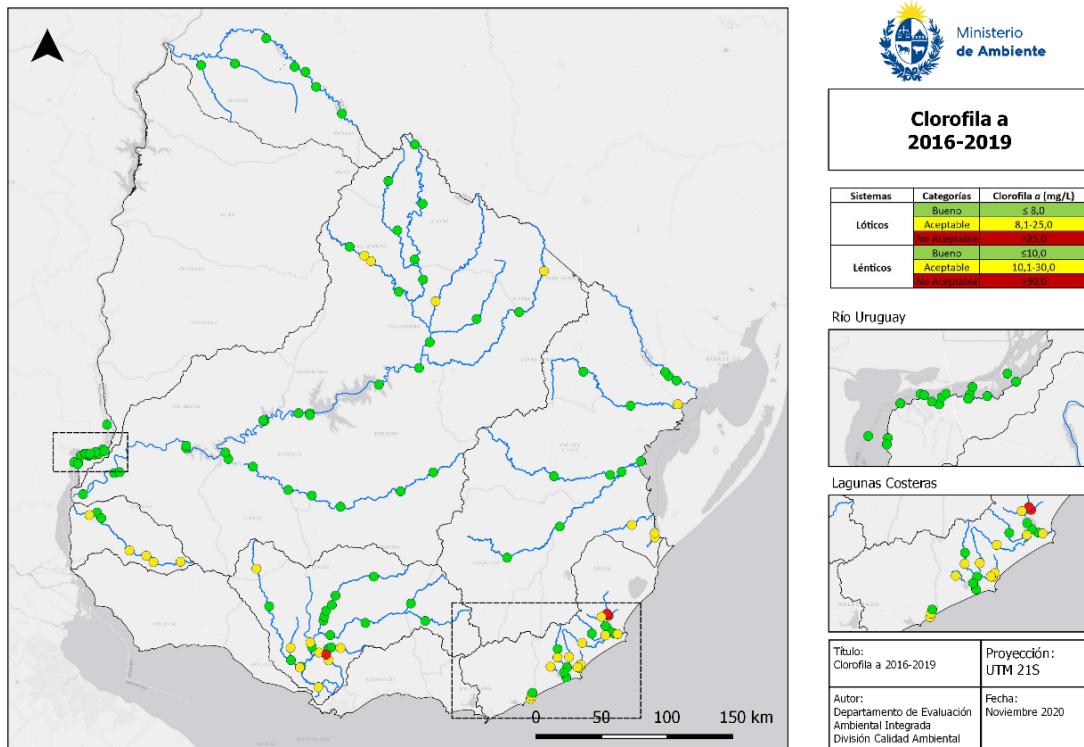


Figura 3: Categorías de calidad según clorofila a para el promedio del periodo 2016-2019 en todos los puntos de monitoreo del país.

Los cursos de agua monitoreados por DINAMA registran valores de concentración de clorofila a menores a 8 $\mu\text{g/L}$ en más del 80% de los resultados obtenidos entre 2016 y 2019, indicando que los cuerpos de agua registran valores de calidad “buena” con alta frecuencia para este indicador. En el otro extremo, los resultados muestran que casi el 5% del total de los registros presentan calidad “no aceptable”. Estos casos se dieron en los ríos Negro, San Salvador, Santa Lucía y tributarios de la Laguna de Rocha (**Figura 4**).

Clorofila a cursos de agua (2016-2019)

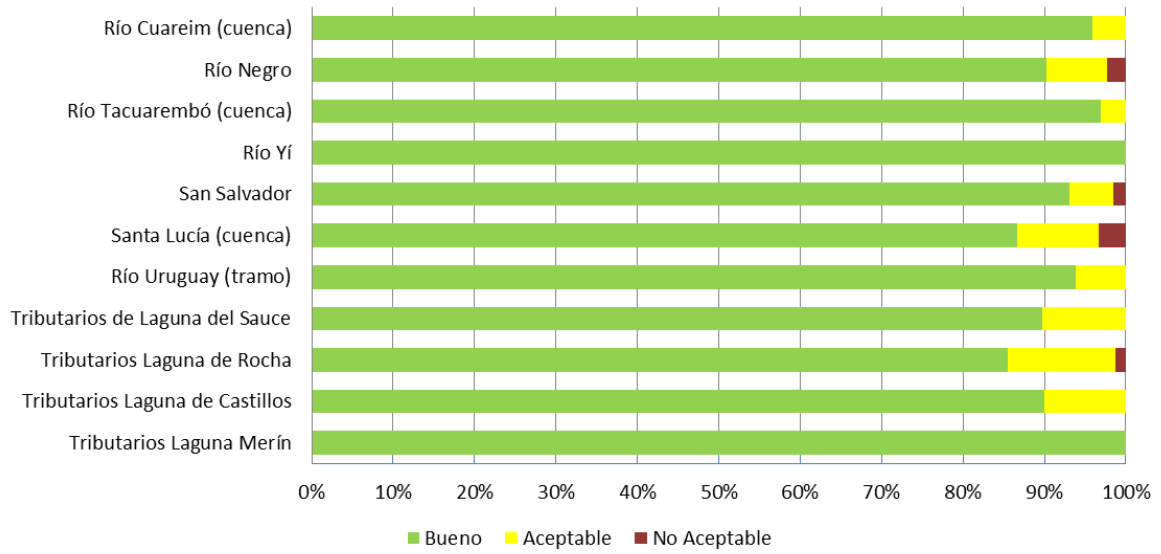


Figura 4: Frecuencia de registro de las categorías de calidad de agua para el indicador “clorofila a” en los cursos de agua monitoreados entre 2016 y 2019 por DINAMA. Las barras grises indican ausencia de datos.

En cuanto a los sistemas lénticos, los valores registrados representan buena calidad en el casi 90% de los casos para todos los embalses y lagunas monitoreadas entre el 2016 y el 2019. Sin embargo, tanto los embalses localizados en el Río Negro como en el Santa Lucía presentaron valores no aceptables aproximadamente en el 5% de los registros, y en menor medida en las lagunas del Sauce y de Castillos (Figura 5).

Clorofila a lagunas y embalses (2016-2019)

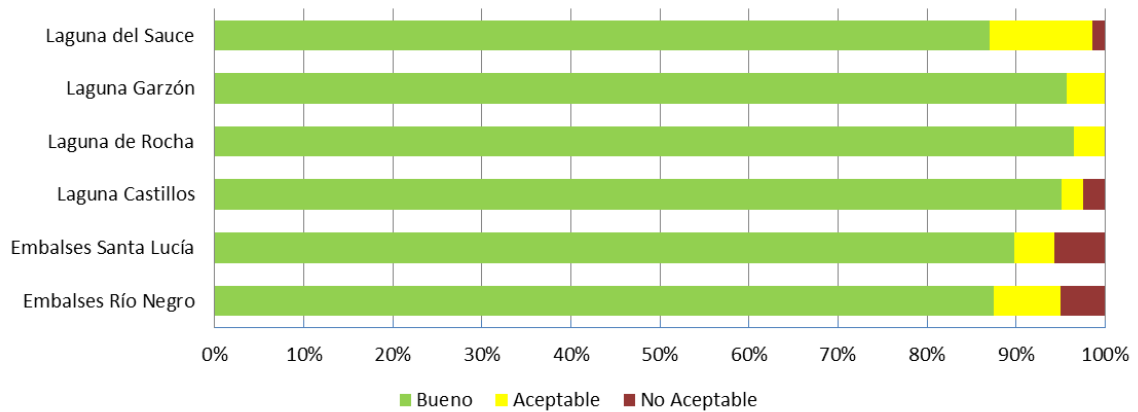


Figura 5: Frecuencia de registro de las categorías de calidad de agua para el indicador “clorofila a” en los embalses y lagunas monitoreados entre 2016 y 2019 por DINAMA. Las barras grises indican ausencia de datos.

Coliformes termotolerantes

El 90% de los valores de coliformes termotolerantes obtenidos en los cursos de agua del país entre los años 2016 y 2019 fueron buenos, mientras que el 4% de las concentraciones fueron aceptables y el 6% restante fueron no aceptables (**Figura 6**).

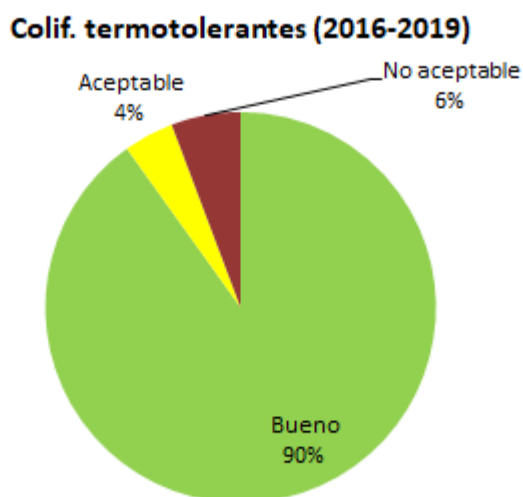


Figura 6: Indicador global: Porcentajes de categorías de calidad de agua según coliformes termotolerantes, para el total de datos registrados para todos los puntos de monitoreo del país entre los años 2016-2019.

Los promedios de los valores de coliformes termotolerantes del periodo 2016-2019 fueron buenos para la mayoría de los cursos de agua, lagunas y embalses del país. Sin embargo, algunas estaciones de monitoreo localizadas en tributarios de la laguna de Castillos, Río Uruguay, Río Negro (zona alta y embalse Rincón del Bonete), río Santa Lucía Chico y arroyo Canelón (cuenca del río Santa Lucía), y río Tacuarembó, los valores promedio fueron no aceptables. Estos sitios se encuentran en general cercanos a centros poblados cuyas aguas servidas son vertidos a los cursos de agua sin tratamiento adecuado. Por otra parte, valores promedio aceptables de coliformes termotolerantes fueron registrados en afluentes de la laguna de Castillos y Merín, en el Río Uruguay y en el embalse de Canelón Grande en la cuenca del río Santa Lucía (**Figura 7**).

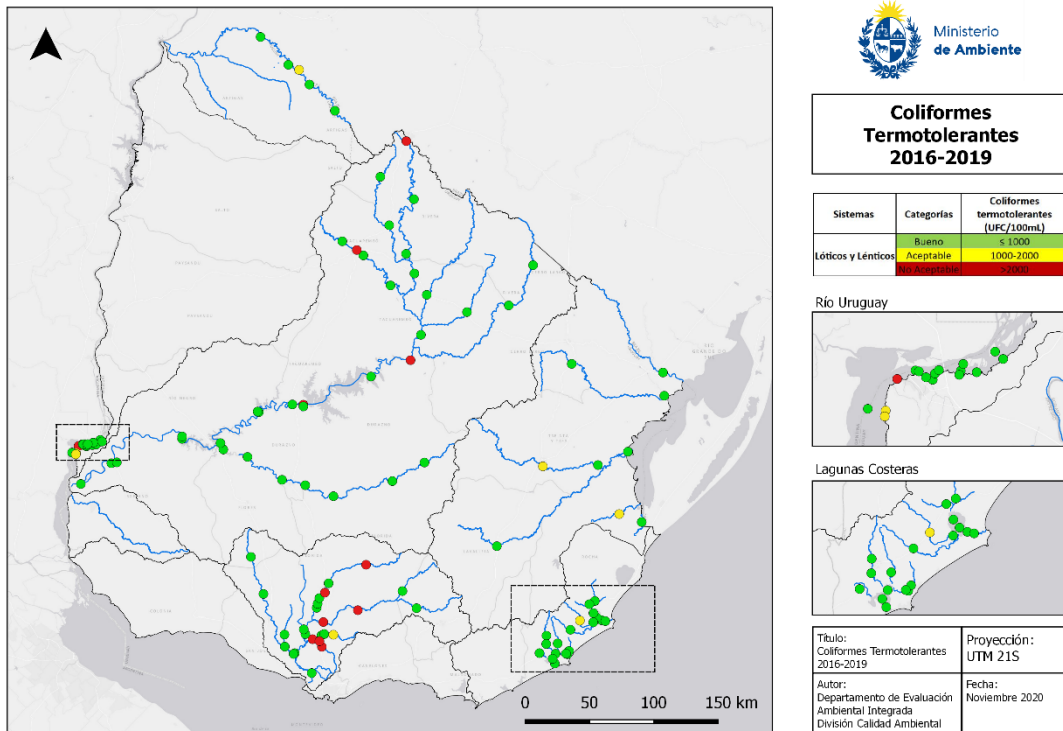


Figura 7: Categorías de calidad de agua según coliformes termotolerantes para el promedio del periodo 2016-2019 en todos los puntos de monitoreo del país.

Más del 80% de los valores de coliformes termotolerantes registrados en los cursos de agua del país son menores a 1000 UFC/100mL, considerados buenos. Sin embargo, los ríos Cuareim, Tacuarembó, Santa Lucía y los tributarios de la laguna de Castillos, presentaron valores no aceptables en aproximadamente el 10% del total de los registros para cada caso (**Figura 8**).

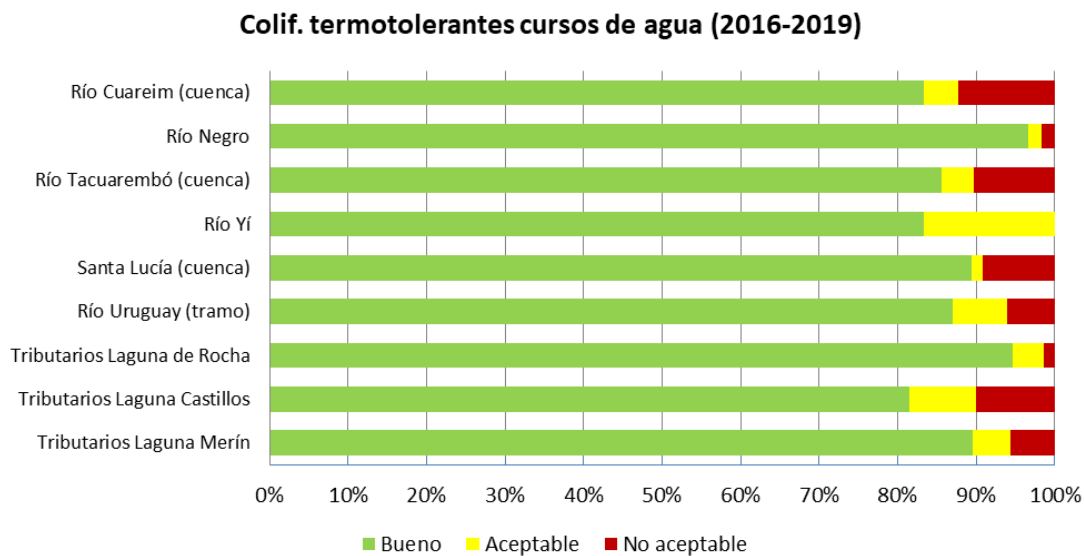


Figura 8: Frecuencia de categorías de calidad de agua según coliformes termotolerantes para el período 2016-2019 en cada curso de agua monitoreado. Las barras grises indican ausencia de datos.

Respecto de las lagunas y embalses monitoreados en el país, dos de los cuatro sistemas lénticos en donde se analizan coliformes termotolerantes, presentan el 100% de sus registros de buena calidad. Los otros dos presentan un porcentaje menor al 5% dentro de la categoría no aceptable, por concentraciones mayores a 2000 UFC/100mL (**Figura 9**).

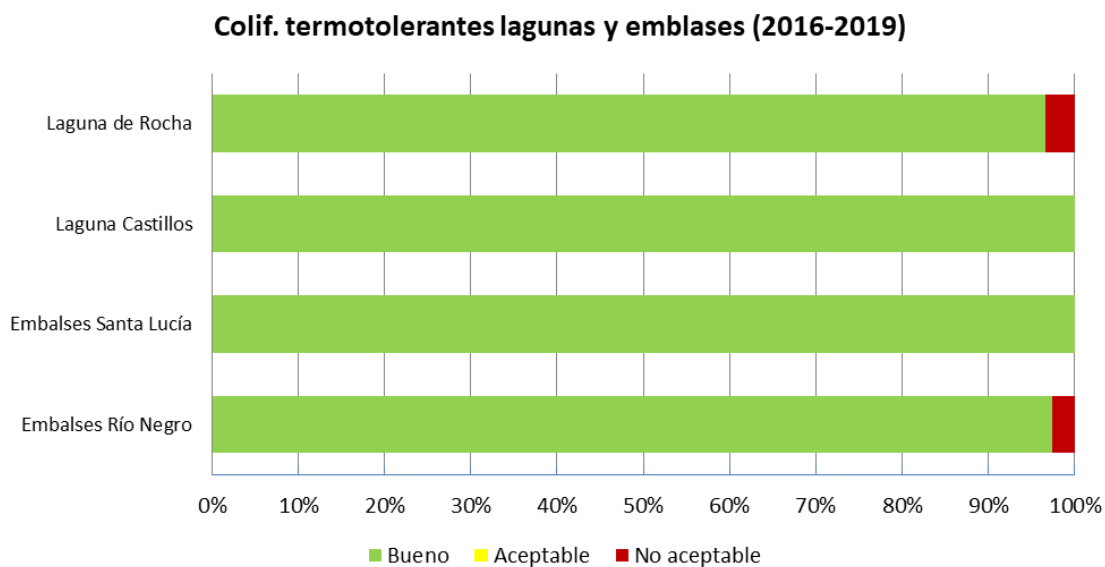


Figura 9: Frecuencia de categorías de calidad de agua según coliformes termotolerantes para el período 2016-2019 en cada embalse y laguna monitoreado. Las barras grises indican ausencia de datos.

Oxígeno disuelto

El 52% de los valores de oxígeno disuelto obtenidos en los cursos de agua del país entre los años 2016 y 2019 fueron buenos, mientras que el 42% de las concentraciones fueron aceptables y el 6% restantes fueron no aceptables, con valores por debajo del indicado en la normativa nacional (**Figura 10**).

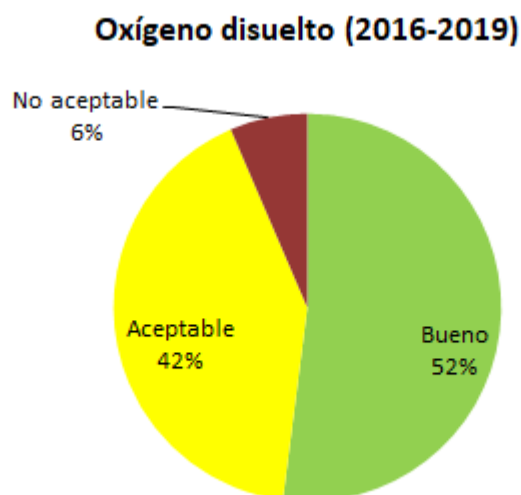


Figura 10: Indicador global: Porcentajes de categorías de calidad de agua según oxígeno disuelto para el total de datos registrados para todos los puntos de monitoreo del país entre los años 2016-2019.

Considerando el promedio del período 2016-2019, las concentraciones no aceptables según la normativa nacional (menores a 5mg/L, Dec. 253/79), se observan en los sistemas lóticos de Laguna de Castillos y en el embalse de Canelón Grande en la cuenca del río Santa Lucía. Mientras que valores aceptables se observaron en al menos un punto de monitoreo de todas las cuencas muestreadas, (pudiendo estar asociadas a la presencia de centros poblados o actividades antrópicas), a excepción de los ríos Cuareim, Yí y el Río Uruguay en donde todas las estaciones presentan valores de categoría buena de oxígeno disuelto (**Figura 11**).

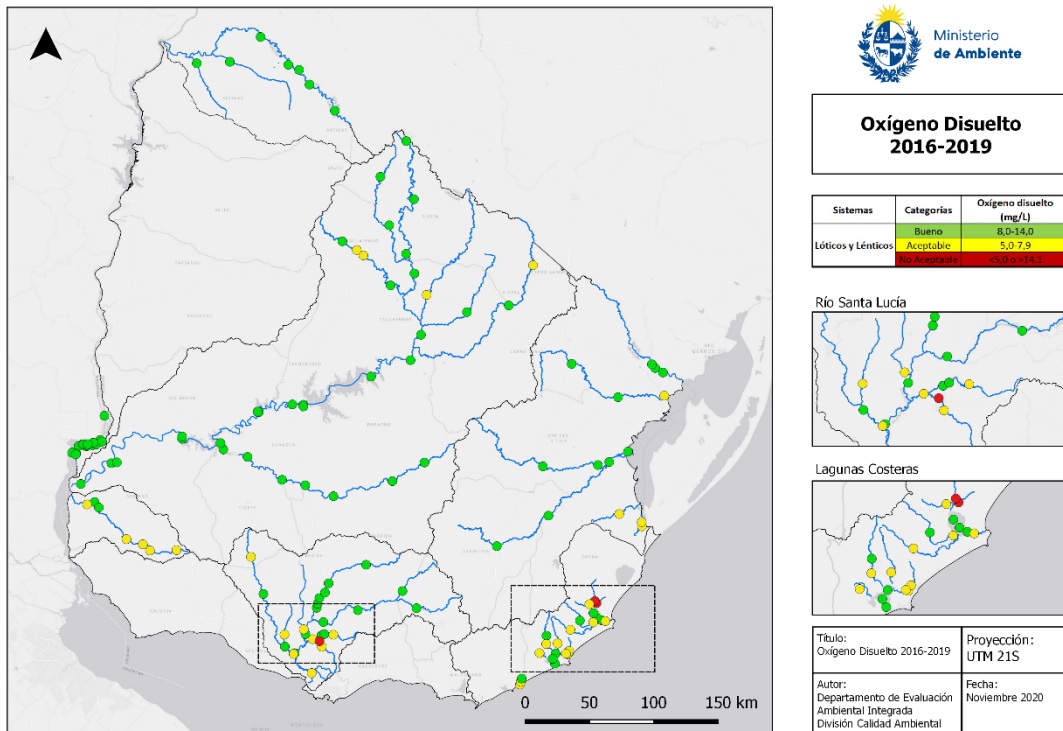


Figura 11: Categorías de calidad de agua según oxígeno disuelto para el promedio del periodo 2016-2019 en todos los puntos de monitoreo del país.

Los principales cursos de agua del país, como el Río Uruguay, el Río Negro, el Tacuarembó, el Yí, el Cuareim y los tributarios de la Laguna Merin, presentan altos porcentajes de concentraciones de oxígeno disuelto en sus aguas, consideradas buenas. Mientras que los ríos Santa Lucía, San Salvador y los arroyos de las cuencas de las lagunas del Sauce, Rocha y Castillos presentan los mayores porcentajes de valores de oxígeno disuelto aceptables y no aceptables (**Figura 12**).

Oxígeno disuelto cursos de agua (2016-2019)

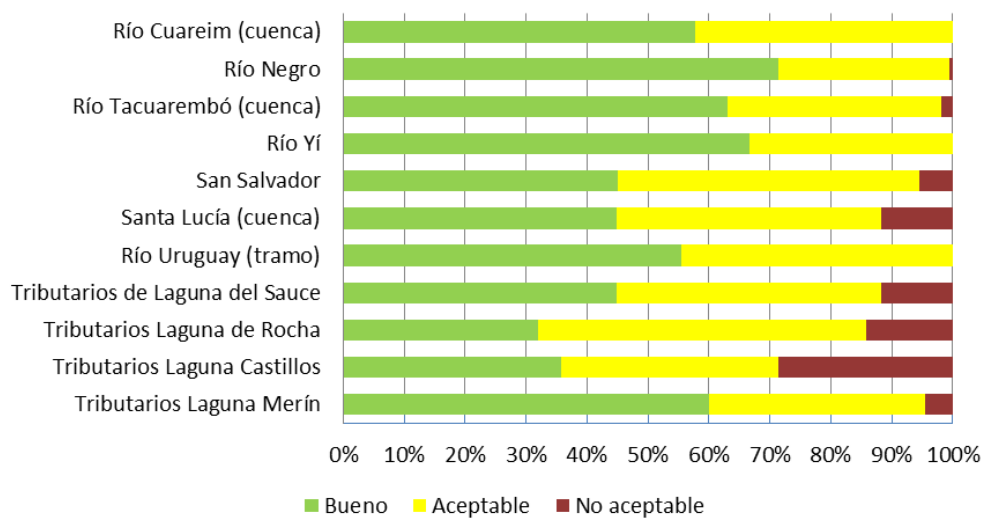


Figura 12: Frecuencia de categorías de calidad de agua según oxígeno disuelto para el período 2016-2019 en cada curso de agua monitoreado. Las barras grises indican ausencia de datos.

Por otra parte, los embalses y lagunas monitoreadas entre los años 2016 y 2019, presentan concentraciones de oxígeno de aceptables y buenas con frecuencia variables (Figura 13).

Oxígeno disuelto lagunas y embalses (2016-2019)

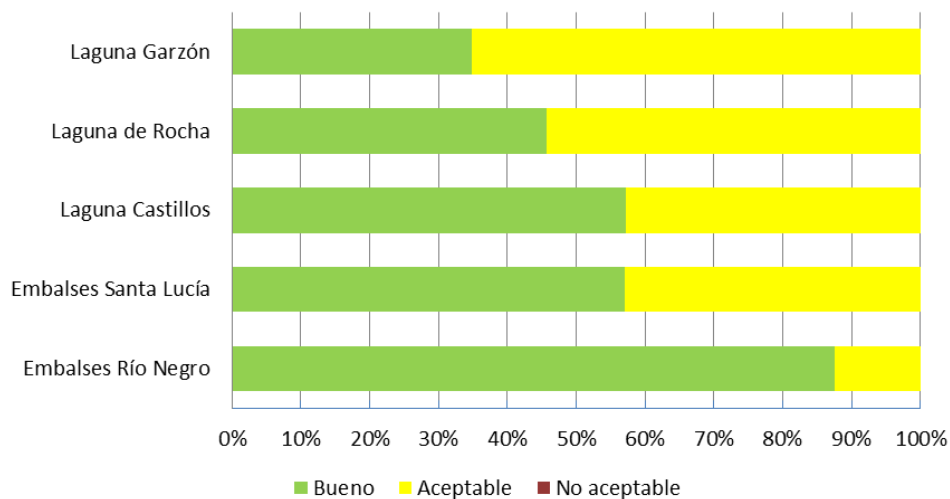


Figura 13: Frecuencia de categorías de calidad de agua según oxígeno disuelto para el período 2016-2019 en cada embalse y laguna monitoreado. Las barras grises indican ausencia de datos.

Fósforo total

De los valores de fósforo total registrados entre los años 2016 y 2019 en los cursos de agua, embalses y lagunas del país, el 84% fueron no aceptables. El 12% de las concentraciones de este nutriente fueron aceptables, mientras el restante 4% fue bueno, con niveles por debajo del valor guía indicado por la Mesa Técnica del Agua (2017) (**Figura 14**).

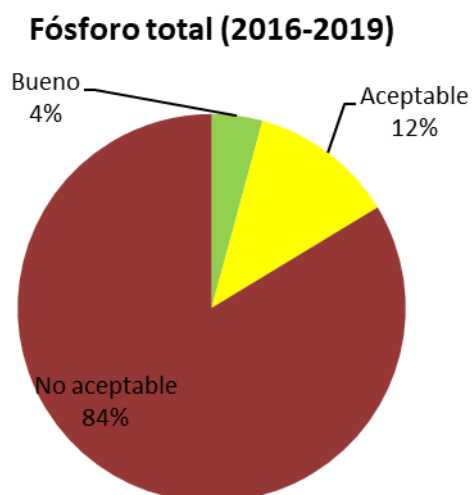


Figura 14: Indicador global: Porcentajes de categorías de calidad de agua según fósforo total para el total de datos registrados para todos los puntos de monitoreo del país entre los años 2016-2019.

Las concentraciones no aceptables según valores de referencia propuestos por la Mesa Técnica del Agua (2017) corresponden a concentraciones mayores a 70 $\mu\text{g/L}$ para sistemas lóticos y mayores a 50 $\mu\text{g/L}$ para sistemas lénticos. Considerando el promedio del período 2016-2019, se observan altos niveles no aceptables en todos los cursos de agua y sistemas lénticos del país, debido probablemente a las actividades antrópicas desarrolladas en las cuencas. Los valores aceptables se observaron en puntos de monitoreo localizados en las cabeceras de algunas de las cuencas (ríos Yí y Tacuarembó), y en tributarios de las lagunas Garzón, Rocha y Castillos. En algunos tributarios de las lagunas José Ignacio y Garzón se registraron valores de categoría buena, por debajo de los valores guía indicados por la Mesa Técnica del Agua, indicando buena calidad del agua para este nutriente (**Figura 15**).

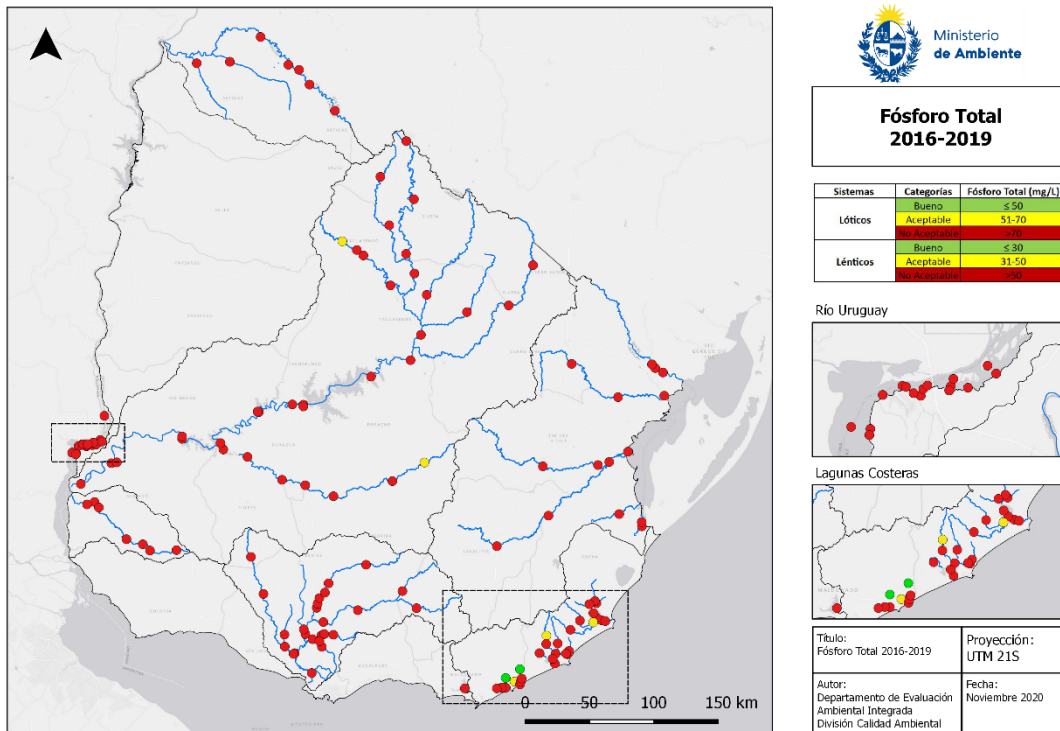


Figura 15: Categorías de calidad de agua según fósforo total para el promedio del periodo 2016-2019 en todos los puntos de monitoreo del país.

Al comparar las principales cuencas hidrográficas del país, se observa que los tributarios de las lagunas José Ignacio y Garzón presentan valores entre buenos y aceptables en los últimos 4 años. En el resto de los cursos de agua las concentraciones de fósforo total fueron no aceptables (mayores al 60%) entre 2016 y 2019 (Figura 16).

Fósforo total cursos de agua (2016-2019)

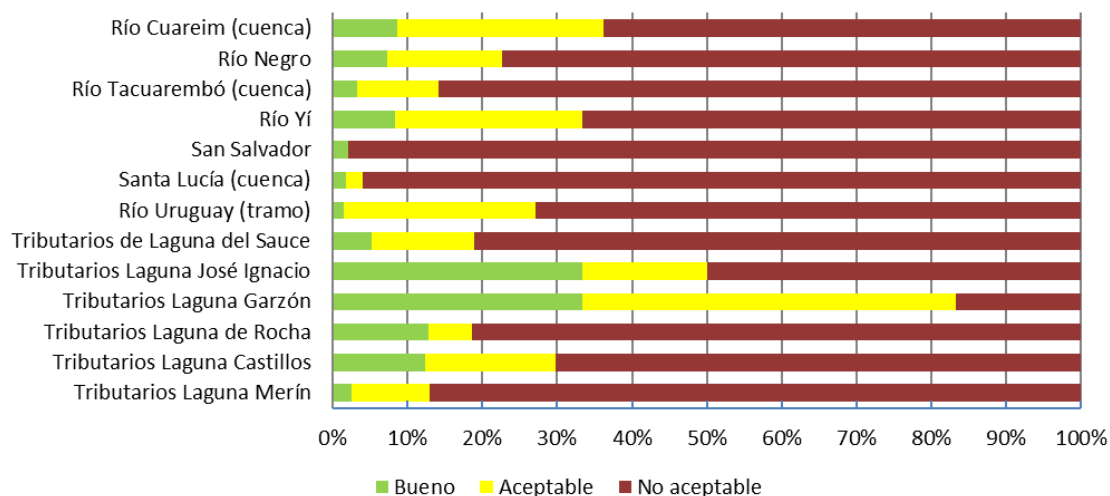


Figura 16: Frecuencia de categorías de calidad de agua según fósforo total para el período 2016-2019 en cada curso de agua monitoreado.

En cuanto a las lagunas y embalses monitoreados en el país, se observa que las lagunas José Ignacio y Castillos presentan alrededor de un 40% de sus valores entre buenos y aceptables. Mientras que el resto de las lagunas y embalses del país presentan valores no aceptables entre el 80% (laguna de Rocha) y el 100% (embalses del Santa Lucía) (Figura 17).

Fósforo total lagunas y embalses (2016-2019)

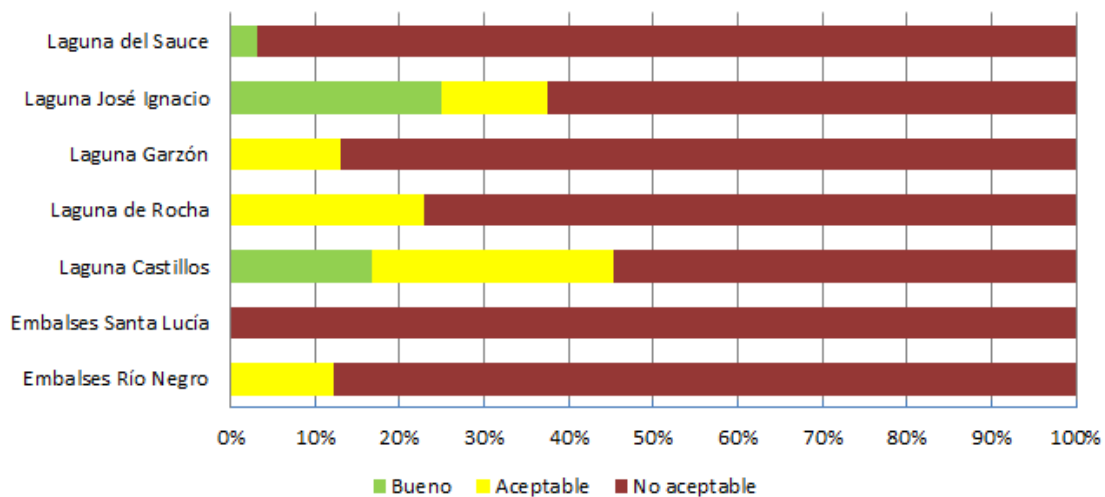


Figura 17: Frecuencia de categorías de calidad de agua según fósforo total para el período 2016-2019 en cada embalse y laguna monitoreado.

Nitrógeno total

De los valores de nitrógeno total registrados entre los años 2016 y 2019 tanto en los cursos de agua, como en los embalses y lagunas del país, el 44% fueron no aceptables. El 36% de las concentraciones de este nutriente fueron aceptables, mientras el 20% estuvieron por debajo del valor guía indicado por la Mesa Técnica del Agua (2017) otorgándole categoría de buena calidad para este indicador (**Figura 18**).

Nitrógeno total (2016-2019)

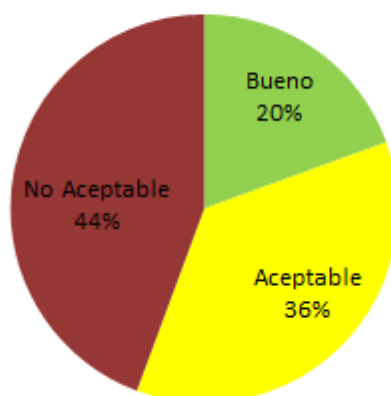


Figura 18: Indicador global: Porcentajes de categorías de calidad de agua según nitrógeno total para el total de datos registrados para todos los puntos de monitoreo del país entre los años 2016-2019.

Las concentraciones de referencia de buena calidad propuestos por la Mesa Técnica del Agua (2017) sugieren menores a 0,65 mg/L para sistemas lóticos y menores a 0,50 mg/L para sistemas lénticos. Considerando el promedio del período 2016-2019, se observan valores de buena calidad en algunas estaciones del río Cuareim, afluentes de las lagunas, Garzón, Castillos y Rocha, y lagunas José Ignacio, del Sauce y Rocha. Todos los cuerpos de agua del país presentan al menos una estación de monitoreo con valores no aceptables, a excepción de las lagunas del Sauce, José Ignacio y Garzón en donde los valores promedio para el periodo fueron buenos o aceptables (**Figura 19**).

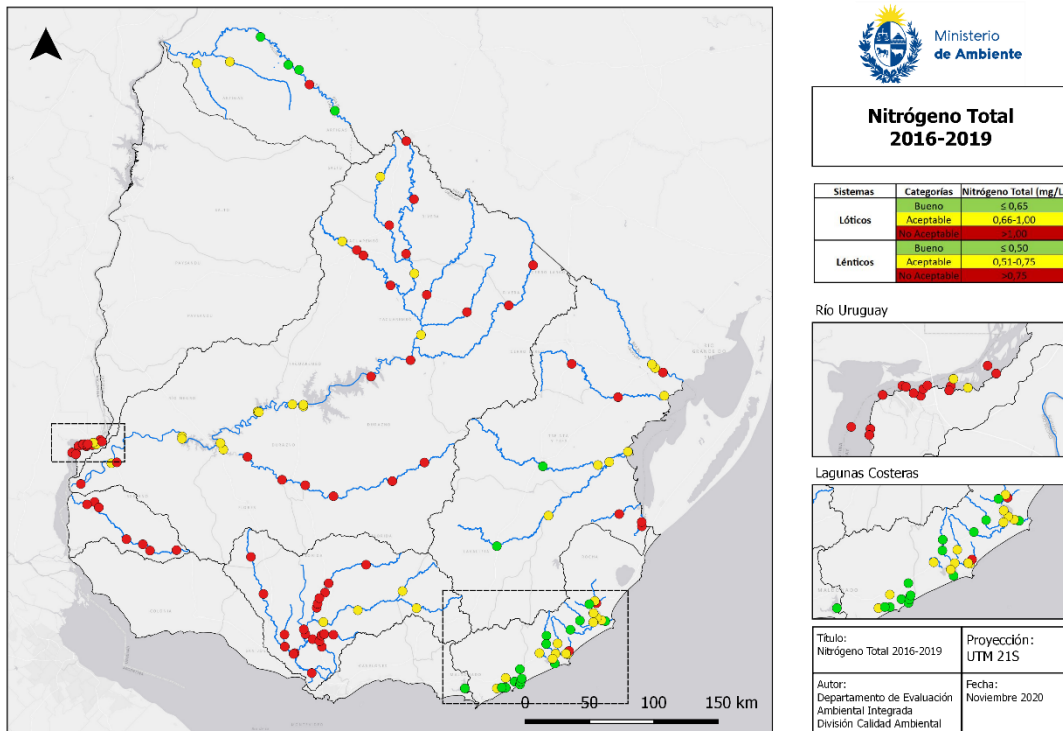


Figura 19: Categorías de calidad de agua según nitrógeno total para el promedio del periodo 2016-2019 en todos los puntos de monitoreo del país.

Más del 60% de las concentraciones de nitrógeno total en los ríos Tacuarembó, Yí, San Salvador y Santa Lucía estuvieron dentro del rango de valores no aceptables. Mientras que más del 80% de los valores registrados en el río Cuareim, y en los tributarios de las lagunas del Sauce, Garzón y Castillos, fueron considerados buenos por ser inferiores a 0,65 mg/L (**Figura 20**).

Nitrógeno total cursos de agua (2016-2019)

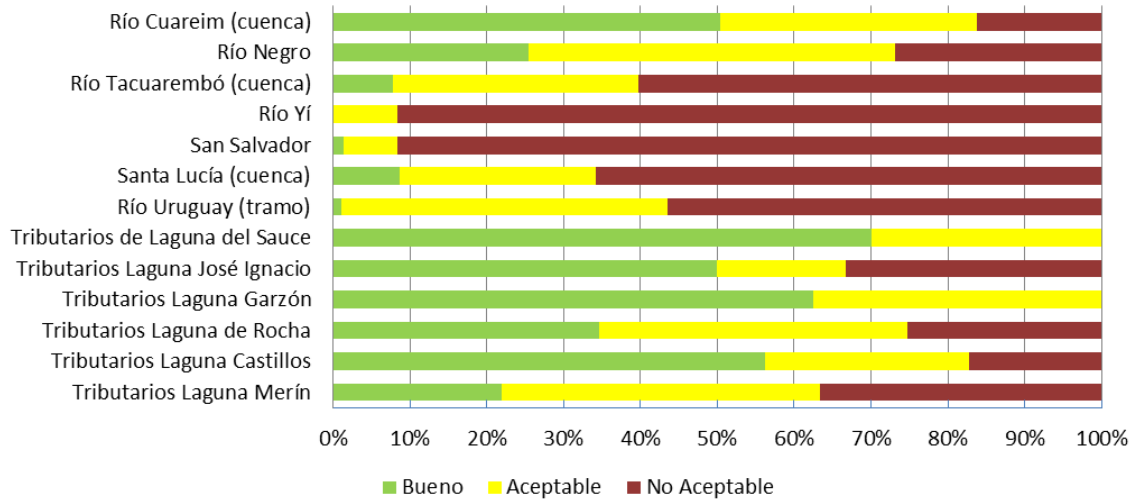


Figura 20: Frecuencia de categorías de calidad de agua según nitrógeno total para el período 2016-2019 en cada curso de agua monitoreado.

En cuanto a las lagunas y embalses se observa que tanto la laguna José Ignacio como la laguna del Sauce presentan valores entre buenos y aceptables en la totalidad de sus registros. En las lagunas Garzón y Rocha, y los embalses del Río Negro, alrededor del 20% de sus valores fueron no aceptables. Se destacan más del 90% no aceptables de las concentraciones de nitrógeno total en los embalses del río Santa Lucía, probablemente debido a las actividades antrópicas intensas en esa cuenca (Figura 21).

Nitrógeno total lagunas y embalses (2016-2019)

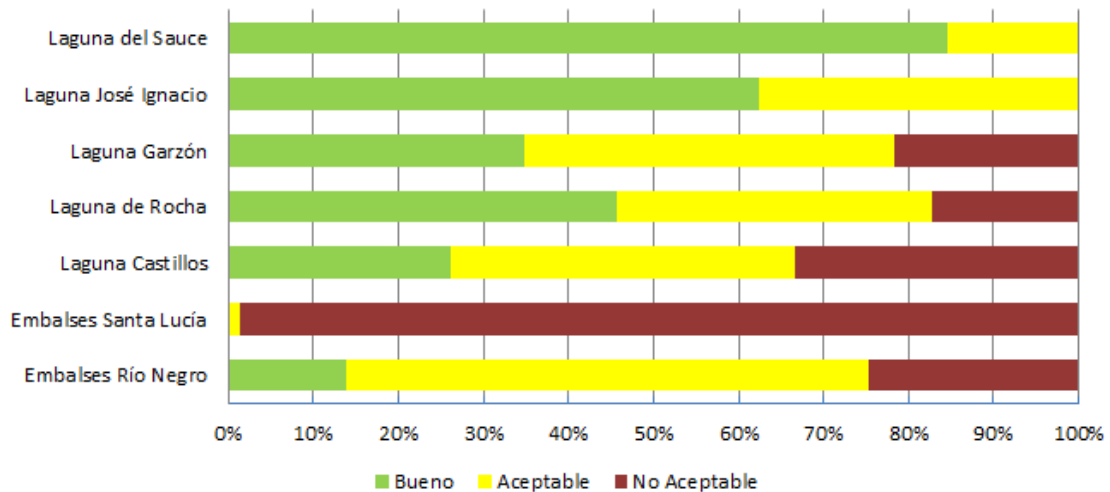


Figura 21: Frecuencia de categorías de calidad de agua según nitrógeno total para el período 2016-2019 en cada embalse y laguna monitoreado.

Limitaciones

Las tres categorías de calidad de agua fueron definidas en base a normativa o valores guía determinados a nivel nacional. En los casos en los que no se pudo obtener respaldo en la normativa nacional se utilizó la internacional y bibliografía de referencia. Este hecho evidencia la necesidad de revisar dichos valores y adecuarlos a niveles de calidad propios de nuestras latitudes y condiciones ambientales.

El objetivo de los programas de monitoreo del MA-DINAMA es tener una línea de base del estado de los cursos de agua a lo largo del tiempo para poder apreciar cualquier impacto significativo que ocurra en ellos. Los diseños de muestreo se encuentran orientados principalmente a las variables físicas y químicas y recientemente a variables biológicas, como biomasa fitoplanctónica mediante clorofila a. Por ello, mientras los indicadores de nutrientes que estimulan el crecimiento de fitoplancton muestran concentraciones altas, los de clorofila a son en general bajos. Esto se explica porque son menos datos biológicos, porque requieren otro diseño y esfuerzo de monitoreo; también porque hay otros factores controladores del crecimiento fitoplanctónico.

Fuente de datos y autores

MA-DINAMA, División Calidad Ambiental-Departamento de Seguimiento de Componentes Ambientales y Departamento de Evaluación Ambiental Integrada. La información proviene del Programas de Monitoreo de Calidad de Agua de la cuenca del Santa Lucía, río Cuareim, río San Salvador, Río Negro, Uruguay, Laguna Merín, Laguna del Sauce y lagunas costeras oceánicas. Los mapas fueron elaborados por el Departamento de Evaluación Ambiental Integrada.

Bibliografía consultada

AROCENA & CONDE. 1999. Métodos en ecología de aguas continentales. DI.R.A.C. Facultad de Ciencias-Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 233 pp.

AROCENA, R. 2016. Principios y métodos de limnología: ejemplos de Uruguay. Rafael Arocena (editor). 2da ed. DIRAC-Facultad de Ciencias, UdelaR. Montevideo, 328 p.

CONAMA. 2000. Calidad de agua. Resolución nº 274, de 29 de noviembre de 2000 Publicada no DOU no 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71

Cunha DG, Calijuri MC & Lamparelli MC. 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSItsr). Ecological Engineering 60: 126-134.

DECRETO 253/79. Disponible en:

<http://www.mvotma.gub.uy/ciudadania/tramites/tramites-aguas/item/10003601-decreto-253-079> (Consultado el 11/09/2015).

GESTA-Agua. 2014. Propuesta de Modificación del Decreto 253/79. “Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas”. MVOTMA-DINAMA. Documento interno.

JICA-DINAMA. 2006. Manual de Monitoreo- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Montevideo, Uruguay. 95 pp.

Kennish, M.J., Brush, M.J., Moore, K.A.. 2014. Drivers of change in shallow coastal photic systems: an introduction to a special issue. Estuar. Coasts 37, 3–19.

LAMPARELLI M. 2004. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tesis de Doctorado, Universidad de San Pablo. 235p + anexos.

MVOTMA-DINAMA-MTA. 2017. Informe de asesoría a la Mesa Técnica del Agua. Documento técnico nº 1. Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales. 47pp.

DCA. 2017. Índices de calidad de agua. Protocolo de cálculo automático en el SIA (Sistema de Información Ambiental) de los índices de estado trófico (IET) y de calidad de agua (IQA) en ríos y embalses para lograr su visualización en el Visualizador Ambiental. 47pp.

OCDE. 1982. Eutrophisation des eaux. Méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte. Paris. 164pp.

WETZEL, R. 2001. Limnology. Lake and River Ecosystem. Academic Press. 1006pp.

Índice de Estado Trófico (IET)

Introducción

El estado trófico de un cuerpo de agua da cuenta de su grado de eutrofización a causa del aporte de nitrógeno y fósforo principalmente. Una consecuencia del incremento del estado trófico se evidencia en el mayor desarrollo de las plantas, algas y cianobacterias. El incremento de las actividades antrópicas ha provocado el aumento de la carga de nutrientes en los cuerpos de agua (principalmente nitrógeno y fósforo), tanto por la escorrentía superficial como por el agua subterránea (Kennish et al., 2014), favoreciendo el proceso de eutrofización. La identificación y evaluación de las fuentes de nutrientes provenientes de las cuencas, considerando los impactos antrópicos y la dinámica natural de los ecosistemas, son esenciales para realizar una gestión sustentable del ambiente.

Aproximadamente el 93% de la superficie de suelo de Uruguay se encuentra bajo algún tipo de uso agropecuario (DIEA, 2019), significando una fuente de aportes difusos de nutrientes a los cursos de agua. Por otra parte, en todo el país también se desarrollan actividades industriales y agroindustriales dispersas o agrupadas en torno a las localidades, representando aportes puntuales de nutrientes. En Uruguay hay más

de 900 núcleos urbanos que concentran más del 95% de la población del país con niveles dispares de tratamiento de las aguas residuales. Todas estas actividades antropogénicas implican algún grado de aporte de nutrientes a los cursos de agua.

Objetivo y descripción

Mostrar el estado trófico actual y del período 2016-2019 en los ríos: Santa Lucía, Río Negro, Tacuarembó, Yí, Cuareim, Uruguay, San Salvador, tributarios de la cuenca de la Laguna Merín y Laguna del Sauce; así como también, el de los embalses del río Santa Lucía y Río Negro, y la Laguna del Sauce.

Relevancia ambiental

La eutrofización se ha convertido en la problemática de calidad de agua más extendida tanto a nivel nacional como mundial. La descomposición de la materia orgánica provoca la reducción de la concentración de oxígeno en el agua y aporta nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo. El aporte de materia orgánica proveniente de actividades antrópicas contribuye a acelerar el proceso de eutrofización. La proliferación excesiva de plantas acuáticas, microalgas y cianobacterias constituye uno de los efectos más notorios de este fenómeno, afectando la calidad del agua para su utilización por el hombre y la conservación de la biodiversidad.

En orden creciente —y relacionados con el aumento de la concentración de nutrientes—, los estados tróficos de los cuerpos de agua van desde la (ultra)oligotrofia a la (hiper)eutrofia. Los ambientes oligotróficos están representados por cuerpos de agua transparente, de baja productividad, alta biodiversidad y muy sensibles a los impactos producidos por la llegada de nutrientes. Los ambientes eutróficos están representados por cuerpos de agua de baja transparencia, alta productividad y desarrollo temporal de floraciones de cianobacterias, donde los incrementos de nutrientes son menos impactantes pero acumulables. Los ambientes hipereutróficos, son sistemas turbios, con alta presencia de productores primarios representados por plantas acuáticas o floraciones de algas o de cianobacterias potencialmente tóxicas, que ocasionan importantes impactos en la biota y la diversidad.

El conocimiento del estado trófico de los sistemas acuáticos y de su evolución es fundamental para el establecimiento de las medidas de gestión ambiental.

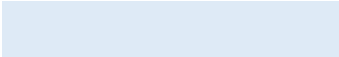




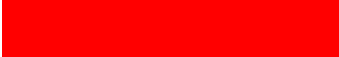
Metodología

El índice de estado trófico basado en fósforo total (PT) utilizado aquí, fue desarrollado para ríos por Lamparelli (2004) y para los embalses por Cunha y Lamparelli (2013).

- 1) $IET(PT) \text{ ríos} = 10^{(6 - ((0,42 - 0,36 * (\ln PT)) / \ln 2))} - 20$
- 2) $IET(PT) \text{ para embalses} = 10^{(6 - ((-0,27637 * (\ln PT) + 1,329766) / \ln 2))}$

El IET se normaliza en una escala de 0 a 100, dividida en seis rangos de estados tróficos, desde la ultraoligotrofia a la hipereutrofia. Los diferentes estados se representan en Uruguay con una escala cromática tal como se ilustra en la **Tabla 2**.

Tabla 2: Niveles tróficos del Índice de Estado Trófico (IET) para ríos (sistemas lóticos) y embalses (sistemas lénticos) con sus respectivos rangos de IET y escala cromática.

Nivel trófico	IET lóticos	IET lénticos	Escala cromática
Ultraoligotrófico	$\leq 47,0$	$\leq 51,1$	
Oligotrófico	$47,0 < \text{IET} \leq 52,0$	$51,1 < \text{IET} \leq 53,1$	
Mesotrófico	$52,0 < \text{IET} \leq 59,0$	$53,1 < \text{IET} \leq 55,7$	
Eutrófico	$59,0 < \text{IET} \leq 63,0$	$55,7 < \text{IET} \leq 58,1$	
Supereutrófico	$63,0 < \text{IET} \leq 67,0$	$58,1 < \text{IET} \leq 59,0$	
Hipereutrófico	$> 67,0$	$> 59,0$	

Resultados, evaluación e interpretación

El IET varía para los cursos estudiados entre mesotrófico e hipereutrófico para el año 2019. Las cuencas de los ríos Cuareim, Río Negro, Río Uruguay y afluentes de la Laguna Merín presentan estado mesotrófico para este año en la mayor parte de sus tramos. Sin embargo, los ríos Santa Lucía y San Salvador, presentan estados que van desde eutróficos a hipereutróficos en varios de sus tramos. También los embalses del Río Negro y Santa Lucía muestran estados tróficos eutróficos a hipereutróficos (**Figura 22**).

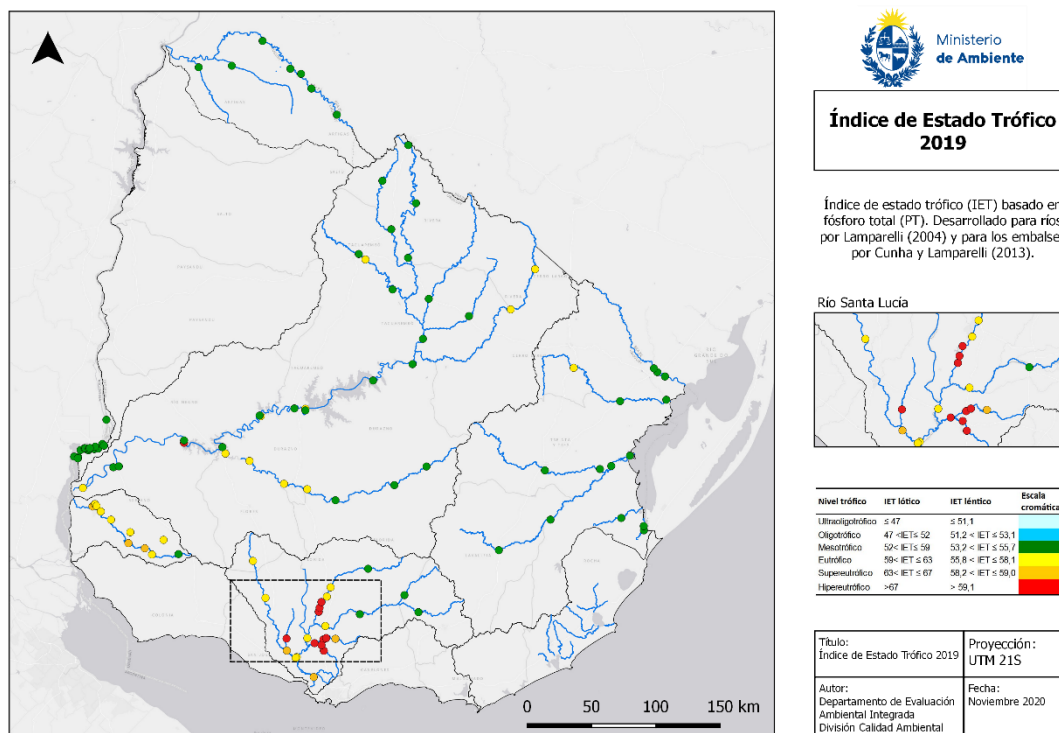


Figura 22: Índice de estado trófico en las cuencas prioritarias del Uruguay para el año 2019. Donde celeste: oligotrófico; verde: mesotrófico; amarillo: eutrófico; naranja: supereutrófico y rojo: hipereutrófico.

Para período 2016-2019 el IET de los ríos Cuareim, Río Negro, Tacuarembó, Yí, Río Uruguay y los tributarios de la Laguna de Sauce y Merín, presenta un estado mesotrófico en aproximadamente el 70% de los casos. El río Cuareim presenta además un porcentaje de estaciones con valores oligotróficos. En estos cursos se observan bajos porcentajes de valores eutróficos y menos aún supereutróficos e hipereutróficos. Se destaca mayor porcentaje de estado supereutrófico en el río Yí. Las cuencas de los ríos San Salvador y Santa Lucía son las más afectadas y muestran mayor frecuencia de niveles tróficos altos, predominando los estados eutróficos a hipereutrófico (**Figura 23**).

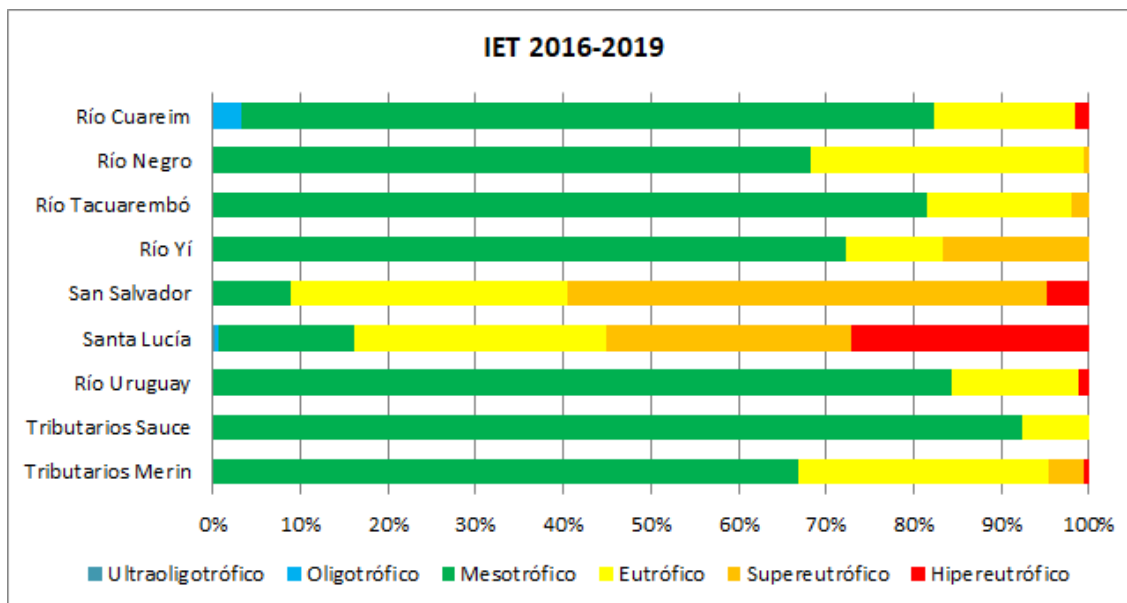


Figura 23: Índice de estado trófico en las cuencas río Cuareim, Río Negro, río Tacuarembó, río Yí, San Salvador, Santa Lucía, Río Uruguay, tributarios de las lagunas del Sauce y Merín para el período 2016-2019.

Adicionalmente, se analizó el estado trófico para la Laguna del Sauce y los embalses de Santa Lucía y Río Negro (**Figura 24**). La Laguna de Sauce registra el 75% aprox. de su estado como eutrófico, mientras que los embalses del Santa Lucía, para el periodo analizado, se encuentran el 100% hipereutrófico. Los embalses de Río Negro varían entre eutrófico a hipereutrófico.

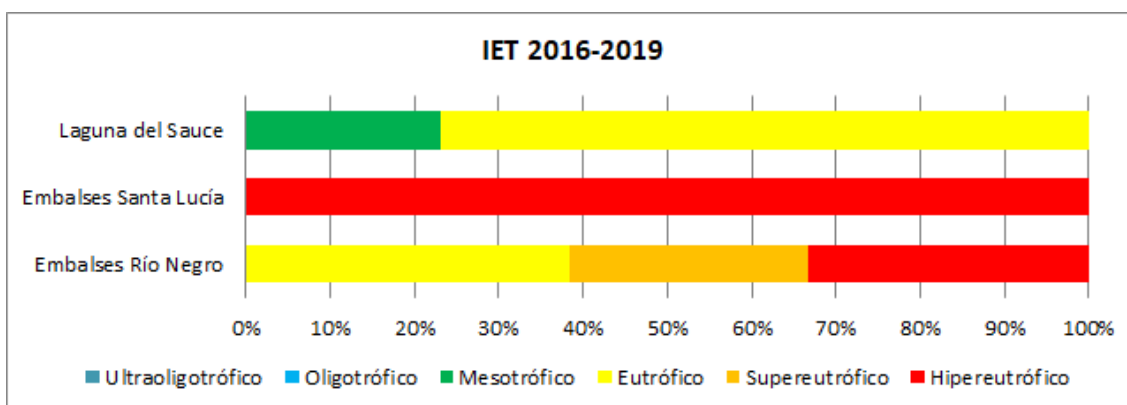


Figura 24: Índice de estado trófico en la Laguna del Sauce y embalses del Río Negro y Santa Lucía, para el período 2016-2019.

Limitaciones

Este índice fue desarrollado para ser aplicado a sistemas lóticos o fluviales (cálculo 1) y embalses (cálculo 2). En el cálculo 2 se optó por no incluir la clorofila como es propuesto por Cuhna y Lamparelli, ya que, por su distribución heterogénea no contemplada en el diseño de muestreo, resulta en una subestimación del estado trófico del cuerpo de agua.

Fuentes de datos y autores

MA-DINAMA, División Calidad Ambiental, Departamento de Evaluación Ambiental Integrada, elaboración del IET.

MA-DINAMA, División Calidad Ambiental, Departamento Seguimiento de componentes ambientales, obtención de datos a través de monitoreos.

MA-DINAMA, División Información Ambiental, elaboración de mapas.

Bibliografía consultada

LAMPARELLI M. 2004. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tesis de Doctorado, Universidad de San Pablo. 235p + anexos.

Cunha DG, Calijuri MC & Lamparelli MC. 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSItsr). Ecological Engineering 60: 126-134.

MVOTMA-DINAMA. 2017. Índices de calidad de agua. Protocolo de cálculo automático en el SIA (Sistema de Información Ambiental) de los índices de estado trófico (IET) y de calidad de agua (IQA) en ríos y embalses para lograr su visualización en el Visualizador Ambiental. 47pp.

DIEA. 2019. Anuario Estadístico Agropecuario. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

AGUA SUBTERRÁNEA

Introducción

Las aguas subterráneas cumplen un rol muy importante en Uruguay, siendo ampliamente utilizadas principalmente para abastecimiento humano, riego y procesos industriales. Las actividades humanas y el uso incorrecto del recurso pueden generar impactos en la calidad y cantidad del agua subterránea, imposibilitando muchas veces su uso y limitando este recurso a futuro. Cuestiones como la sobreexplotación, la incorrecta construcción y uso de los pozos o la inadecuada localización provocan el deterioro del recurso.

El territorio nacional cuenta con diversos acuíferos de distinta naturaleza (**Figura 25**), ya sea sedimentarios o fracturados, y de diverso potencial. Algunos de los acuíferos más utilizados actualmente son el Acuífero Raigón (en el sector suroeste del país), y el Sistema Acuífero Guaraní. Éste último se utiliza mayormente en su zona aflorante en el noreste del territorio uruguayo, donde cumple un rol importante en el abastecimiento de ciudades y pequeños poblados, o en el sector donde se encuentra confinado, en el litoral oeste del país, de donde se abastecen los principales complejos termales.

El Sistema Acuífero Guaraní posee una condición transfronteriza, lo que sugiere como buena práctica de uso un manejo coordinado con Brasil y Argentina. Desde el año 2003 se vienen generando acciones en conjunto con dichos países a partir de la ejecución del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. Si bien dicho proyecto finalizó en el año 2009, se continúan realizando acciones en conjunto principalmente en los pilotos de Salto-Concordia y Rivera- Santana Do Livramento. Como parte de las acciones de estudio y monitoreo del Sistema Acuífero Guaraní, la Dirección Nacional de Aguas ha instalado recientemente registradores de nivel de agua y conductividad para el estudio continuo del acuífero en su zona aflorante.

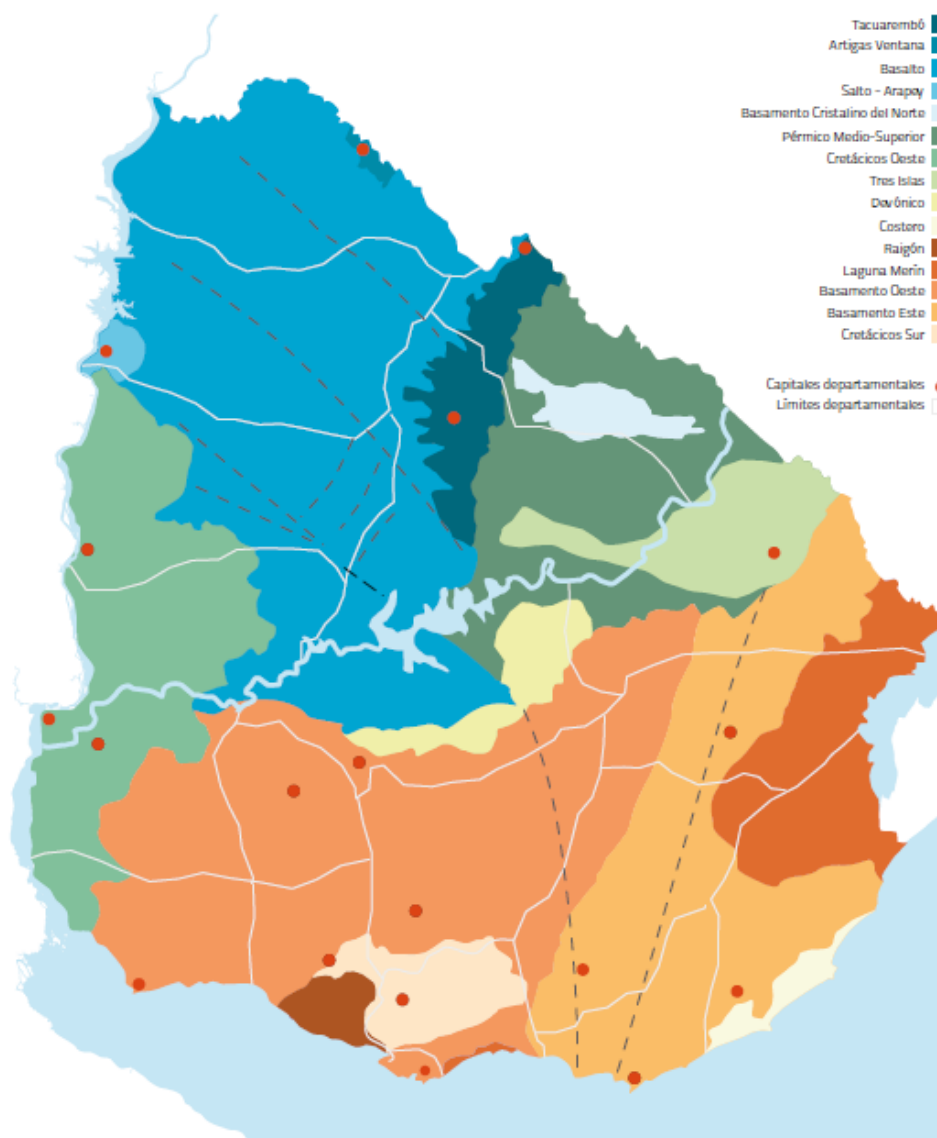


Figura 25: Principales sistemas acuíferos de Uruguay (MVOTMA, 2017).

Sistema Acuífero Raigón

A partir de un proyecto realizado por el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, con el financiamiento del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el apoyo institucional de la Dirección Nacional de Medio Ambiente, se realizó un estudio detallado del acuífero que finalizó en el año 2018. Este subcapítulo, en gran medida, se basará en los resultados obtenidos en ese proyecto, los cuales permiten realizar una mejor gestión del recurso hídrico subterráneo.

El Sistema Acuífero Raigón está formado por la formación homónima. Se denomina Formación Raigón a las areniscas con granulometría variable de color blanco amarillento con lentes o niveles arcillosos o

conglomerádicos depositados en parte de los departamentos de Montevideo, Canelones, San José y Colonia. Desde el punto de vista hidrogeológico, los diferentes estratos están conectados, formando acuíferos o sistemas acuíferos de magnitud local o regional que se integran en el denominado Sistema Acuífero Raigón (SAR) (IMFIA, 2018).

El SAR es fundamental para el abastecimiento de la población, las industrias, el riego, los establecimientos ganaderos y las viviendas rurales. En el caso del riego se estima que más del 50% del total extraído del SAR se utiliza con ese fin.

Para una correcta gestión de un acuífero es necesario realizar un estudio integral del mismo. Requiere conocimientos desde su geología, hidrogeología e hidroquímica para, entre otras cosas, generar mapas de vulnerabilidad a la contaminación que indican zonas en donde el acuífero es más sensible a ser contaminado por las actividades antrópicas.

Hidrogeología y productividad del acuífero Raigón

Introducción

Durante el Proyecto Gestión Ambiental del Sistema Acuífero Raigón se realizó un mapa hidrogeológico (**Figura 27**) en donde se visualiza la piezometría y las direcciones de flujo del agua subterránea, necesarias para determinar zonas de recarga y descarga del acuífero. También en el mapa se muestran algunos pozos representativos que fueron utilizados durante la realización del mapa y también la zona donde aflora la Formación Libertad.

Por otro lado, durante el Proyecto mencionado anteriormente se determinó la productividad del acuífero, dividida en cuatro categorías: baja, regular, media y alta (**Figura 27**). La productividad de un acuífero es un parámetro que relaciona el volumen extraído por metro de descenso del agua por unidad de tiempo.

Objetivo y descripción

El objetivo del mapa hidrogeológico es que el usuario conozca las características más importantes de este sistema acuífero, con el fin de ayudarlo a comprender mejor el recurso hídrico subterráneo y a tomar decisiones de índole productivas o ambientales.

Asimismo, el mapa de productividad puede utilizarse como una referencia del volumen que puede extraerse de un pozo en determinadas zonas, de forma de planificar futuras acciones.

La productividad del acuífero es un parámetro que debería ser monitoreado con el fin de determinar posibles cambios en el comportamiento del acuífero.

Relevancia ambiental

Conocer la piezometría es vital ya que nos permite inferir zonas de recarga y descarga del acuífero. Las primeras deberían ser altamente relevantes ambientalmente y se debería priorizar su protección.

Por otro lado, como se expresó anteriormente, el monitoreo de la productividad del acuífero puede ser una herramienta muy importante ya que a la existencia de cambios pueden deberse a modificaciones en el uso del pozo o de los pozos circundantes, generando modificaciones en la reserva del acuífero.

Si existe sobreexplotación seguramente la productividad disminuye, mientras que si la productividad aumenta puede deberse a que disminuye el uso del pozo o se extrae menos caudal.

Metodología

La productividad del acuífero se expresa en función del caudal específico, es decir, del caudal extraído por metro de descenso del nivel de agua al bombear.

Para la generalización de la productividad del acuífero por regiones, se considera que la capacidad del acuífero es, en promedio, cercana a los caudales específicos de los pozos representativos por región, a pesar de la intervención de otros factores (diámetro de perforación, tipo de desarrollo del pozo, etc.), de menor relevancia y poca influencia.

Para realizar estos cálculos y los posteriores mapas se seleccionaron 35 perforaciones las cuales contaban con los parámetros hidráulicos y litológicos confiables.

$$q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)_{\text{específico}} = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)}{(NE - ND)}$$

Q: el caudal de explotación, NE: el nivel estático, ND: el nivel dinámico del pozo considerado.

Resultados, evaluación e interpretación

La productividad en el SAR se ubica entre los 0.2 m³/h/m y los 18.8 m³/h/m según los datos obtenidos por IMFIA (2018). Estos autores optaron por clasificar la productividad en cuatro rangos (**Tabla 3**) los cuales luego se verán reflejados en el mapa representado (**Figura 27**) en diferentes colores. Las clases son:

Tabla 3: Rangos de productividad

Rango productividad	Clasificación
<2 m ³ /h/m	Baja
2 – 5 m ³ /h/m	Regular
5 – 9 m ³ /h/m	Media
>9 m ³ /h/m	Alta

En el mapa de productividad podemos distinguir que la zona central al sur es altamente productiva, pero hay otras áreas de rendimientos dispares que deben ser caracterizadas en detalle.

Sobre la piezometría se puede observar (mapa Hidrogeológico – **Figura 26**) que la región al Norte de la Ruta 3 presenta un parteaguas en dirección N-S, tomando como referencia la ciudad de Villa Rodríguez y la desembocadura del río San José en el río Santa Lucía. Este sector descarga hacia el río San José en la zona norte y oeste, mientras que hacia el Este descarga al río Santa Lucía (IMFIA, 2018).

En la región Sur a la Ruta 3, el eje conformado por las rutas 1 y 3 representa una divisoria subterránea hacia el río San José. Hacia el Sur, la descarga se produce hacia los arroyos Pavón, Luis Pereyra, San Gregorio y Mauricio y finalmente hacia y a lo largo del río de la Plata (IMFIA, 2018).

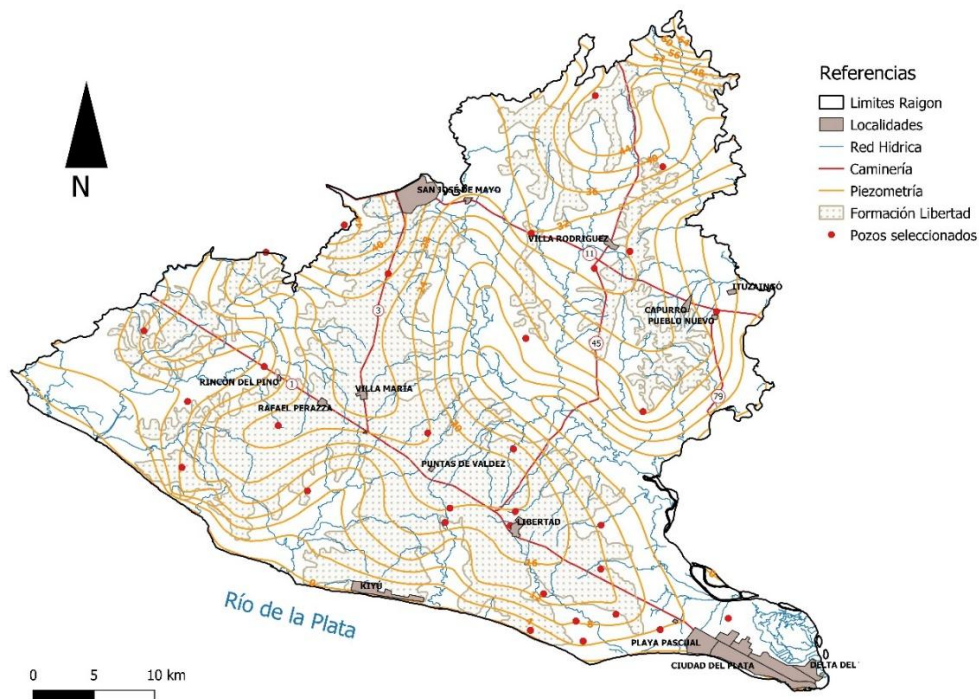


Figura 26: Mapa hidrogeológico del Sistema Acuífero Raigón (modificado de IMFIA, 2018).

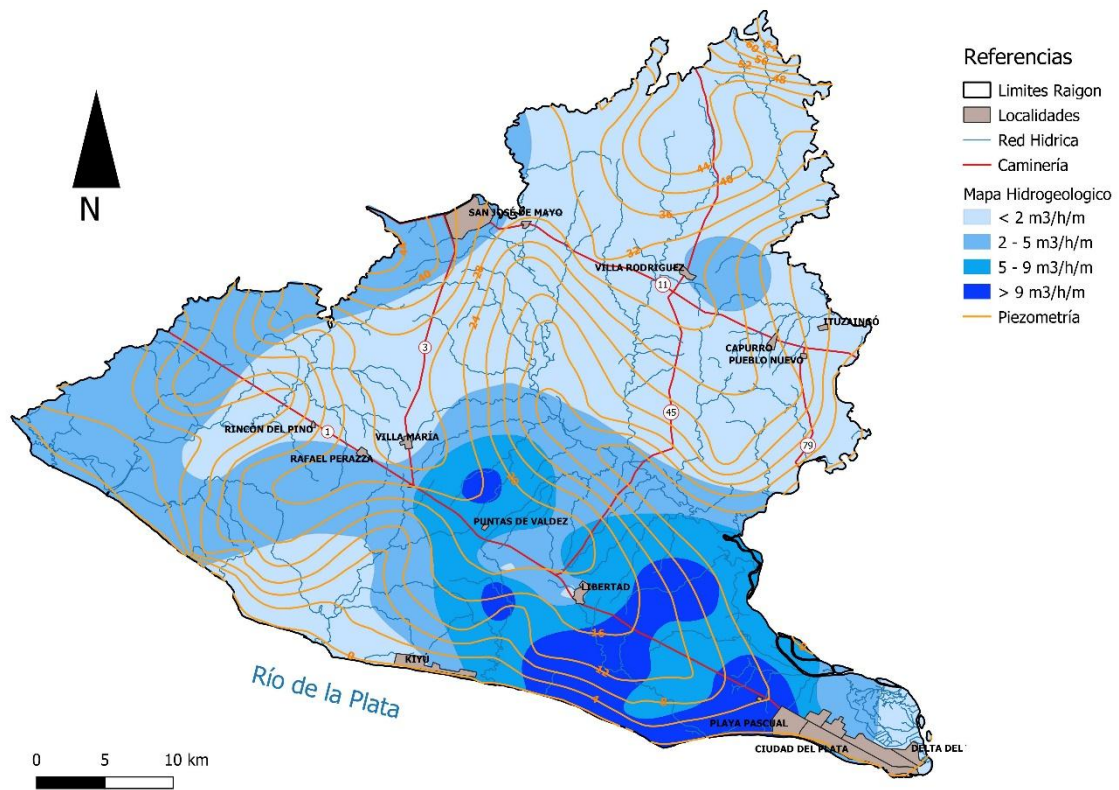


Figura 27: Mapa hidrogeológico del Sistema Acuífero Raigón (IMFIA, 2018).

Limitaciones

La limitación principal para realizar este tipo de mapas es la confiabilidad de datos de las perforaciones, a esto se suma que los mismos muchas veces se encuentran incompletos.

Fuente de datos y autores

El indicador está basado en los resultados del Proyecto “Gestión Ambiental del Sistema Acuífero Raigón” realizado por el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) con el apoyo institucional de la DINAMA y con la colaboración mediante aporte de datos de la DINAGUA, de Obras Sanitarias del Estado (OSE), del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) y del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) de entre los años 2014 y 2018 (IMFIA, 2018).

Bibliografía consultada

IMFIA. 2018. “Gestión Ambiental del Sistema Acuífero Raigón”. Proyecto INIA FPTA 307. Informe final. Montevideo, Uruguay, Enero 2018

Hidroquímica (arsénico, sodio, cloruros y nitratos) del acuífero Raigón

Introducción

La hidroquímica aplicada al estudio de los acuíferos es una herramienta básica para caracterizar químicamente el agua del acuífero y aportar información sobre el origen y distribución del agua subterránea, los procesos fisicoquímicos que la afectan y su movimiento, contribuyendo a la formulación y validación del modelo conceptual del elemento o sistema estudiado.

Los estudios químicos permiten entender la interacción entre la calidad del agua y su entorno geológico. Con esa información se puede evaluar el eventual impacto que el uso del suelo pueda provocar sobre el acuífero. El análisis químico del agua requiere una serie de muestreos realizados bajo un estricto protocolo de cuidado de la muestra.

Objetivo y descripción

En ausencia de valores de referencia de calidad para los parámetros de agua subterránea, el objetivo de este indicador es mostrar las concentraciones de las 4 variables de calidad seleccionadas: arsénico, sodio, cloruros y nitratos.

Relevancia ambiental

A partir de la caracterización del agua de un acuífero se puede detectar en los análisis químicos valores anómalos que limitan determinados usos, ya sea de elementos presentes en forma natural o de aquellos que indiquen posibles infiltraciones de contaminantes de origen antrópico.

Del mismo modo, se puede determinar el origen de ciertos componentes químicos en los cursos superficiales en los que el agua subterránea realiza su descarga.

Metodología

El análisis de la hidroquímica del SAR presentada por el IMFIA se realizó en base a información generada en proyectos anteriores, información de análisis químicos proporcionados por OSE e información de puntos muestreados en el transcurso del proyecto.

Del estudio se obtuvieron 40 muestras, extraídas entre 2015 y 2016, con información de todos los iones mayoritarios, sílice y arsénico. Fueron analizadas en el laboratorio de la DINAMA, tomadas en la red de monitoreo definida en el proyecto mencionado. Se procuró obtener información hidroquímica del acuífero superior (muy escasa en los datos antecedentes), muestrear zonas del SAR no caracterizadas hidroquímicamente y volver a muestrear algunos pozos de los cuales ya se tenía información, con el fin de evaluar la posible evolución iónica temporal.

Con esa información se realizaron tres mapas a escala 1:400.000 con información de las concentraciones de arsénico, sodio, cloruros y nitratos, con su distribución geográfica.

Los valores de cloruros en el acuífero se obtuvieron en la campaña de medición del año 2015 y se complementaron con datos antecedentes.

Resultados, evaluación e interpretación

Arsénico

La **Figura 28** presenta la distribución de la concentración de arsénico en el SAR. Es importante destacar que muchas veces las concentraciones de arsénico provienen de la composición geológica del sedimento que contiene al agua subterránea. El arsénico se encuentra en la matriz del acuífero o acuitardo y se solubiliza en el agua del SAR. Los valores de arsénico encontrados en el SAR oscilan entre 5 y 43 $\mu\text{g/L}$, siendo el actual límite normativo nacional para agua potable 20 $\mu\text{g/L}$. Las normas internacionales recomiendan 10 $\mu\text{g/L}$.

La existencia de arsénico natural en el agua para consumo humano es un problema que debería ser resuelto a corto plazo debido a la reducción de la tolerancia del índice máximo de arsénico para el abastecimiento a poblaciones que será próximamente de 10 $\mu\text{g/L}$. Actualmente en Uruguay se están realizando estudios y ensayos para poder alcanzar esa meta planteada.

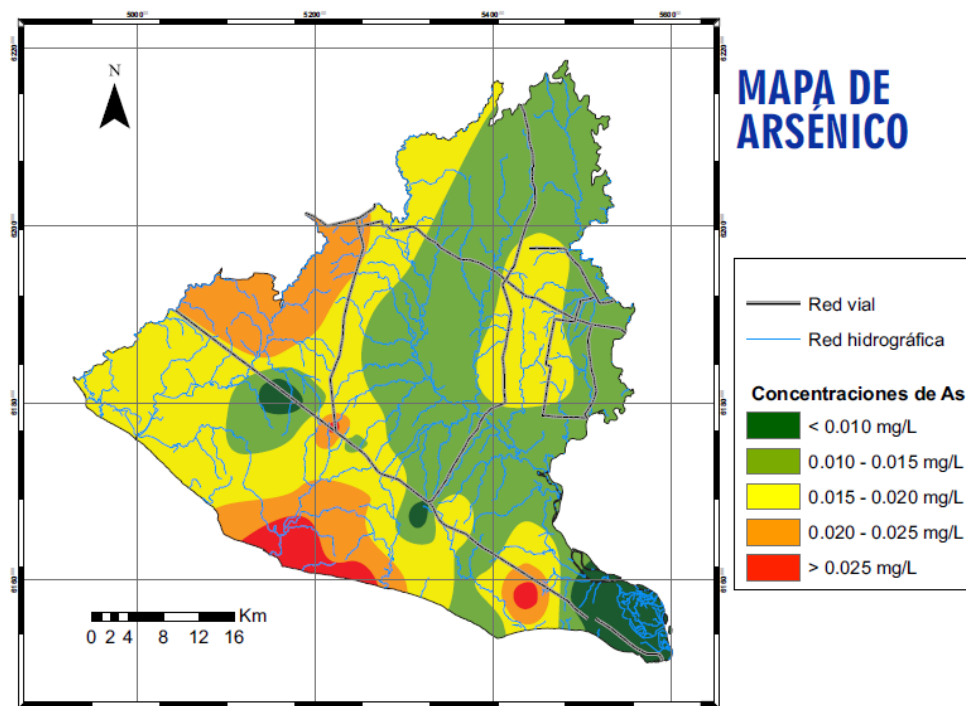


Figura 28: Mapa de arsénico en el acuífero Raigón (IMFIA 2018).

Sodio

Según los resultados obtenidos, en el SAR predominan las aguas subterráneas del tipo bicarbonatado sódico y bicarbonatado cálcico (**Figura 29**).

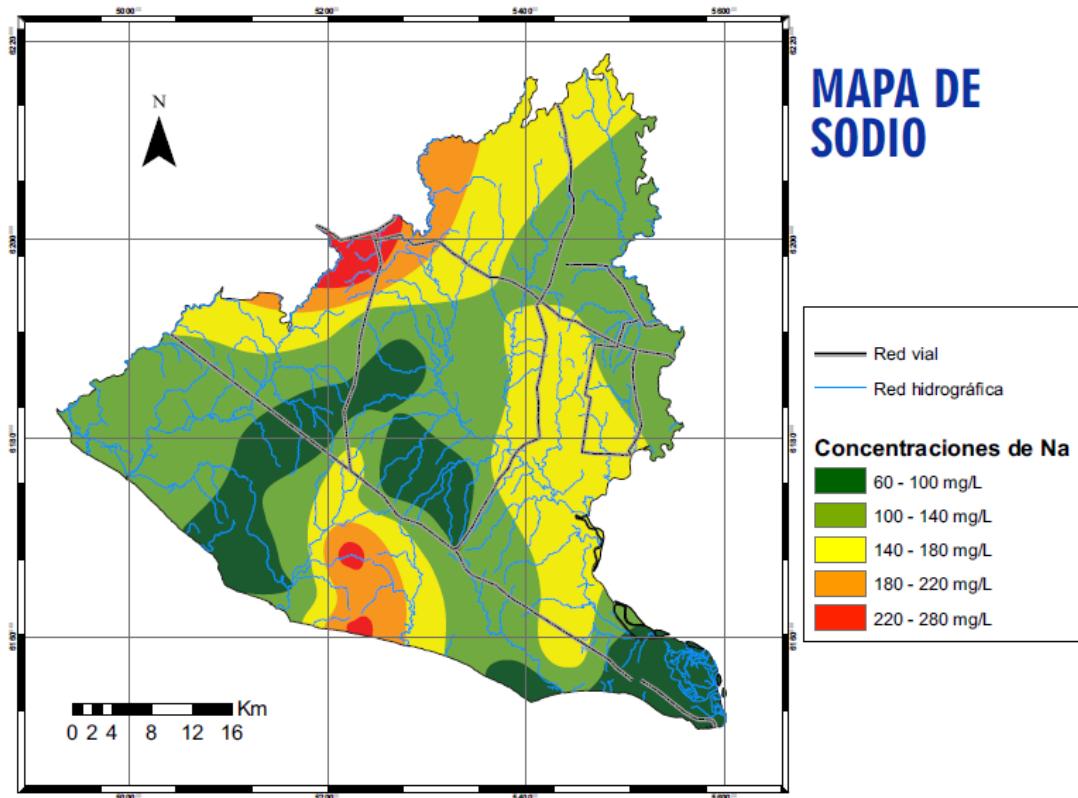


Figura 29: Mapa de sodio en el acuífero Raigón (IMFIA 2018).

Cloruros

Se evidencia una importante variación espacial de las concentraciones de cloruros en el acuífero (**Figura 30**), que suelen coincidir con zonas altas (eje de la Ruta 1). Este efecto se podría deber a la influencia de la concentración por evapotranspiración en el suelo, allí donde la Fm. Libertad (sedimentos limosos), con buenos espesores, cubre a la Fm. Raigón.

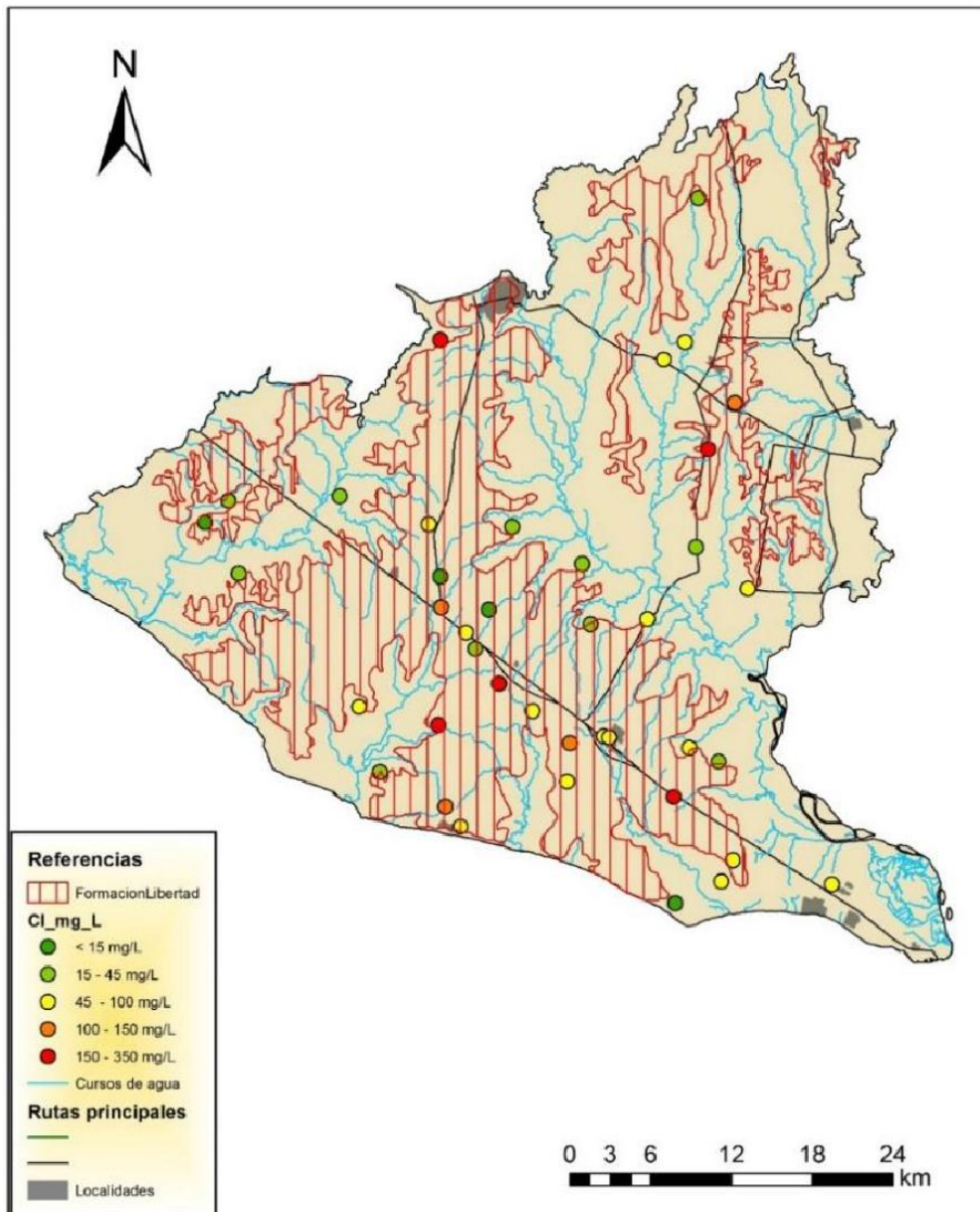


Figura 30. Mapa de variación espacial de concentraciones de cloruros en el acuífero Raigón (IMFIA 2018).

Nitratos

La concentración de nitratos en el agua del SAR tiene cierta dispersión (**Figura 31**~~Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~). Los altos contenidos observados en algunos sectores podrían ser consecuencia de una posible incidencia de efluentes lecheros y/o efluentes domésticos o de fertilizantes agrícolas.

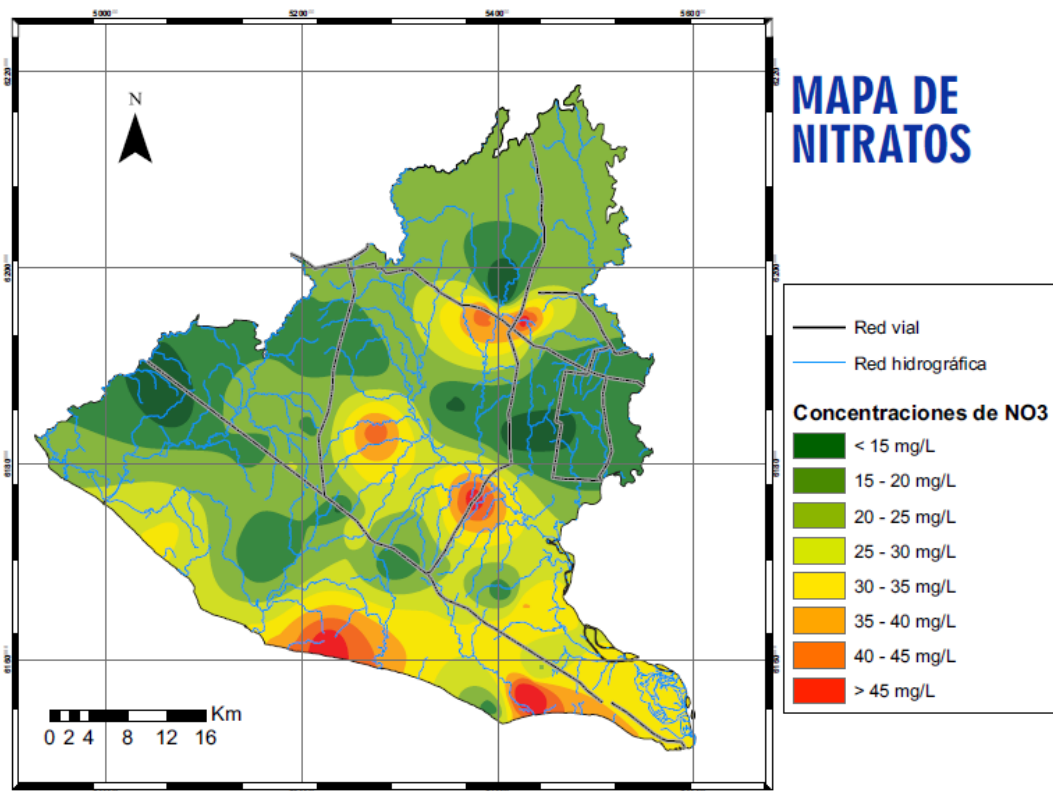


Figura 31: mapa de nitratos en el acuífero Raigón (IMFIA, 2018).

El análisis conjunto hidroquímico a lo largo del tiempo no muestra evoluciones iónicas temporales que evidencien deterioro en la calidad de las aguas del SAR. En resumen, el agua del SAR en general no muestra evidencias claras de contaminación por efectos antrópicos. En algunas zonas puntuales se observan concentraciones iónicas elevadas de cloruros y nitratos, que pueden explicarse por la existencia de actividades agropecuarias (IMFIA, 2018). De manera contraria a los resultados que se pueden obtener a partir de los análisis químicos, la actividad antrópica se ha intensificado en el área de estudio en los últimos 20 a 30 años. La falta de evidencia de contaminación antrópica podría deberse entonces a que el tránsito del agua de recarga (desde décadas a pocos cientos de años) puede estar aun produciéndose en el medio no saturado (IMFIA, 2018).

Limitaciones

Al realizar los muestreos se pueden encontrar pozos de los que no se tiene mucha información constructiva del mismo o se encuentra en condiciones en la que no es recomendado que sea muestreado.

El método de muestreo es algo que debe definirse anteriormente a su realización y quedar registrado de forma de utilizar el mismo método en el correr del tiempo y así obtener resultados que puedan ser comparables.

Fuente de datos y autores

El indicador está basado en los resultados del Proyecto “Gestión Ambiental del Sistema Acuífero Raigón” realizado por el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) con el apoyo institucional de la DINAMA y con la colaboración mediante aporte de datos de la DINAGUA, de Obras Sanitarias del Estado (OSE), del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) y del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) de entre los años 2014 y 2018 (IMFIA, 2018).

Bibliografía consultada

IMFIA. 2018. “Gestión Ambiental del Sistema Acuífero Raigón”. Proyecto INIA FPTA 307. Informe final. Montevideo, Uruguay, Enero 2018.

MVOTMA. 2017. Plan Nacional de Aguas. Uruguay 2019. Mvotma.

Vulnerabilidad del acuífero Raigón

Introducción

La vulnerabilidad o susceptibilidad de un acuífero a la contaminación indica el riesgo previsible de alteración de la calidad natural del agua subterránea como consecuencia de actividades y/o instalaciones generadoras de sustancias y agentes contaminantes (López Geta, et al., 1992).

Los productos contaminantes se mueven desde la superficie a través del suelo, la zona no saturada, y pueden alcanzar el acuífero. El movimiento de los contaminantes en el agua subterránea depende de sus características físico-químicas y generalmente son transportados por aquellos en la dirección del flujo.

En el año 1999 el Grupo de Hidrología Subterránea del IMFIA de la Facultad de Ingeniería (Universidad de la República) finalizó la confección de la primera versión de la Carta de Vulnerabilidad del Acuífero Raigón. Este mapa fue actualizado en el año 2018 por el IMFIA.

Objetivo y descripción

El objetivo del indicador es mostrar las áreas vulnerables del acuífero Raigón. Un mapa de vulnerabilidad es una herramienta que ayuda al ordenamiento territorial y el cuidado del agua subterránea, a efectos de considerar las áreas donde el sistema acuífero tiene mayor o menor susceptibilidad a ser contaminado como consecuencia de las actividades que sobre él se desarrollan.

El mapa de vulnerabilidad debe utilizarse por los organismos gestores como una herramienta para la gestión ambiental, priorizando la protección de las zonas más vulnerables.

Relevancia ambiental

Conocer la vulnerabilidad es conocer la susceptibilidad del medio a que un contaminante genérico aplicado sobre el terreno penetre y se disperse a partir del punto de ingreso. Que un acuífero se contamine depende no sólo de la vulnerabilidad del mismo, sino también de la carga contaminante aplicada. La interacción de estos dos factores se define como riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

Metodología

Para el mapa de vulnerabilidad se adoptó el método DRASTIC (de la USEPA), el mismo que fue utilizado para la primera versión de la carta realizada en el año 1999.

El método DRASTIC fue desarrollado por la E.P.A. (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos de América y su aplicación está estandarizada y largamente avalada en trabajos en el mundo entero. Fue propuesta y descrita detalladamente por Aller et al. (1987). Se trata de un sistema paramétrico de evaluación e incluye siete características fundamentales que influyen o determinan el flujo subterráneo saturado y no saturado y los procesos de transporte de contaminantes hacía, a través y desde una región.

Al ser la evaluación de DRASTIC cualitativa y regional, no es adecuada para enfoques puntuales y en áreas de pequeña extensión, por lo que debe tomarse de forma orientativa.

Los factores más importantes que controlan la contaminación potencial del agua subterránea son:

D - Depth to Water: Profundidad al acuífero

R - (Net) Recharge: Recarga neta

A - Aquifer Media: Litología del acuífero

S - Soil Media: Tipo de suelo

T - Topography (Slope): Topografía

I - Impact of the Vadose Zone Media: Impacto de la zona vadosa

C - Conductivity (Hydraulic) of the Aquifer: Conductividad hidráulica en el acuífero.

DRASTIC concluye en un índice numérico que resulta de la suma ponderada de los siete parámetros del modelo. A cada parámetro se le asigna un puntaje de 1 a 10 según aporte menos o más a la vulnerabilidad y se considera un peso o multiplicador de ponderación de 1 a 5, según sea la importancia relativa de ese parámetro en el índice. Este método permite encontrar un valor numérico para cada punto del área de estudio mediante la siguiente ecuación:

$$D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W = \text{Índice de vulnerabilidad}$$

donde los subíndices R y W son el puntaje (rating) y el peso de ponderación (weight), respectivamente.

El valor resultante en este índice no encierra un concepto por sí solo, pero permite comparar la vulnerabilidad de distintas zonas. En el trabajo presentado en el 2018, las áreas con índices entre 72 y 110 se agruparon en zonas de Baja Vulnerabilidad, las de índices 111 a 150 en zonas de Media Vulnerabilidad y las de 151 a 190 en zonas de Alta Vulnerabilidad. Esta división es relativa al área de estudio, es arbitraria y no se corresponde con ninguna clasificación absoluta de vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación.

Resultados, evaluación e interpretación

Según la Carta de Vulnerabilidad (IMFIA 2018), por las características de este sistema acuífero, las zonas de mayor índice de vulnerabilidad se corresponden con zonas de alta renovación y con las áreas de descarga a cursos de aguas superficiales (**Figura 32**).

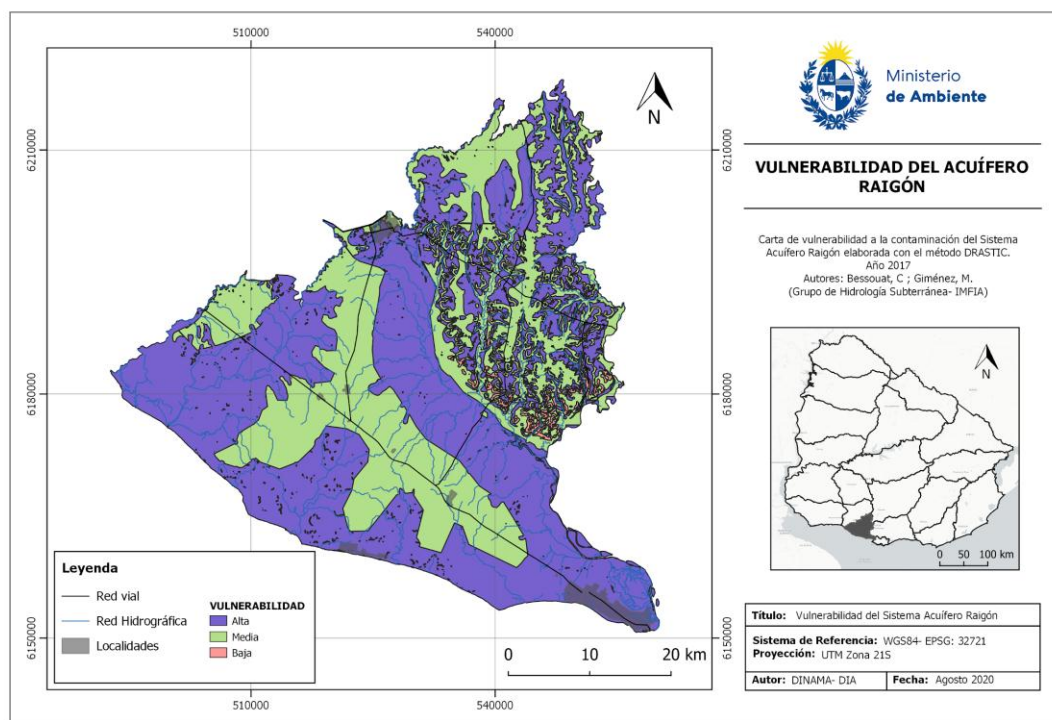


Figura 32: Mapa de vulnerabilidad del acuífero Raigón (modificado de IMFIA 2018).

La vigilancia de la calidad y la prevención de sobreexplotación de sus recursos es una tarea que debe asumirse con responsabilidad técnica y política, mediante una adecuada reglamentación de su uso y una gestión responsable y coordinada entre autoridades y usuarios.

Limitaciones

El mapa de vulnerabilidad es consecuencia del estado de conocimiento actual del sistema acuífero y de la escala de trabajo, y, por lo tanto, debe utilizarse con precaución.

Tal como Aller et al (1987) advierten, el mapa final debe ser interpretado de manera relativa y considerando el modo en que se obtuvo. Muchas veces es necesario conocer los parámetros y no sólo el resultado numérico final de los índices.

Esta carta debe servir como guía y no como un dato absoluto para tomar decisiones. No debe ser tomada para avalar o prohibir actividades en el territorio del área de estudio, pero sí como información orientativa para poner más atención (y eventualmente solicitar estudios de mayor detalle) en las zonas marcadas como de mayor vulnerabilidad.

Fuente de datos y autores

El indicador está basado en los resultados del Proyecto “Gestión Ambiental del Sistema Acuífero Raigón” realizado por el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) con el apoyo institucional de la DINAMA y con la colaboración mediante aporte de datos de la DINAGUA, de Obras Sanitarias del Estado (OSE), del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) y del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) de entre los años 2014 y 2018 (IMFIA, 2018).

Bibliografía consultada

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J., Hackett, G. 1987. DRASTIC: A Standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. United States Environmental Protection Agency. EPA/600/2-87/035.

IMFIA. 2018. “Gestión Ambiental del Sistema Acuífero Raigón”. Proyecto INIA FPTA 307. Informe final. Montevideo, Uruguay, Enero 2018.

López-Geta, J.A., C. Martínez-Navarrete, L. Moreno-Merino, P. Navarrete-Martínez. 1992. Las aguas subterráneas y los plaguicidas. Instituto Geológico y Minero de España.

AIRE

Introducción

La atmósfera consiste en una delgada capa de gases mezclados que cubren la superficie de la Tierra, haciéndola habitable. A su vez, la atmósfera se divide en capas, siendo la tropósfera la que se encuentra en contacto con la superficie terrestre. En ella se encuentra confinado el aire que respiramos, constituido por nitrógeno (N₂) en un 78%, oxígeno (O₂) en un 21% y otros gases en porcentajes menores a 1% (Manahan S. 2007).

Las condiciones en las que se encuentra el aire se denomina “calidad del aire” en relación con la concentración de algunos contaminantes tomados como criterio para esta evaluación (“contaminantes criterio”). Estos contaminantes llegan a la atmósfera a partir de emisiones que se dan en la superficie de la Tierra o se generan en procesos que ocurren en la propia atmósfera.

Dinama trabaja en la evaluación de la calidad del aire a nivel nacional tanto con capacidades propias como en coordinación con instituciones o gobiernos locales. Los programas de monitoreo se desarrollan para el estudio de casos considerados de interés o atendiendo situaciones de riesgo que puedan presentarse. Estos trabajos son de relevancia ya que los contaminantes atmosféricos pueden provocar impactos sobre la salud de personas y ecosistemas expuestos, de presentarse en elevadas concentraciones o por períodos de tiempo prolongados. Dinama cuenta con una propuesta técnica de Calidad de Aire en exteriores para la evaluación de estas concentraciones ([MVOTMA 2020](#)), cuyos valores de referencia se basan en la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA).

Los indicadores de aire seleccionados para este capítulo refieren a Calidad de aire (hasta 2019) y Emisiones atmosféricas (con base en el año 2015; última actualización disponible).

Calidad de aire

Introducción

Para evaluar la calidad de aire se eligieron los siguientes contaminantes criterios:

- Material particulado menor a 10 micrómetros (PM10): considera las partículas en suspensión de diámetro menor o igual a 10 µm.
- Material particulado menor a 2,5 micrómetros (PM2.5): considera las partículas en suspensión de diámetro menor o igual a 2,5 µm.

- Óxidos de Nitrógeno (NO_x): El dióxido de nitrógeno (NO₂) y el óxido nítrico (NO) se designan conjuntamente como óxidos de nitrógeno (NO_x). El NO es un gas incoloro, producido tanto por procesos naturales (rayos, procesos biológicos) como por combustión en presencia de aire en fuentes emisoras (hornos, vehículos), siendo las últimas más significativas. En condiciones ambientales el NO se oxida rápidamente a NO₂, el que presenta una coloración rojiza con mayor concentración y estabilidad en la atmósfera (Manahan S. 2007, Wark K. 1999, De Nevers N. 1995).
- Dióxido de Azufre (SO₂): El SO₂ es un óxido azufrado que forma parte del grupo de óxidos de azufre presentes en la atmósfera (SO_x). Es producido mayormente a partir de la quema de combustibles fósiles por la presencia de azufre (S) como impureza (Imfia-FING 2019). Teniendo en cuenta que en Uruguay existe un proceso para la eliminación de azufre durante la refinación de los combustibles de uso vehicular, este parámetro es un buen indicador para evaluar los resultados del proceso.
- Monóxido de Carbono (CO): El CO es un constituyente natural de la atmósfera que se encuentra a bajas concentraciones (Manahan S. 2007).
- Ozono (O₃): Si bien el O₃ es un constituyente necesario en la estratósfera para el filtro de la radiación ultravioleta de onda corta y media proveniente del sol, no es un constituyente natural en la tropósfera.

El monitoreo de calidad de aire se realiza en sitios que a juicio de DINAMA así lo ameriten por las actividades desarrolladas y eventuales impactos asociados que puedan implicar, de acuerdo a las capacidades para el desarrollo del trabajo. Se realiza sobre estos contaminantes criterio, utilizados para la evaluación de la calidad del aire y se desarrolla bajo dos modalidades: monitoreo continuo y monitoreo discreto. El monitoreo continuo se realiza en Montevideo, Aceguá, Las Cañas y Nueva Palmira con equipamiento automático que permite obtener valores de muestreo con alta frecuencia (por ejemplo, un dato por minuto). El monitoreo discreto se realiza en Río Branco (material particulado) con equipamiento manual que brinda información con menor frecuencia (por ejemplo, un dato por semana, correspondiente a una instancia de muestreo). En ambos casos luego los datos son procesados de manera similar para mostrar su evolución.

Dado que el volumen de datos bajo monitoreo continuo es mucho mayor respecto al del monitoreo discreto, los resultados obtenidos a partir del monitoreo continuo representan mejor la situación sobre la calidad del aire cuando este se haya encontrado operativo de manera sostenida a lo largo del año.

Objetivo y descripción

El objetivo de este indicador es mostrar la calidad del aire entre 2016 y 2019 en 5 sitios relevantes del país, tomando como referencia los valores propuestos en la propuesta técnica de Calidad de aire en exteriores (MVOTMA 2015).

Relevancia ambiental

Material particulado menor a 10 micrómetros (PM10):

Estas partículas pueden moverse en la atmósfera de acuerdo al flujo que ésta presente mientras que partículas de mayor tamaño tienden a asentarse más rápidamente. Ejemplos de este material son polen, polvo, aerosoles y humos (Wark K. 1999, De Nevers N. 1995). Pueden ser químicamente inertes o activas, pudiendo depositarse en la vegetación donde pueden permanecer sobre su superficie o ser absorbidas por la planta. De esta manera, puede interferir en el proceso de fotosíntesis y causar daños en plantas o en animales que las ingieren (Wark K. 1999).

Es un parámetro particularmente relevante para la salud, porque puede afectar los sistemas respiratorio y cardiovascular de la población en general, impactando particularmente en grupos susceptibles. Este material particulado puede ser vehículo de otros compuestos por adsorción, lo que puede exacerbar su impacto en la salud (Imfia-FING 2019, Manahan S. 2007, OMS 2005, Wark K. 1999).

Material particulado menor a 2,5 micrómetros (PM2.5):

El PM2.5 es una fracción que puede moverse en la atmósfera de acuerdo al flujo que ésta presente, pudiendo permanecer en suspensión por tiempos más prolongados que material particulado más grueso, como puede ser el PM10. Ejemplo de este material es el hollín proveniente de combustiones incompletas de combustibles fósiles y biomasa, materiales con alto contenido de carbono orgánico (Wark K. 1999, De Nevers N. 1995).

Presenta los mismos riesgos para la salud que el PM10, aunque al ser un material más fino tiene mayores posibilidades de penetración en la vía respiratoria y en consecuencia puede presentar mayor afectación.

Óxidos de Nitrógeno (NO_x):

En presencia de hidrocarburos y radiación solar incidente, los NO_x pueden sufrir reacciones fotoquímicas que deriven en la formación del *smog* fotoquímico. Los productos de estas reacciones pueden tener efecto adverso sobre los seres humanos y las plantas (Manahan S. 2007, Wark K. 1999, De Nevers N. 1995).

Los NO_x también facilitan la formación de ozono troposférico y contribuyen a la formación de la lluvia ácida, lo que puede aumentar la concentración de nitratos en suelos y aguas superficiales y así provocar lixiviación de componentes del suelo (Imfia-FING 2019, Wark K. 1999).

Dióxido de Azufre (SO₂):

El SO₂ puede tener impactos en la salud de las personas, afectando principalmente el sistema respiratorio. La OMS señala evidencia de que una reducción considerable en el contenido de azufre en los combustibles repercutirá en una menor concentración de SO₂ en el aire atmosférico, lo que llevaría a una disminución del impacto sobre la salud (enfermedades respiratorias infantiles, entre otros) (Imfia-FING 2019, OMS 2005).

En la atmósfera contribuye a la generación de lluvia ácida. Su deposición sobre cursos de agua naturales lleva a una acidificación del medio que puede tener impacto sobre la biota. Esta lluvia provoca lixiviación de nutrientes del suelo y eventual pérdida de productividad o cambio en la flora además de provocar daños sobre la vegetación de altura, estructuras y edificios (Imfia-FING 2019, Manahan S. 2007, Wark K. 1999).

Monóxido de Carbono (CO):

Naturalmente se produce por la degradación de compuestos vegetales y por la oxidación del metano. Sin embargo, es mucho mayor la descarga al ambiente por su generación en combustiones incompletas de combustibles fósiles y biomasa (Manahan S. 2007, De Nevers N. 1995).

Altas concentraciones de CO pueden causar efectos adversos a la salud humana y animal, ya que interfiere con el proceso de respiración. Sin embargo, no es habitual que las concentraciones de CO excedan los valores establecidos para la preservación de la salud, incluso en grandes centros urbanos (Wark K. 1999, De Nevers N. 1995).

Ozono (O₃):

Su aparición en esta capa se da facilitada por la presencia de otros contaminantes precursores y luz solar. Particularmente, su formación se atribuye a la presencia de NO₂ en un ciclo fotolítico que genera oxígeno atómico, altamente reactivo y capaz de oxidar al O₂ molecular a O₃ (Wark K. 1999, De Nevers N. 1995).

El O₃ es parte y precursor de otros componentes del smog fotoquímico. Los contaminantes componentes de este fenómeno se asocian con irritación en mucosas y en vías respiratorias. Al ser un oxidante fuerte, el O₃ es capaz de generar especies radicales químicamente muy activas, capaces de atacar estructuras moleculares específicas (grupos sulfhidrilo) en seres vivos (Manahan S. 2007).

Metodología

La calidad del aire se evalúa en base a la comparación de la concentración promedio anual de cada uno de los parámetros contaminantes criterio, seleccionados respecto a los valores guía de calidad de aire en exteriores vigentes desde 01 de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2019 para períodos de muestreo de un año, establecidos en la propuesta técnica de Dinama 2015. Dado que no todos los contaminantes criterio cuentan con valor guía para este período de muestreo, para el SO₂ el valor de referencia utilizado corresponde al período de muestreo de veinticuatro horas, mientras que para el O₃ y el CO corresponden al período de muestreo de ocho horas.

Para evaluar la calidad de aire de las ciudades del interior se realiza el promedio aritmético de los datos obtenidos en el monitoreo a lo largo de un año.

Para Montevideo se realiza el promedio aritmético de las estaciones del departamento para cada parámetro, ya que aquí la mayoría de los parámetros se miden en varias estaciones. Aunque pueden existir

distintas metodologías para medir un mismo contaminante, los valores se promedian para encontrar un valor por contaminante por año.

Se elaboró un mapa por parámetro mostrando el cumplimiento con respecto a su valor de referencia en el periodo de 2016-2019 por localidad (**Tabla 4**).

Tabla 4: Ciudades monitoreadas con los parámetros medidos.

Ciudad/parámetro	PM10	PM2.5	NOx	SO ₂	CO	O ₃
Montevideo	X	X	X	X	X	
Río Branco	X					
Aceguá	X		X	X		
Nueva Palmira	X					
Las Cañas	X			X		X

Resultados, evaluación e interpretación

Los mapas muestran casi en su totalidad promedios anuales por debajo de los valores de referencia para este período de muestreo (Figuras 32, 34-38). Sin embargo, pueden existir excedencias a los valores de referencia para períodos de muestreo menores, como horarios o de veinticuatro horas.

Material particulado menor a 10 micrómetros (PM10)

Los promedios anuales de PM10 en las localidades de Montevideo, Aceguá, Río Branco y Las Cañas están por debajo de los valores de referencia para el periodo de 2016 a 2019 (**Figura 33**), mientras que en Nueva Palmira un 33% fue no aceptable (en 2017 no hubo monitoreo).

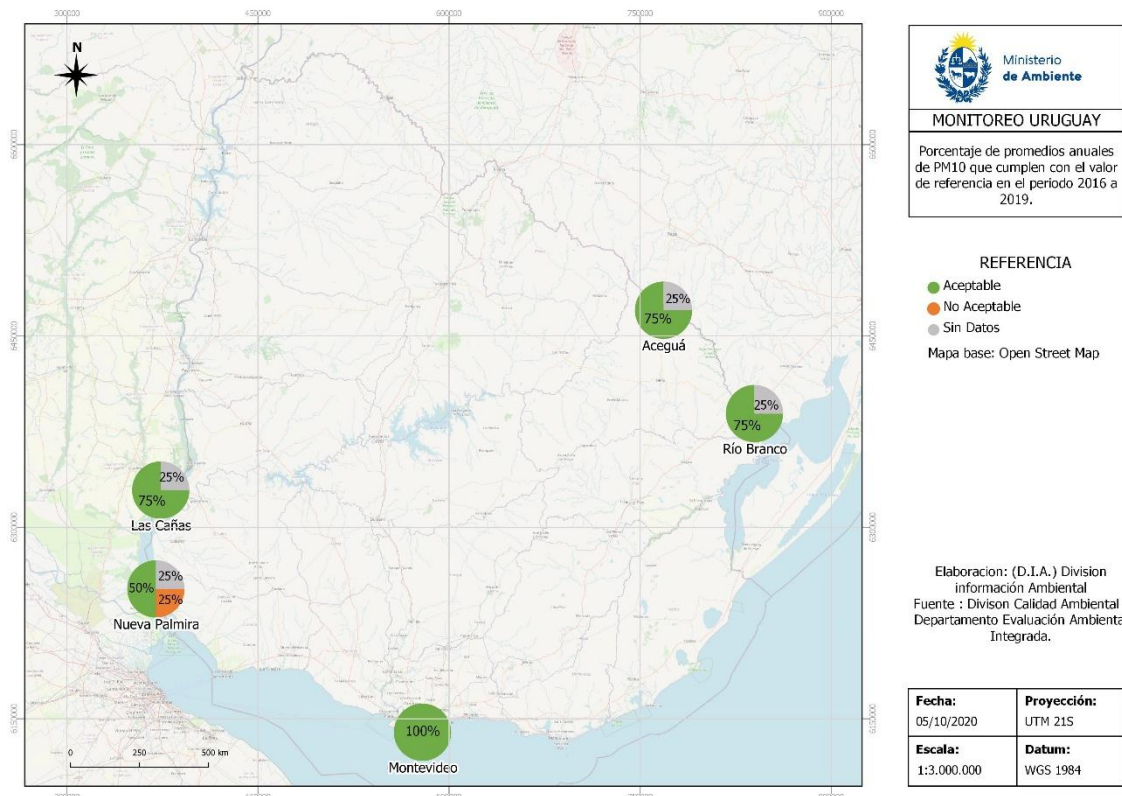


Figura 33: Promedios anuales de PM10 (%) que cumplen con el valor de referencia en el periodo 2016 a 2019 en las estaciones de monitoreo de calidad de aire del MA.

La única excedencia al valor de referencia de PM10 ocurrió en el año 2016 en Nueva Palmira. Para este parámetro las estaciones tienden a mostrar promedios anuales decrecientes que cumplen con el valor de referencia hacia los años más recientes (Figura 34).

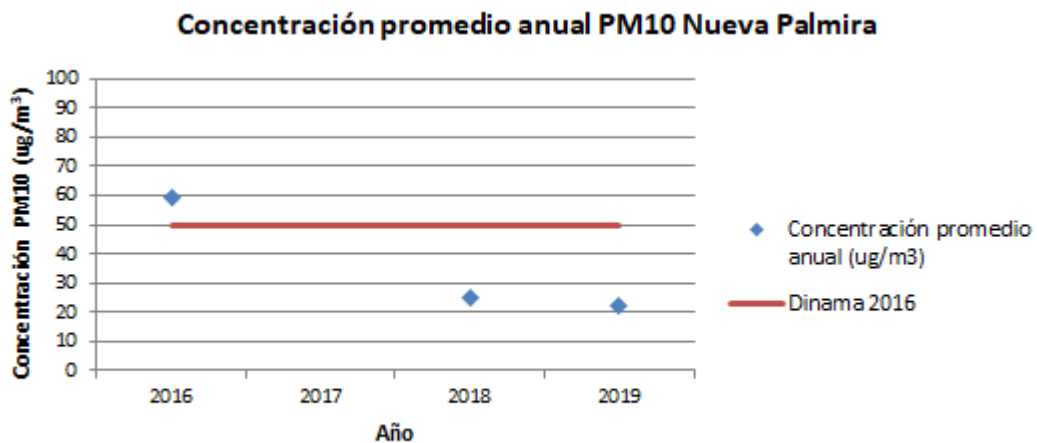


Figura 34: Evolución de contaminantes PM10 en Nueva Palmira. Las líneas roja y/o marrón indican los valores de referencia de calidad de aire en exteriores a partir de 2016 y a partir de 2020, respectivamente (GESTA Aire, 2015).

Material particulado menor a 2,5 micrómetros (PM2.5)

El monitoreo de PM2.5 se realiza únicamente en Montevideo (**Figura 35**) en varias estaciones de la red de esta ciudad. Durante el período considerado, los promedios anuales cumplen con el valor de referencia.

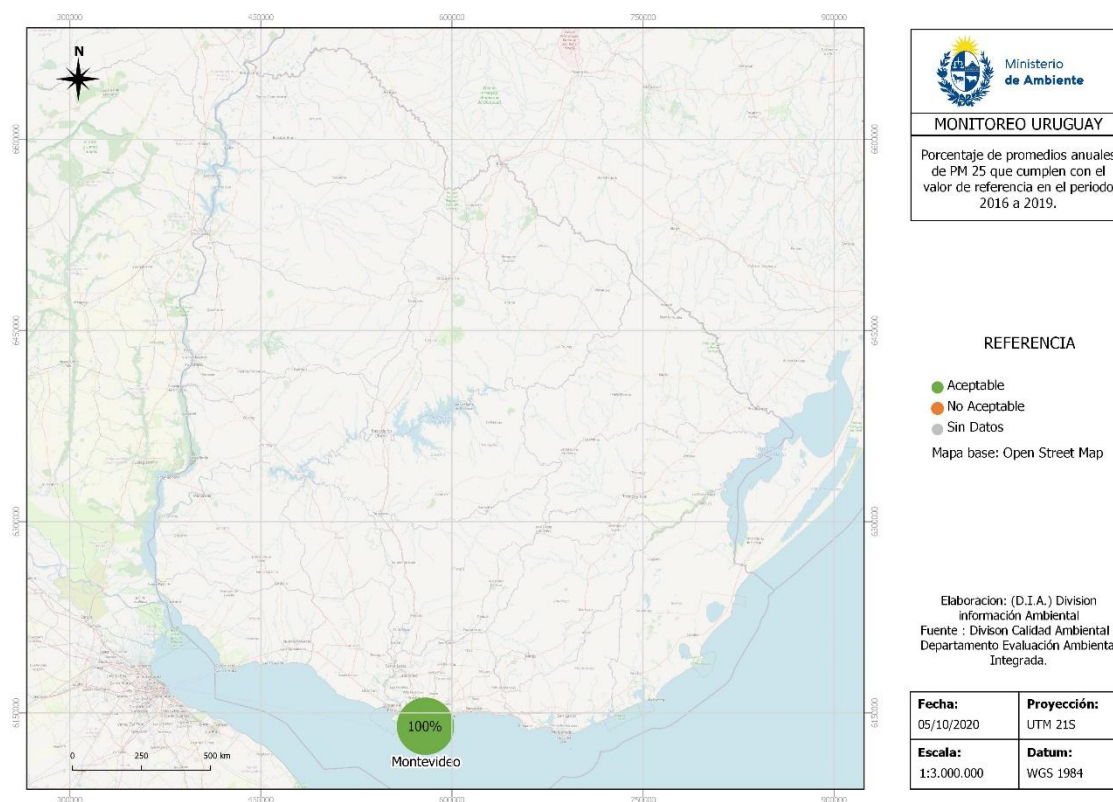


Figura 35: Promedios anuales de PM2.5 (%) que cumplen con el valor de referencia en el período 2016 a 2019 en las estaciones de monitoreo de calidad de aire del MA.

Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Las mediciones recientes de NO₂ en los últimos años solo han estado operativas en Montevideo dentro de las estaciones de calidad de aire presentadas (**Figura 36**). Sus promedios anuales muestran que se ha encontrado por debajo del valor de referencia para el período considerado. Es importante consignar que este resultado es relevante en centros de alta urbanización como la capital, ya que el NO_x es un parámetro asociado a las emisiones vehiculares.

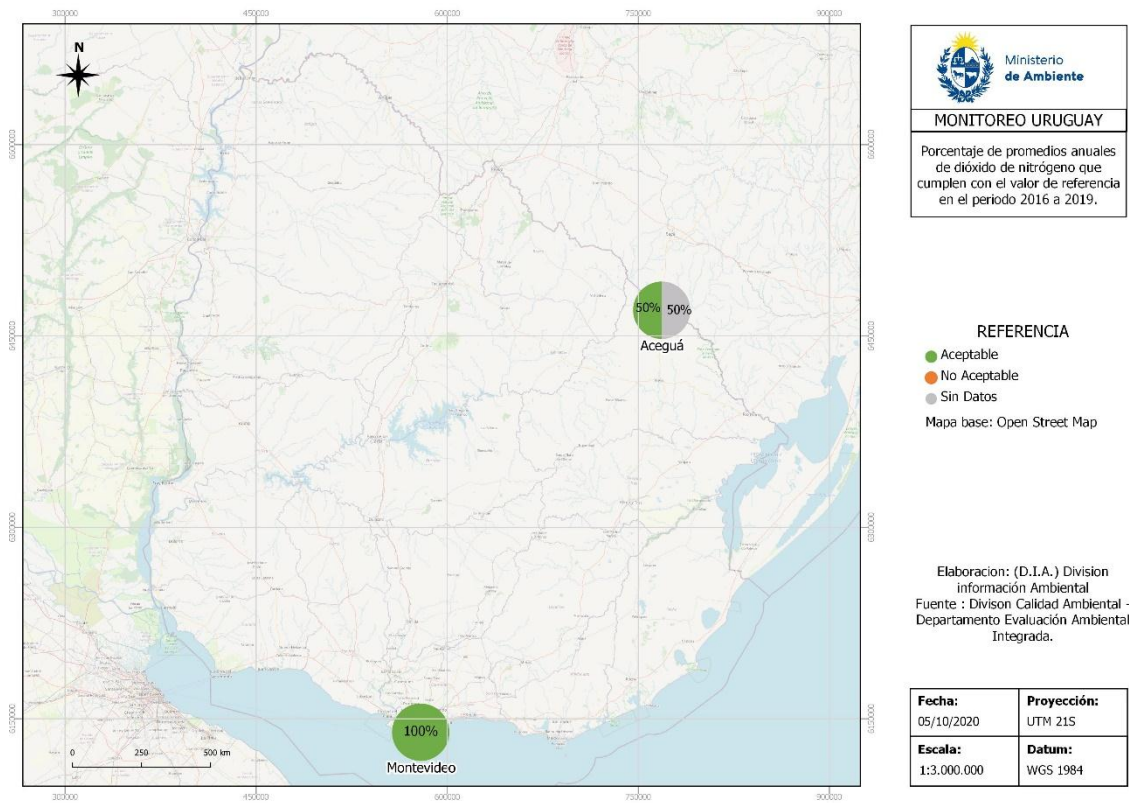


Figura 36: Promedios anuales de NO₂ (%) que cumplen con el valor de referencia en el periodo 2016 a 2019 en las estaciones de monitoreo de calidad de aire del MA.

Dióxido de Azufre (SO₂)

Las concentraciones de SO₂ anuales resultaron muy por debajo del valor de referencia para períodos de muestreo de veinticuatro horas, confirmando la efectividad de la medida tomada (**Figura 37**).

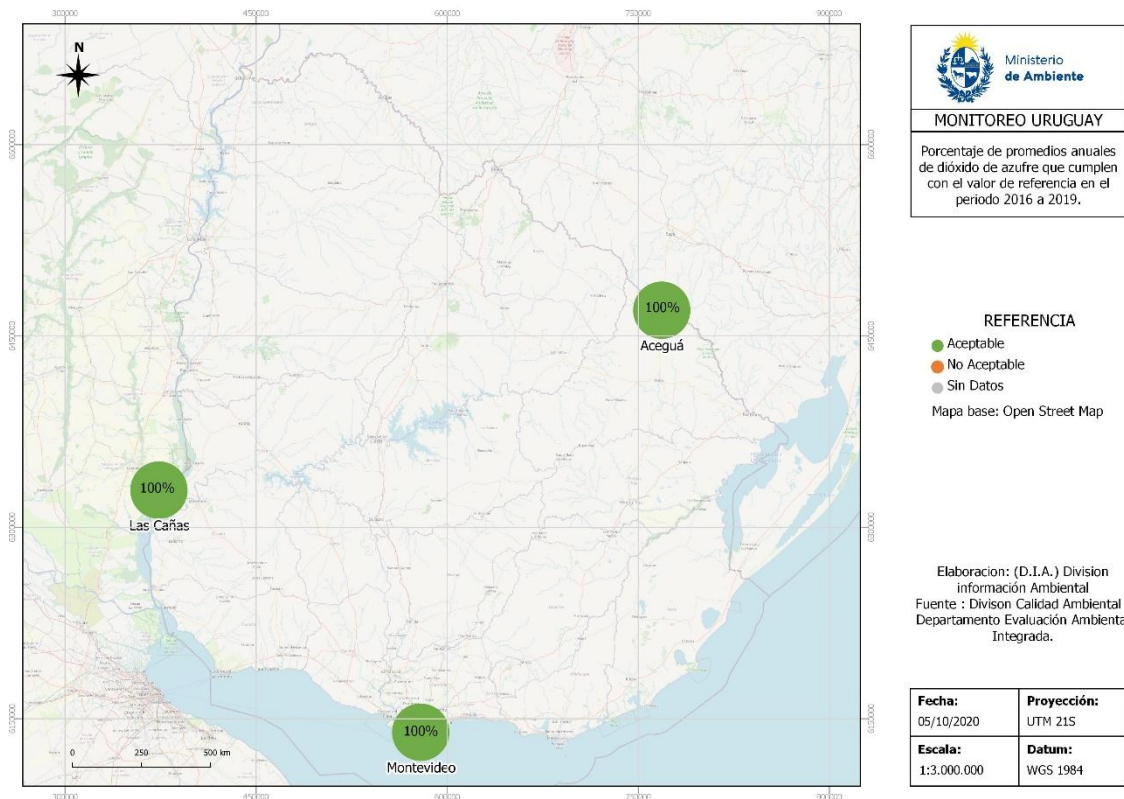


Figura 37: Promedios anuales de SO₂ (%) que cumplen con el valor de referencia en el periodo 2016 a 2019 en las estaciones de monitoreo de calidad de aire del MA.

Monóxido de Carbono (CO) y Ozono (O₃)

Tanto los promedios anuales del CO como los de O₃ mostrados se encuentran muy por debajo de sus valores de referencia para períodos de muestreo de ocho horas (**Figura 38** y **Figura 39**).

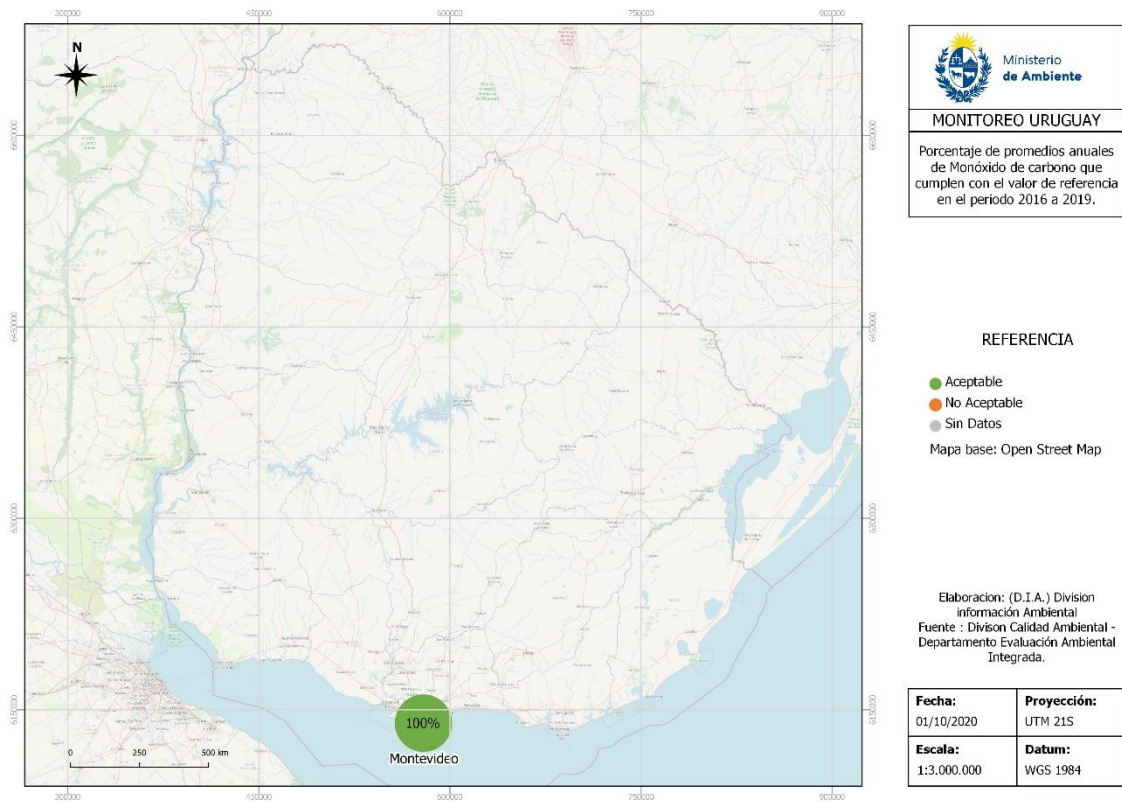


Figura 38: Promedios anuales de CO (%) que cumplen con el valor de referencia en el periodo 2016 a 2019 en las estaciones de monitoreo de calidad de aire del MA.

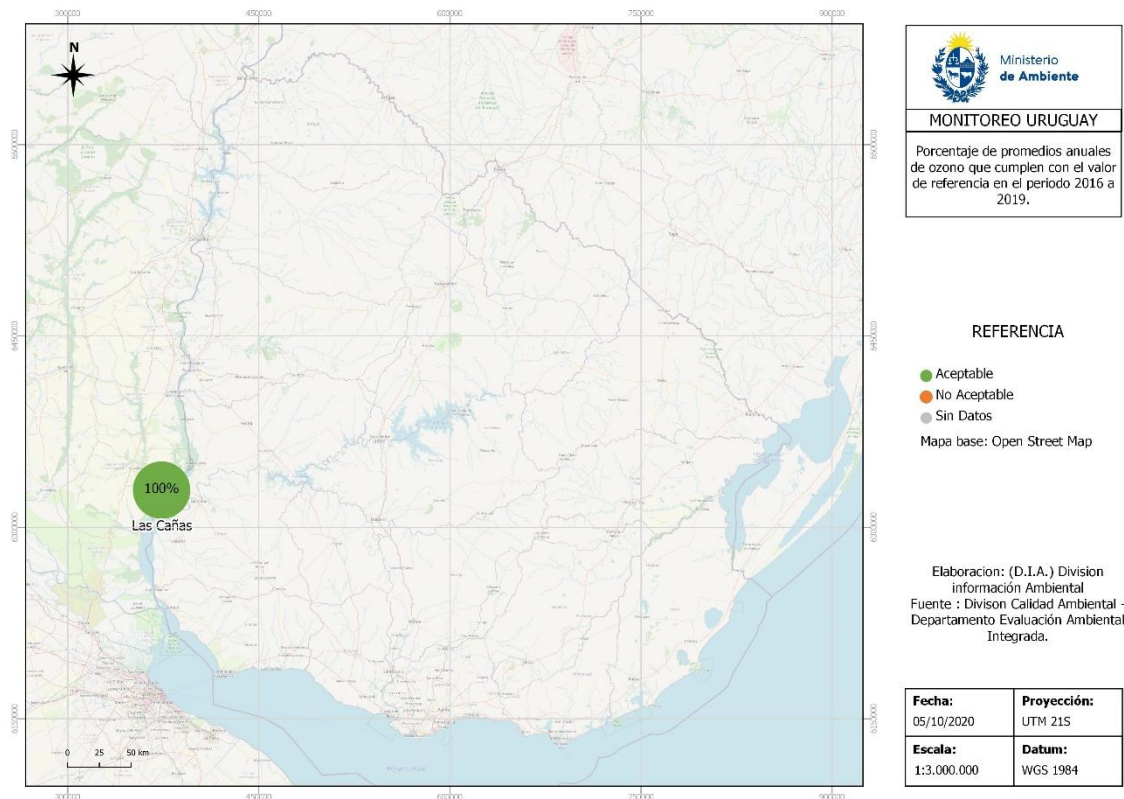


Figura 39: Promedios anuales de O₃ (%) que cumplen con el valor de referencia en el período 2016 a 2019 en las estaciones de monitoreo de calidad de aire del MA.

Limitaciones

En los diferentes sitios de monitoreo se registran diferentes parámetros de calidad de aire.

Las estaciones con monitoreo discreto pueden presentar períodos de tiempo prolongados sin muestreo. Esta situación hace que en algunos casos no se obtenga un valor promedio para alguno de los años.

Para SO₂, CO y O₃ no existe valor de referencia para período de muestreo anual, lo que limita la evaluación posible a partir de sus promedios anuales.

En Nueva Palmira se modificó la ubicación de los monitores en 2012 y 2015, por lo que los promedios anuales contemplan diferencias de localización.

Fuente de datos y autores

Informes anuales “Informe de calidad de aire” de los años 2015, 2016, 2017 y 2018 del Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental, Departamento de Desarrollo Ambiental de la Intendencia de Montevideo.

Informes de resultados de material particulado de los años 2015, 2016 y 2019 del Monitoreo de Calidad de Aire en Nueva Palmira – Colonia de la Dirección Nacional de Medio Ambiente, División Calidad Ambiental, Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente.

Informes de resultados de material particulado de los años 2015, 2016, 2017, 2019 del Monitoreo de Calidad de Aire en Río Branco – Cerro Largo de la Dirección Nacional de Medio Ambiente, División Calidad Ambiental, Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente.

Observatorio Ambiental Nacional de DINAMA. <https://www.dinama.gub.uy/oan/>

Informes de asesoramiento de los años 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019 de la Red de estaciones de calidad del aire de DINAMA; Convenio LATU – DINAMA.

Bibliografía consultada

De Nevers N. 1995. Air Pollution Control Engineering; McGraw-Hill Inc.; Estados Unidos.

MVOTMA. 2015. Guía de Calidad de Aire en exteriores – Versión 2015 (GESTA Aire); Mvotma; Dinama.

MVOTMA. 2020. Propuesta Técnica Reglamento de calidad del aire; Mvotma; Dinama. Febrero 2020

IMFIA. 2019. Informe Final; Inventario de Emisiones Atmosféricas 2015; Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental - Facultad de Ingeniería. Convenio FING – Dinama. Abril 2019.

Manahan S. 2007. Introducción a la Química Ambiental; Ed. Reverté - UNAM.; México.

Observatorio Ambiental Nacional del Mvotma; Hojas Metodológicas de parámetros de calidad de aire (https://www.dinama.gub.uy/oan/?page_id=53 (consultado 20/09/2018)).

Observatorio Ambiental Nacional del Mvotma; Hojas Metodológicas de parámetros de calidad de aire (https://www.dinama.gub.uy/oan/documentos/Guia_Valores_Calidad_de_aire_2015_v3.pdf (consultado 18/09/2020)).

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2005. Guías de Calidad del Aire Actualización Mundial 2005 - Informe de la Reunión del Grupo de Trabajo, Bonn, Alemania; World Health Organization.

Wark K., Warner C. 1999. Contaminación del Aire. Origen y control; Ed. Limusa; México.

Inventario de emisiones atmosféricas

Introducción

En el caso de Uruguay, consiste en la cuantificación de las emisiones para los sectores vehicular, agropecuario, industrial (incluyendo generación de energía), residencial y servicios y comercios. Para ello, se toma como base un período anual determinado, siendo la versión con base en el año 2015 la más actual. Es de alcance nacional y cuenta con desagregación departamental.

El inventario de emisiones atmosféricas es una herramienta de gestión que orienta la generación de políticas de mitigación de emisiones contaminantes.

De ser elaborados con una misma metodología, los inventarios permiten conocer la evolución de emisiones de contaminantes dentro de un país, así como la comparación con otros países o regiones.

Objetivo y descripción

El objetivo del inventario es realizar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo de las emisiones atmosféricas que ocurren en el territorio nacional, identificando los agentes emisores, su distribución geográfica, los principales contaminantes emitidos, los principales sectores contaminantes y demás información relevante para el diagnóstico (IMFIA-FING 2019).

Los resultados presentados se basan en información del año 2015 y muestran los principales sectores emisores de los parámetros seleccionados.

Relevancia ambiental

Para el presente informe se consideran los parámetros PM₁₀, NO_x, SO_x y CO. El conocimiento de esta información permite enfocar la gestión de la calidad del aire priorizando contaminantes y/o sectores para la toma de acciones, así como definir si tales medidas deben tener alcance nacional o regional. Su complementariedad y/o sinergia con otras herramientas permite la evaluación costo-beneficio en la toma de decisiones.

Metodología

La metodología utilizada para la construcción del inventario 2015 está basada en factores de emisión (AP-42 de la US EPA). Este método propone la estimación de emisiones de contaminantes (E) utilizando factores de emisión por unidad de actividad (FE), considerando el nivel de actividad específica generadora de la emisión (A) y, en caso de existir, técnicas de captura y rendimiento de remoción (%) para cada contaminante específico (ER). Con ellos, las emisiones se calculan de la siguiente manera:

$$E = A \times FE \times \left(1 - \frac{ER}{100}\right)$$

El nivel de actividad A puede surgir de la energía consumida, del caudal másico del producto elaborado, del caudal volumétrico de la materia prima utilizada, etc.

En general la eficiencia de remoción ER está implícita en el factor de emisión, por lo que para un determinado nivel de actividad puede haber diferentes factores de emisión en función de las técnicas de captura.

Para estimar la emisión de los contaminantes en términos de masa de contaminante emitido por unidad de tiempo, es necesario conocer el nivel de producción o de consumo de energía por unidad de tiempo.

En general, las emisiones consideradas serán emisiones de combustión o emisiones de proceso (Imfia-FING 2019).

Además, se calcularon las emisiones per cápita para el año 2015, teniendo en cuenta lo obtenido en este inventario y la población de Uruguay (Censo 2011) y se comparó con la misma relación para el año 2015 presentada en OECD.stat, 2020 para: Chile, México, Estados Unidos, Nueva Zelanda, Japón, Finlandia, España y Europa. En el caso de México la información presentada corresponde al año 2016.

Resultados, evaluación e interpretación

El inventario de emisiones muestra el peso relativo de las emisiones de cuatro compuestos (variables de contaminación de aire) discriminadas por sector de producción. Las variables son PM₁₀, NO_x, SO_x y CO.

Material particulado menor a 10 micrómetros (PM₁₀)

El principal emisor de PM₁₀ es el sector residencial (**Figura 40**). Estas emisiones se asocian a actividades como calefacción y cocción a partir de combustibles orgánicos como la biomasa (por ejemplo, leña).

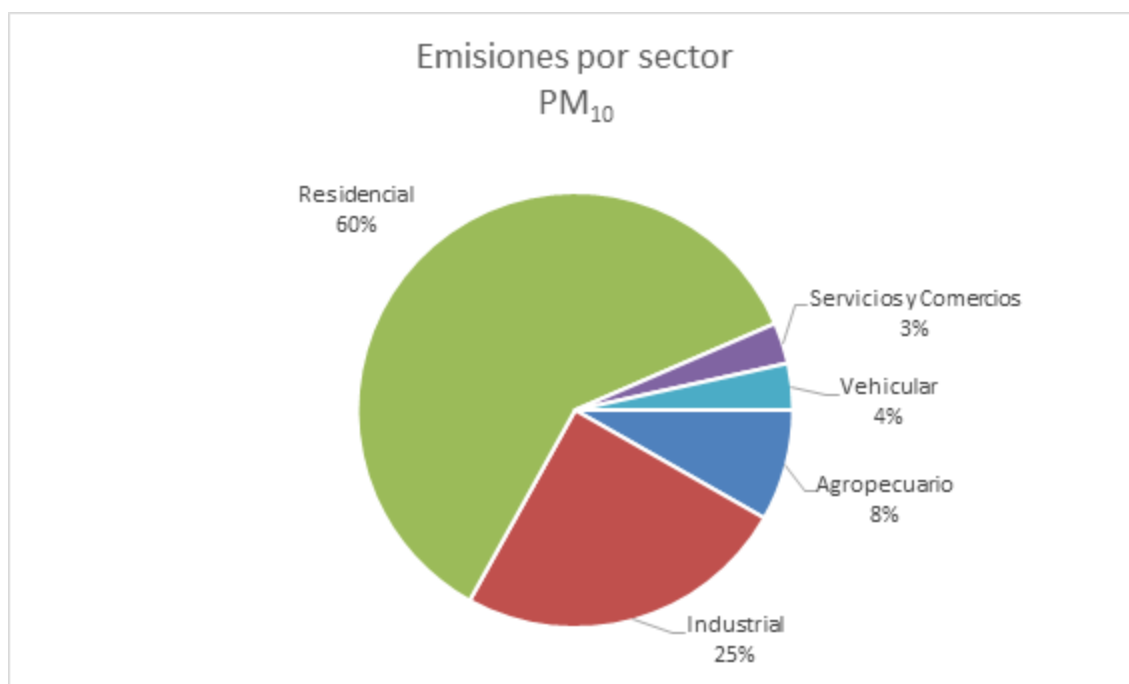


Figura 40: Emisiones de PM₁₀ en Uruguay por sector (año 2015) (Imfia-FING 2019).

Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

El principal emisor de NO_x es el sector vehicular (**Figura 41**). Estas emisiones están asociadas a la combustión en presencia de aire.

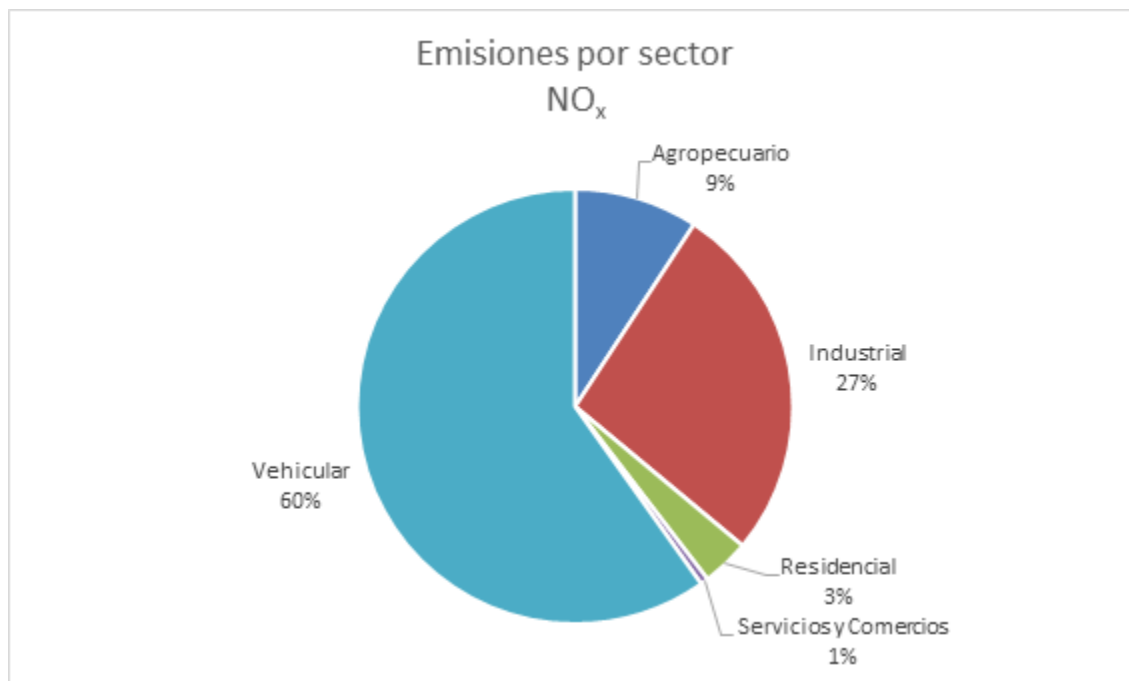


Figura 41: Emisiones de NO_x en Uruguay por sector (año 2015) (Imfia-FING 2019).

Dióxido de Azufre (SO₂)

El principal emisor de SO_x es el sector industrial (**Figura 42**). Estas emisiones pueden asociarse a la quema de combustibles fósiles que contienen azufre como impureza.

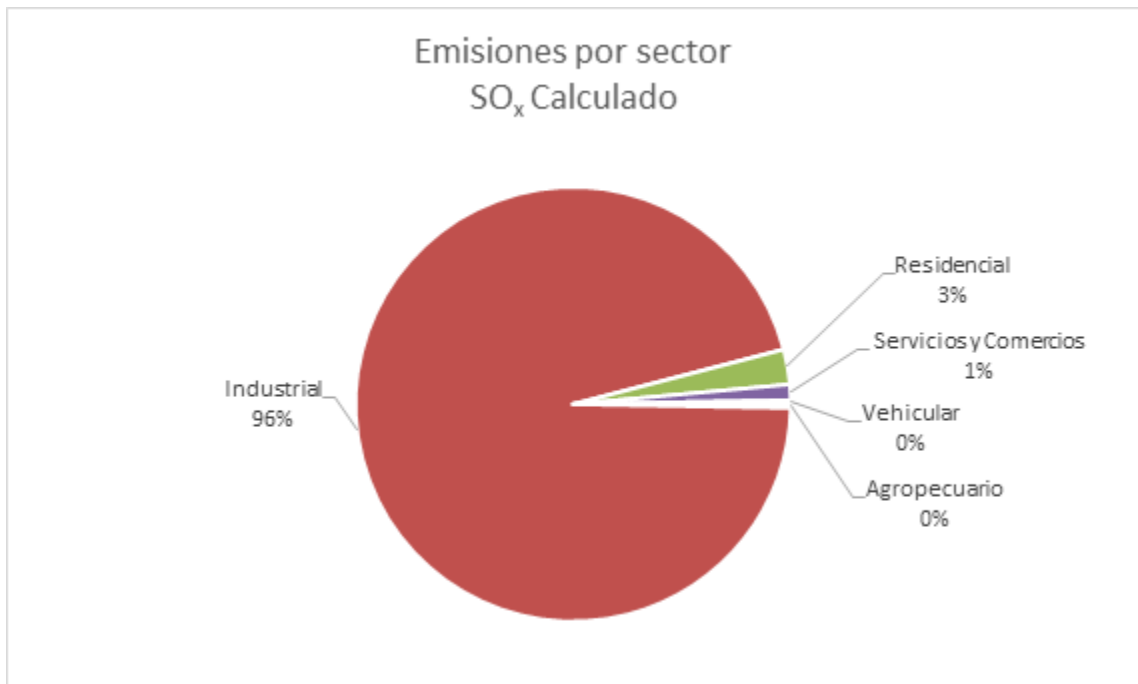


Figura 42: Emisiones de SOx en Uruguay por sector (año 2015). "Calculado" hace referencia al criterio utilizado para la obtención del resultado (Imfia-FING 2019).

Monóxido de Carbono (CO)

El principal emisor de CO también es el sector residencial seguido por el sector vehicular con un porcentaje considerable (**Figura 43**). Estas emisiones se asocian a procesos de combustión incompleta por lo que pueden resultar de procesos de quema de combustibles en dispositivos de baja eficiencia.

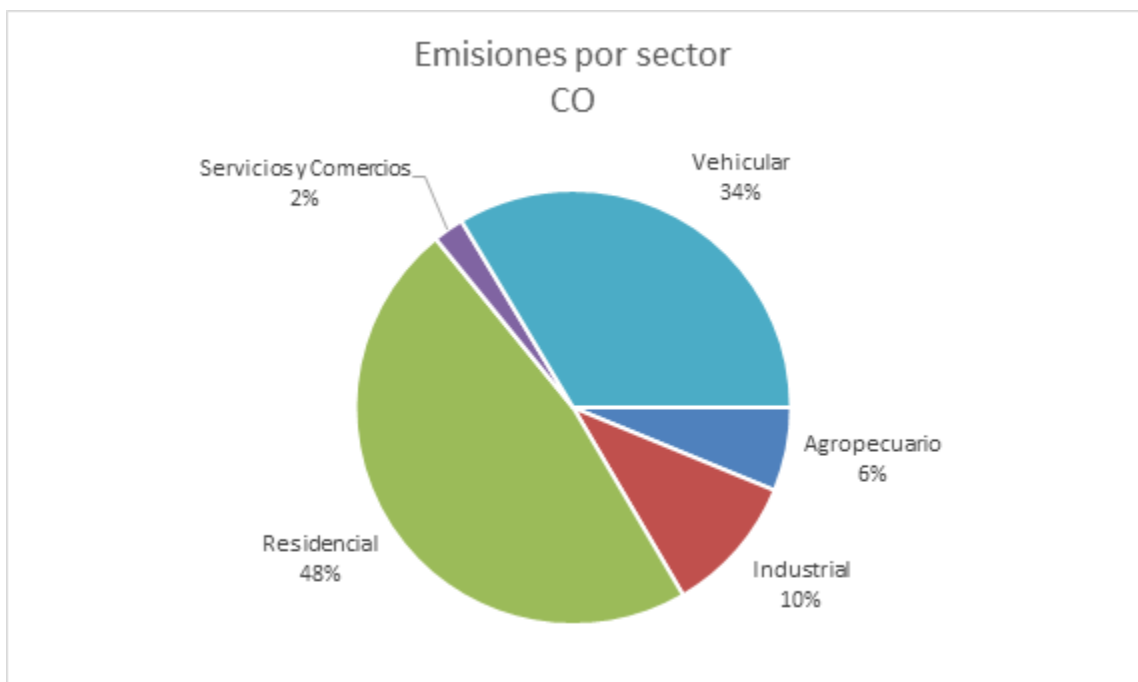


Figura 43: Emisiones de CO en Uruguay por sector (año 2015) (Imfia-FING 2019).

Se observa que el sector residencial resulta importante para trabajar en la disminución de las emisiones tanto de PM10 como de CO. Es importante tener en cuenta que las emisiones de estos contaminantes pueden estar asociadas a un mismo proceso, por ejemplo, durante quema de biomasa o durante procesos de combustión ineficientes.

Teniendo en cuenta que NO_x puede presentar una situación de mayor compromiso en zonas de alta urbanización (como puede ser Montevideo) el sector vehicular resulta importante en la definición de acciones para la disminución de sus emisiones.

Considerando los bajos valores de SO₂ (ver Calidad de Aire) como resultado de la mejora en los combustibles, no se requieren medidas adicionales a las ya tomadas por los organismos competentes en el control industrial para la reducción de emisiones de SO_x, más que continuar mejorando en los procesos de fiscalización de este sector. El aporte de SO_x del sector vehicular es pequeño debido al bajo contenido de azufre en los combustibles.

Las emisiones per cápita de Uruguay se encuentran en el rango de las emisiones de los países de la región y de otros continentes, destacándose las diferencias que se registran para Estados Unidos respecto al PM10 (Figuras 44 a 47). Esos valores no representan problemas o situaciones favorables respecto a ningún parámetro.

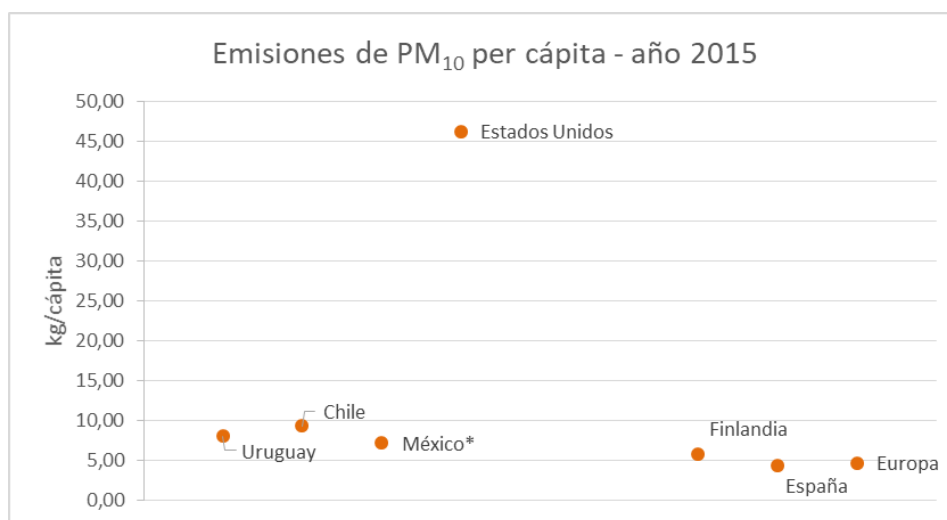


Figura 44: Emisiones de PM10 en Uruguay per cápita (año 2015).

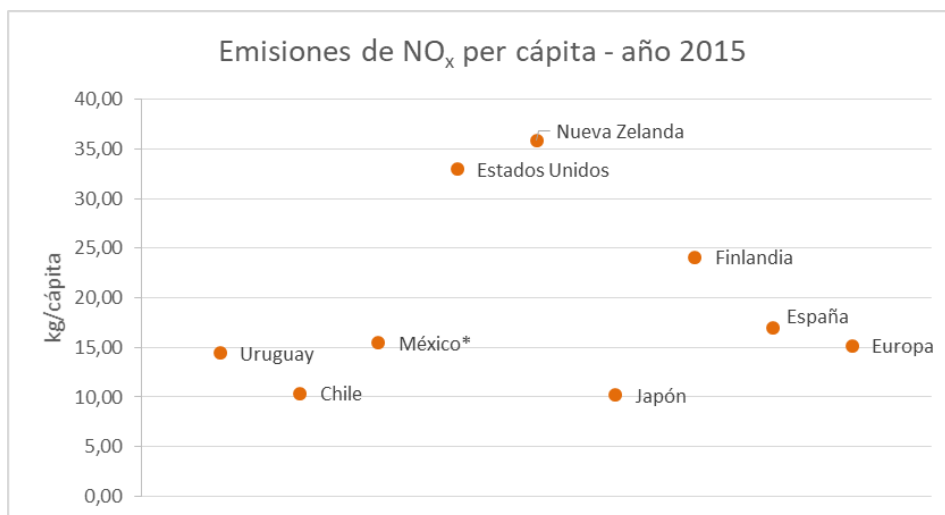


Figura 45: Emisiones de NO_x en Uruguay per cápita (año 2015).

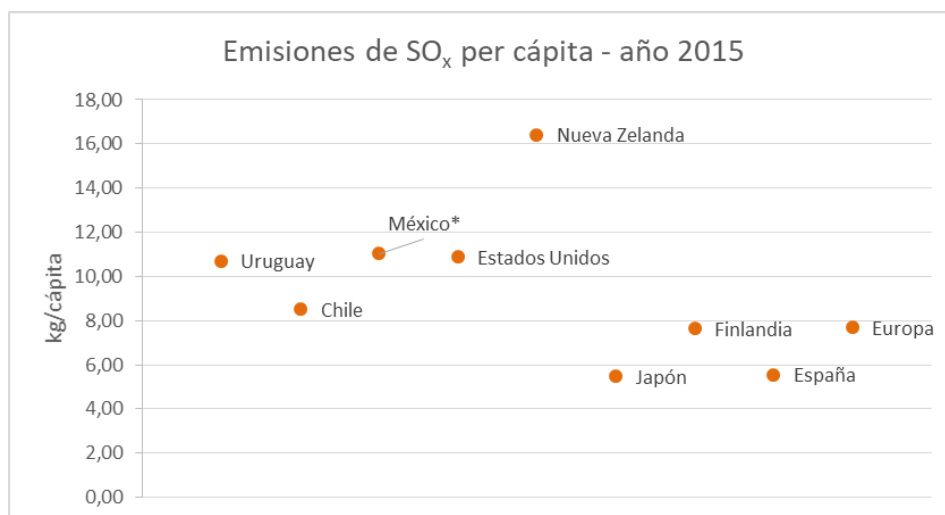


Figura 46: Emisiones de SO_x en Uruguay per cápita (año 2015).

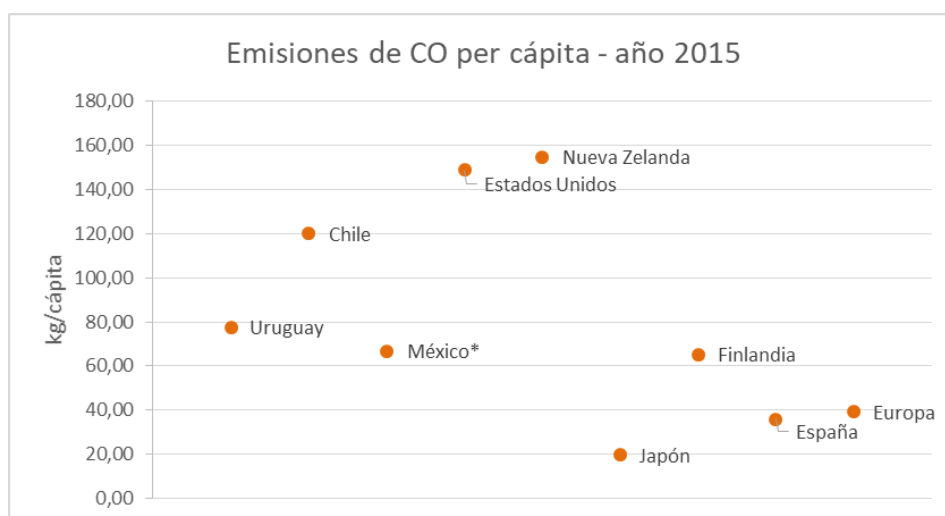


Figura 47: Emisiones de CO en Uruguay per cápita (año 2015).

Limitaciones

El inventario proporciona órdenes de magnitud de las emisiones atmosféricas. Dado que comprende una cuantificación con base en un período anual, este método no capta variaciones temporales diarias o estacionales. A su vez, la escala geográfica más fina de desagregación de información es departamental (no se muestra en este informe). En consecuencia, esta herramienta no se elabora con el fin de mostrar evoluciones o tendencias y no muestra niveles de contaminación presentes en un lugar determinado, aunque sí brinda un estado de situación de las emisiones atmosféricas del país.

El inventario se construye a partir de un año base para el que debe existir una completitud suficiente de la información necesaria, por lo que no se cuenta con una actualización anual de este documento.

Fuente de datos y autores

Informe Final; Inventario de Emisiones Atmosféricas 2015; Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental - Facultad de Ingeniería. Convenio FING – Dinama. Abril 2019.

Bibliografía consultada

Informe Final; Inventario de Emisiones Atmosféricas 2015; Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental - Facultad de Ingeniería. Convenio FING – Dinama. Abril 2019.

<https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>
(consultado 27/08/2020).

OECD.Stat. 2020. Emissions of air pollutants: Total emissions per capita. Environment: Air and Climate. Organization for Economic Co-operation and Development.
https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AIR_EMISSIONS. Página consultada en noviembre 2020.

BIODIVERSIDAD Y ECOSISTEMAS

Introducción

Uruguay se destaca por encontrarse en una zona de transición biogeográfica en el continente Sudamericano donde confluyen las regiones biogeográficas del Chaco y Paranaense, con hábitats tipo mosaico dominados por campos naturales intercalados con humedades, diferentes tipos de bosques nativos (de quebrada, ribereño, serrano, parque, palmares), e importantes extensiones de agua como las lagunas costeras. Por tal motivo, a pesar de su relativamente mediana superficie y posición subtropical, alberga una importante diversidad biológica, tanto eco-regional como ecosistémica, específica y genética. De acuerdo a la diversidad de hábitat, Uruguay muestra una diversidad de especies interesante, muchas de ellas de importancia mundial en términos ecológicos, económicos y sociales. De hecho, el país cuenta con tres Sitios Ramsar, dos Reservas de Biosfera (Programa MAB UNESCO), veintidós Áreas de Importancia para las Aves (IBAs por sus siglas en inglés) y dos áreas de aves endémicas para tres especies de capuchinos (*Sporophila* spp) de rangos restringido, además de más de 220.000 ha de superficie abarcada por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Desde el punto de vista geográfico Uruguay representa un ecotono terrestre y marino de gran valor en términos de diversidad biológica. Muchas especies de plantas y animales tropicales y subtropicales encuentran en el país su límite sur de distribución.

Las Naciones Unidas declararon a la década actual (2011 - 2020) la Década de la Biodiversidad. Si bien los esfuerzos para conservar este patrimonio de todos viene incrementándose a nivel internacional – constatable, por ejemplo, por el incremento a nivel global de la superficie de áreas protegidas que se acerca a la meta de 17% que propone la ONU – las presiones que ponen en riesgo su existencia también van en aumento y es de consenso en la comunidad científica internacional que tanto la diversidad biológica como los beneficios que de ella se obtienen siguen disminuyendo en todas partes.

Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2020 (ENB)

Uruguay ratificó el Convenio sobre la Diversidad Biológica de Naciones Unidas por medio de la Ley 16.408 en el año 1993, luego de que sus objetivos fueran presentados en la Convención de Río 92. Entre los compromisos asumidos por el país en ese marco, y además de los reportes nacionales a dicho organismo cada cuatro años, se destacaba la necesidad de contar con un instrumento de planificación a nivel nacional que permitiera organizar todos los esfuerzos públicos y privados para avanzar hacia el logro de los objetivos del Convenio.

En 1999 se elaboró la primera “Propuesta de Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica” que fue posteriormente actualizada entre los años 2013 y 2015. En 2016 se aprobó, la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica del Uruguay con objetivos y metas hacia el año 2020.

La Estrategia incluye ocho ejes de trabajo referidos a: conservación, integración de la biodiversidad en la planificación y el desarrollo productivo, educación, producción de conocimiento, gestión de la información, cambios normativos, participación ciudadana y movilización de recursos. Plantea 41 metas a cumplir en el período, en cuestiones tan diversas como propuestas de incentivos económicos para actividades de conservación; la elaboración de iniciativas de control para combatir especies exóticas que invaden y degradan nuestros ecosistemas nativos; proteger el 15% de nuestro territorio nacional y al menos el 2% de nuestra superficie marina; restaurar los ecosistemas involucrados en la producción de agua potable; e incrementar los recursos dedicados a conocer y cuidar la biodiversidad para todos y entre todos hacia el futuro.

Coincidentemente, la visión de la Estrategia Nacional plantea que para el 2020 Uruguay *“ha incorporado la importancia del valor de la biodiversidad y sus bienes y servicios asociados en los distintos sectores, mejorando el conocimiento de los elementos que la componen como forma de contribuir a la toma de decisiones para una gestión sostenible. Cuenta con una política nacional de biodiversidad y normativas actualizadas que, entre otras cosas, contribuye a revertir los procesos de pérdida de la diversidad biológica y al desarrollo de políticas de respuesta, mitigación y adaptación al cambio climático”*.

Hacia la tercera década del siglo XXI tenemos el desafío de construir conciencia sobre el valor de la biodiversidad para el desarrollo humano integral, y de establecer una Política de Estado que salve este patrimonio natural para las generaciones actuales y las futuras.

Avances en la implementación de la ENB

En el marco de la evaluación del grado de avance de la Estrategia Nacional de Biodiversidad se analizó el progreso en las metas nacionales de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica (**Figura 48**). En términos generales se puede concluir que, si bien se ha avanzado en la consecución de las metas nacionales, el grado de avance aún es insatisfactorio y es necesario desarrollar mayores esfuerzos.



Figura 48: Progreso en el cumplimiento de las metas nacionales de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica.

En la **Figura 48** se representan en verde aquellas metas que se esperan alcanzar para 2020 si se mantiene en la trayectoria actual; en amarillo, las que se ha avanzado a un ritmo insuficiente por lo que no se alcanzará la meta antes de su fecha límite a menos que se intensifiquen los esfuerzos; en rojo, las que no se están acercando a la meta ni se está alejando de ella; y en gris las metas sobre las que no se tiene el suficiente conocimiento como para asignarles una categoría de avance.

A los efectos de informar sobre el estado de la biodiversidad a nivel nacional, se seleccionaron una serie de indicadores que constituyen la base de los informes preparados para las Naciones Unidas en el marco del reporte nacional (2018) de avances sobre el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 - Vida de ecosistemas terrestres - así como también los avances en la implementación del Convenio sobre Diversidad Biológica a escala nacional.

Índice de Lista Roja

Introducción

La pérdida de la biodiversidad en Uruguay requiere el diseño e implementación de políticas o medidas de manejo o protección de especies, incluyendo aquellas amenazadas y también aquellas especies comunes y normalmente observables en la naturaleza cuyas poblaciones están en declive. En ese sentido, las estrategias de conservación de ecosistemas y hábitats deben integrarse con estrategias de acción para la

defensa de la fauna, como la regulación y control de la caza, la reintroducción de especies extintas localmente y la definición de estrategias específicas para las especies que enfrentan mayores riesgos. Las Listas Rojas de especies tanto a nivel nacional, regional, o global, brindan información general de la taxonomía, distribución y el estado de conservación de las diferentes especies, siguiendo los criterios propuestos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Las categorías de amenaza que se le asignan a las especies van de Preocupación Menor a Extinta. En base a estas pautas, las principales categorías de amenaza donde es posible actuar para revertir los procesos de extinción son “En Peligro” y “En Peligro Crítico”. En este sentido, las Listas Rojas son una herramienta que permite evaluar, siguiendo una metodología reconocida internacionalmente, el estado de conservación de las especies. Uruguay cuenta actualmente con dos listas rojas: la Lista Roja de Aves que fue elaborada en el año 2012, y la de Anfibios y Reptiles en el año 2015 (Azpiroz et al., 2012; Carreira & Maneyro, 2015). El índice de Lista Roja contribuye a informar los avances en los compromisos internacionales y nacionales asumidos en relación a la conservación de especies.

Objetivo y descripción

El objetivo del ILR es medir cambios en el nivel de riesgo de extinción de grupos de especies. Se basa en cambios en el número de especies en cada categoría de riesgo de extinción de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, se expresa como cambios en un índice que varía de 0 a 1.

A nivel país se ha planteado como meta al 2030: “se ha revertido la tendencia poblacional de al menos el 50% de las especies amenazadas de Uruguay, que se encuentren en las categorías En Peligro y En Peligro Crítico de acuerdo a los criterios nacionales” (MVOTMA, 2019).

Relevancia ambiental

Las especies del mundo se ven afectadas por una serie de presiones, que incluyen la destrucción y degradación del hábitat, la sobreexplotación de recursos, el avance de las especies exóticas invasoras, las perturbaciones humanas, la contaminación y el cambio climático. Este indicador se puede usar para evaluar los cambios generales en el riesgo de extinción de grupos de especies como resultado de estas presiones.

Metodología

El Índice de la Lista Roja se calcula multiplicando primero el número de especies en cada categoría de la Lista Roja por un ponderador (que va desde 1 para 'Casi amenazado' a 5 para 'Extinta' y 'Extinta en la naturaleza') y posteriormente sumando estos valores. Luego se divide por un puntaje máximo de amenaza que es el número total de especies multiplicado por el peso asignado a la categoría "Extinta". Este valor final se resta de 1 para dar el valor del Índice de la Lista Roja.

Fórmula de cálculo: $RLIt = 1 - [(Ss Wc (t, s) / (WEX * N)]$

- $W_c(t, s)$ es el peso para la categoría (c) en el momento (t), el peso para 'En peligro crítico' = 4, 'En peligro' = 3, 'Vulnerable' = 2, 'Casi amenazado' = 1, 'Preocupación menor' = 0. Especies 'en peligro crítico' etiquetadas como 'Posiblemente extintas' o 'Posiblemente extintas en la naturaleza' se asigna un peso de 5; WEX = 5, el peso asignado a las especies 'Extintas' o 'Extintas en la naturaleza';

- N es el número total de especies evaluadas, excluyendo aquellas evaluadas como deficientes en los datos en el período de tiempo actual, y aquellos considerados como 'Extintos' en el año en que se evaluó por primera vez el conjunto de especies.

El valor del Índice de la Lista Roja varía de 1 (todas las especies se clasifican como "Preocupación menor") a 0 (todas las especies se clasifican como "Extintas"), y así indica hasta qué punto el conjunto de especies se ha movido hacia la extinción. Por lo tanto, el Índice de la Lista Roja permite comparaciones entre grupos de especies tanto en su nivel general de riesgo de extinción (es decir, cuán amenazadas están en promedio), como en la tasa a la que este riesgo cambia con el tiempo. Una tendencia a la baja en el Índice de la Lista Roja a lo largo del tiempo significa que la tasa esperada de futuras extinciones de especies está empeorando (es decir, la tasa de pérdida de biodiversidad está aumentando). Una tendencia al alza significa que la tasa esperada de extinción de especies está disminuyendo (es decir, la tasa de pérdida de biodiversidad está disminuyendo), y una línea horizontal significa que la tasa esperada de extinción de especies permanece igual.

Resultados, evaluación e interpretación

Según la Lista de Especies Prioritarias para la Conservación, el 29% de las especies presentes en nuestro país se encuentra bajo algún grado de amenaza o presión.

El Índice de la Lista Roja para aves, anfibios y reptiles (**Tabla 5**) en Uruguay para el año 2018 es de = 0.90.

El valor del Índice para Uruguay es de 0.90, sin embargo, se tienen datos para un sólo año dado que las listas rojas nacionales aún no han sido actualizadas, y además aún no se han elaborado las listas rojas de otros grupos de importancia como mamíferos, peces y plantas.

Tabla 5: Cantidad de especies de anfibios, reptiles (2012) y aves (2015) clasificadas según las categorías de la Lista Roja de Especies de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN) en Uruguay.

Categoría		Anfibios	Reptiles	Aves
NE	No evaluado			
NA	No aplicable	1	5	83
DD	Datos insuficientes	4	8	10
LC	Preocupación menor	28	46	290

NT	Casi amenazado	4	3	28
VU	Vulnerable	1	5	31
EN	En peligro	8	2	12
CR	En peligro crítico	3	1	2
EX	Extinto		1	
RE	Extinto a nivel regional			2
EW	Extinto en estado silvestre			

Limitaciones

En su cálculo actual el índice es limitado dado que contiene información únicamente sobre anfibios, reptiles y aves.

Fuente de datos y autores

DINAMA, División Biodiversidad.

Bibliografía consultada

Azpiroz, A.B., M. Alfaro y S. Jiménez. 2012. Lista Roja de las Aves del Uruguay. Una evaluación del estado de conservación de la avifauna nacional con base en los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Dirección Nacional de Medio Ambiente, Montevideo.

Carreira, S. & R. Maneyro. 2015. Lista Roja de los Anfibios y Reptiles del Uruguay. Una evaluación del estado de conservación de la herpetofauna de Uruguay sobre la base de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Dirección Nacional de Medio Ambiente, Montevideo.

MVOTMA (2019) Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible. Uruguay 2019. Mvotma, Sistema Nacional Ambiental.

Especies prioritarias para la conservación presentes en el SNAP

Introducción

La lista de especies prioritarias para la conservación en Uruguay es el primer documento que reúne un listado con la clasificación de las especies en función de diferentes criterios que incluyen: distribución geográfica, grado de amenaza según las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la

Naturaleza, estimaciones del tamaño poblacional, singularidad desde el punto de vista taxonómico, y valor medicinal, cultural, económico (Clavijo et al, 2013)

Las especies identificadas como prioritarias para la conservación son entonces aquellas amenazadas, pero también aquellas con características que las hacen particulares y justifican especial atención a la hora de planificar estrategias de conservación y desarrollo sustentable en el país. La lista de especies prioritarias constituye un documento orientador acerca de las especies que requieren una atención particular en el diseño de medidas de gestión ambiental, territorial y de recursos naturales, y que deberían ser priorizadas a la hora de promover líneas de investigación orientadas a mejorar la capacidad de gestión ambiental del país.

Objetivo y descripción

El objetivo de este indicador es evaluar la cobertura de especies prioritarias para la conservación a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. El indicador muestra la cantidad de especies prioritarias por órdenes que se encuentran en los territorios del SNAP.

Relevancia ambiental

Uno de los objetivos del SNAP es conservar una muestra representativa de la biodiversidad del país a nivel de paisajes, ecosistemas y especies. A su vez, las presiones sobre el ambiente en general y sobre la biodiversidad en particular, hacen necesario contar con herramientas de conservación que protejan tanto a las especies como a los ecosistemas donde éstas habitan. En este sentido, es importante que el diseño del Sistema de Áreas Protegidas incluya a las especies prioritarias y amenazadas.

Metodología

El indicador se calcula con base en la distribución geográfica (a través de registros de presencia) de las especies prioritarias y su intersección con los límites geográficos de las Áreas Naturales Protegidas.

Resultados, evaluación e interpretación

Los resultados indican que si bien para la gran mayoría de los grupos hay una importante representación de las especies prioritarias para la conservación en áreas protegidas del SNAP, en el caso de los moluscos y las plantas vasculares aún no se ha alcanzado una representación significativa, con valores inferiores al 50% (Figura 49).

Especies prioritarias presentes en áreas del SNAP

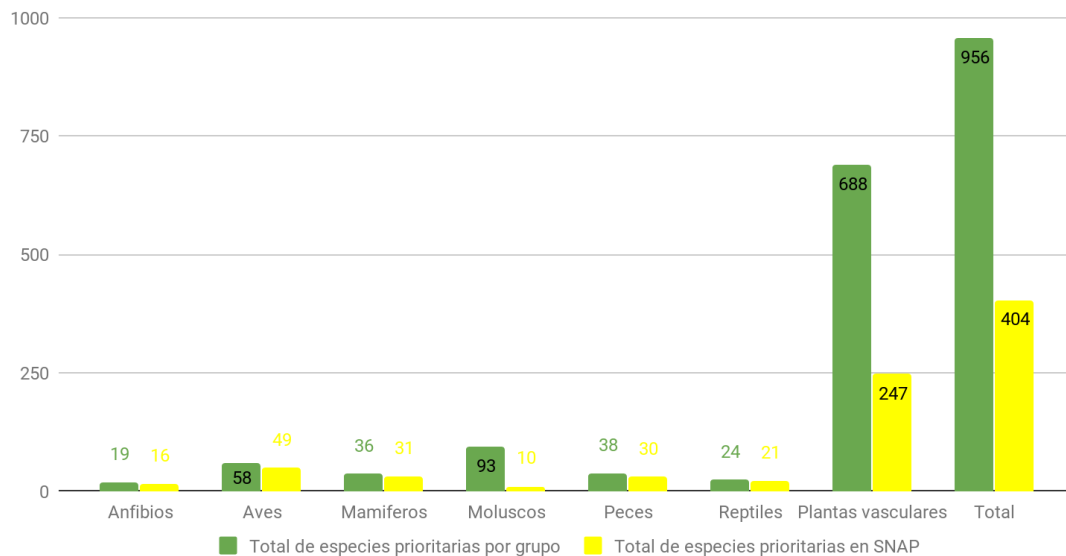


Figura 49: Número de especies prioritarias para la conservación, según grupo, que se encuentran comprendidas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas al 2019. Refiere a aquellas especies para las cuales se ha identificado que las áreas protegidas pueden ser una herramienta efectiva para su conservación.

Limitaciones

El indicador toma en cuenta la presencia de las especies, pero no brinda información acerca de sus abundancias o sus tamaños poblacionales, así como tampoco de su estado de conservación.

Fuente de datos y autores

DINAMA, División Biodiversidad.

Bibliografía consultada

Clavijo, C.; Martínez-Lanfranco, J.A.; Soutullo, A. 2013. Especies prioritarias para la conservación en Uruguay. Vertebrados, moluscos continentales, y plantas vasculares. DINAMA/MVOTMA.

Presencia de especies exóticas invasoras

Introducción

Las especies exóticas invasoras (EEI) son especies de animales, plantas u otros organismos, generalmente transportados e introducidos por el ser humano en lugares fuera de su área de distribución geográfica natural. Estos organismos logran establecerse y dispersarse en la nueva región, resultando dañinos en el nuevo ambiente invadido. En el Convenio de Diversidad Biológica del cual Uruguay es parte (Ley 16.408/1993), se reconoce que las especies exóticas invasoras son la segunda causa de pérdida de

biodiversidad, representando una amenaza para la integridad y la función de los ecosistemas y por lo tanto para el bienestar humano.

Estas especies producen importantes cambios en la composición, la estructura o en los procesos de los ecosistemas naturales o semi-naturales, poniendo en peligro la diversidad biológica nativa (en diversidad de especies, diversidad dentro de las comunidades o diversidad de ecosistemas).

Las especies exóticas invasoras presentes hoy en el Uruguay incluyen plantas y animales (vertebrados e invertebrados). En algunos casos fueron introducidas con fines productivos u ornamentales, que pueden considerarse positivos; pero muchas de ellas también se han introducido de forma accidental y su presencia ha ocasionado daños en los ecosistemas, biodiversidad autóctona, problemas en la salud o efectos negativos en la economía. También existen antecedentes de introducción de especies exóticas con fines productivos cuyo manejo inadecuado ha generado efectos no deseados sobre la biodiversidad.

El Comité de Especies Exóticas Invasoras (DINAMA, MVOTMA) consensuó en el año 2015 una lista de especies exóticas invasoras para Uruguay. Esta definición se realizó en respuesta a las metas propuestas en el Plan Estratégico del Convenio sobre Diversidad Biológica para el 2010-2020 (Metas de Aichi), para el control y erradicación de las especies exóticas invasoras en el ámbito global. En este sentido, la meta número nueve establece: “Para el 2020, se habrán identificado y priorizado las Especies Exóticas Invasoras y sus vías de introducción, se habrán controlado o erradicado las especies prioritarias, y se habrán establecido medidas para gestionar las vías de introducción a fin de evitar su reintroducción y establecimiento”.

La lista de especies exóticas invasoras consensuada por el Comité de Especies Exóticas Invasoras incluye 42 especies publicada en el Observatorio Ambiental Nacional (**Figura 50**).

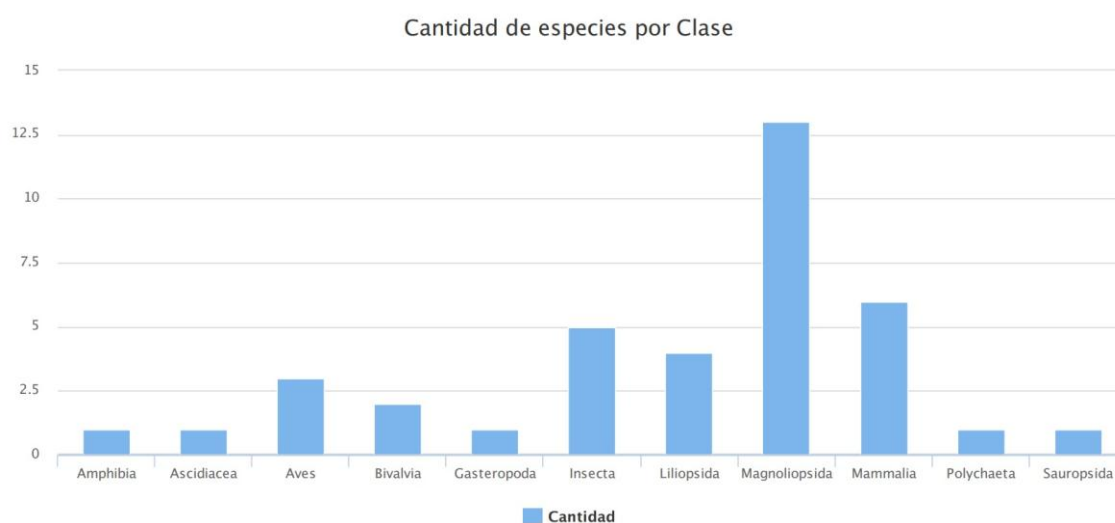


Figura 50: Número de especies exóticas invasoras por grupo taxonómico a partir de lista consensuada por el Comité de Especies Exóticas Invasoras.

A su vez, en los últimos dos años el Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras (CEEI), para dar cumplimiento a la Estrategia Nacional de Biodiversidad, identificó ocho especies exóticas prioritarias de actuación en Uruguay:

1. *Ligustrum lucidum* (Ligustro)
2. *Gleditsia triacanthos* (Acacia negra)
3. *Ulex europaeus* (Tojo)
4. *Eragrostis plana* (Capimannoni)
5. *Limnoperna fortunei* (Mejillón dorado)
6. *Lithobates catesbeianus* (Rana toro)
7. *Axis axis* (Ciervo Axis)
8. *Sus scrofa* (Jabalí)

El ligustro (*Ligustrum lucidum*), es una de las especies exóticas invasoras más agresivas dentro del bosque nativo. Está presente en Uruguay desde el siglo XIX, fue introducida para uso ornamental y cercos vivos. Su alta producción de frutos en otoño, y la menor oferta de frutos de nativas en esa época del año, hacen que sean muy apetecidos por las aves, lo que favorece la capacidad de dispersión de esta especie. Tiene el potencial de desplazar a la totalidad del bosque nativo, provoca cambios en la estructura de la comunidad de especies leñosas nativas, alterando tasas de descomposición, y posiblemente cambios en otras funciones ecosistémicas.

La acacia negra (*Gleditsia triacanthos*) es también es una de las especies exóticas invasoras más agresivas dentro del bosque nativo. Comparte con el ligustro el potencial de desplazar a la totalidad del bosque nativo, provoca cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades de especies leñosas nativas.

El capimannoni (*Eragrostis plana*) es un pasto maleza que ingresó a Uruguay por la frontera con Brasil en la década del 80, avanza formando densas comunidades, eliminando la diversidad de las especies de campo natural y bajando drásticamente la productividad de los campos. Como impactos ecológicos y económicos se han identificado los siguientes: afectación y pérdida de servicios ecosistémicos en pastizales, generando cambios en la estructura de la comunidad herbácea y disminuyendo la diversidad. En particular coloniza sitios con alta intensidad de uso agrícola previo, así como banquinas de rutas y caminos donde se facilita su dispersión. También disminuye el área productiva y la productividad de sistemas pastoriles.

El tojo (*Ulex europaeus*) es un arbusto que también afecta los ecosistemas de pastizal, reduce el área de pastoreo generando además barreras para el tránsito de ganado, disminuyendo la productividad del campo natural y la actividad de ganadería. Su capacidad invasora hace que una vez extendida sea muy difícil de controlar provocando gran impacto sobre las comunidades vegetales nativas.

El mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*) es una especie de molusco invasor reconocida a nivel regional y produce en su zona de afectación, diversos impactos ecológicos y económicos. Dentro de los impactos ecológicos se destacan cambios en la composición de la comunidad bentónica nativa, afectando la taxocenosis de moluscos autóctonos y la capacidad de modificar los hábitos alimenticios de peces

autóctonos, como así también de originar cambios en parámetros de calidad de agua de sistemas invadidos. También ocasiona impactos en la salud ya que esta especie de moluscos por su capacidad de filtración, puede bioacumular cianotoxinas, siendo estas transferidas hacia niveles tróficos superiores de la trama trófica. A su vez, se destacan impactos económicos como la generación de incrustaciones (biofouling) en instalaciones hidráulicas de plantas potabilizadoras de agua, sistemas de refrigeración de diversas industrias agropecuarias o en centrales hidroeléctricas. También causa la obstrucción de cañerías y oclusión de filtros ocasionando gastos no previstos en las industrias afectadas.

La rana toro (*Lithobates catesbeianus*) es una especie con gran potencial invasor y es considerada una de las especies más peligrosas a nivel global por su fuerte impacto sobre la estructura de las comunidades acuáticas. En el Uruguay, la rana toro se introdujo en 19 establecimientos agropecuarios para obtener granjas de cría comercial, especialmente en la década de los 90. La producción de esta especie no prosperó, quedando focos de individuos liberados en diferentes puntos del país. Tiene un importante potencial como invasor en Uruguay, donde las condiciones son adecuadas para sus requerimientos. Esta especie es un gran depredador en su fase adulta y un importante alterador de hábitat en su fase larval. Además, es portadora de una enfermedad conocida como quitridiomycosis, responsable del declive de anfibios a nivel global. Las primeras evidencias, que aparecen en los sitios donde está invadiendo en Uruguay, ya muestran efectos negativos sobre las comunidades nativas. Sin embargo, esta invasión difiere de muchas otras en un aspecto importante, y es que ha sido detectada en una etapa temprana. Entre sus atributos, cabe destacar su elevada prolificidad, su tolerancia a altas densidades poblacionales y a diversas condiciones ambientales, su gran plasticidad y su dieta generalista. Sus larvas se alimentan de una gran diversidad de algas, pequeños invertebrados y huevos y el adulto de una amplia gama de presas animales, desde invertebrados hasta mamíferos y aves, actuando como depredadores tope. Estos atributos, podrían explicar su alta capacidad invasiva, afectando por depredación, competencia, introducción de enfermedades y/o alteración de hábitat a diferentes componentes comunitarios.

El ciervo axis (*Axis axis*) fue introducido por primera vez a finales de la década de 1920 en el departamento de Colonia por el Sr. Aarón de Anchorena, con fines cinegéticos. Con el paso del tiempo se tuvieron poblaciones en estancias para cotos de caza y en algunas otras simplemente por tener la especie presente. Los focos de introducción determinan y afectan la distribución actual de la especie en el país. Habita bosques de diversos tipos, principalmente fluviales y parques, pastizales no inundables en forma permanente, como rocosas, de altura baja, media y alta, y ambientes modificados, como cultivos agrícolas y plantaciones forestales. Dentro de los impactos potenciales en el país, ya confirmados en territorios de similares características, se encuentran: daño directo a especies leñosas tanto nativas como de plantaciones forestales (rascado de corteza, consumo de raíces), daños a cultivos (consumo y pisoteo), destrucción del sotobosque y tapiz herbáceo, erosión del suelo, reducción de cérvidos nativos en zonas de solapamiento y transmisión de patógenos.

El **jabalí (*Sus scrofa*)** afecta directa e indirectamente a numerosas especies de fauna y flora autóctonas, como así también cultivos y animales de producción. Dentro de los impactos ecológicos y económicos que genera se destacan: el mantenimiento en el ciclo silvestre y transmisión de enfermedades animales de importancia económica y zoonóticas, la depredación de animales de producción (como las crías de ovinos) y silvestres (como anfibios, reptiles, aves y pequeños mamíferos), la generación de destrozos de plantaciones agrícolas (como maíz, sorgo y trigo), la remoción del suelo por hozado en busca de alimento, la alteración de la vegetación natural, principalmente rebrotes y caraguatales, debido al consumo de sus raíces, y el desplazamiento de especies animales nativas (como el carpincho).

Objetivo y descripción

Identificar y evaluar de forma sistemática la presencia de las especies exóticas invasoras del país, debido a los impactos negativos que generan en la composición, estructura y/o en los procesos de los ecosistemas naturales, poniendo en peligro la diversidad biológica nativa y el funcionamiento de los ecosistemas. Conocer cómo se distribuyen las especies exóticas invasoras a través de los registros de su presencia es fundamental para poder desarrollar modelos que nos permitan analizar su comportamiento y planificar acciones de control, evitando principalmente que se propaguen hacia sitios aún no invadidos. El indicador muestra los sitios invadidos por las ocho especies exóticas invasoras definidas como prioritarias para la actuación a través de mapas donde se sistematizan los registros de presencia generados a partir de diferentes experiencias. Para todos los casos se señala la fuente de datos en la cual se basa cada uno de los mapas de presencia.

A nivel país se ha planteado como meta al 2030: "Los planes de control de las especies exóticas invasoras implementadas han resultado en una reducción del 30% en el número de especies definidas como de alta prioridad y se ha logrado que el 75% de las áreas protegidas no presenten abundancias significativas de estas especies." (MVOTMA, 2019).

Relevancia ambiental

Las invasiones biológicas llevan asociadas diversos problemas ambientales en diferentes niveles:

- 1) Nivel ecológico: se destaca la pérdida de diversidad autóctona y degradación de los hábitats invadidos. Las especies exóticas invasoras son consideradas una de las tres causas más importantes de pérdida de biodiversidad, junto con la alteración de hábitat y la sobreexplotación de especies.
- 2) Nivel económico: son importantes los efectos directos sobre las actividades agropecuarias, salud pública y otros servicios ecosistémicos.

Metodología

Para todos los casos se elaboraron mapas que indican los sitios con presencia de cada una de las ocho especies exóticas invasoras prioritarias de actuación. La identificación de los sitios y elaboración de mapas se realizó a partir de registros georreferenciados hasta el año 2018, que provienen de las siguientes fuentes:

Ligustrum lucidum: Inventario Nacional Forestal (INF) de la DGF-MGAP. 2011. Base de datos de InBuy: http://inbuy.fcien.edu.uy/fichas_de_especies/DATAonline/DBASEonline/Ligustrum_lucidum_w.pdf

Gleditsia triacanthos: Inventario Nacional Forestal (INF) de la DGF-MGAP, 2011. Base de datos de InBuy: http://inbuy.fcien.edu.uy/fichas_de_especies/DATAonline/DBASEonline/Gleditsia_triacanthos_w.pdf

Ulex europaeus: MGAP- Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA), 2011. Base de datos de InBuy http://inbuy.fcien.edu.uy/fichas_de_especies/DATAonline/DBASEonline/Ulex_europaeus_w.pdf

Eragrostis plana: MGAP-DGSA. 2017. Relevamiento de campo: Ing. Agr. Santiago Contarin, Ing. Agr. Juan Ihlenfeld, Ing. Agr. Pablo Faguaga, Tec Agrop. Wuillan Techeira. Análisis y presentación de datos Tec. Agr. Juan Luis Corti, Silvana Fernandez. Colaboración Ing. Agr. Elina Zefferino

Limnoperna fortunei: Facultad de Ciencias (UdelaR)-Oceanografía y Ecología Marina// <http://inbuy.fcien.edu.uy>. Responsable: Ernesto Brugnoli

Lithobates catesbeianus: Estado de la invasión de la rana toro en Uruguay. 2018. Museo Nacional de Historia Natural (MNHN) del Ministerio de Educación y Cultura (MEC).

Axis axis: Inventario Forestal Nacional (DGF-MGAP). 2011. Datos de colecciones biológicas. Relevamientos realizados por Alexandra Cravino con cámaras trampa en varios paisajes agroforestales.

Sus scrofa: Relevamientos (encuesta) realizada por Max Patissier. 2018.

Resultados, evaluación e interpretación

Se muestra un estado de invasión heterogénea de *Ligustrum lucidum* (ligustro), aunque existen focos de alto grado de invasión en el sur (ej, Río Santa Lucía), y zonas menos invadidas en el este (ej, sierras en Lavalleja) (**Figura 51a**). De la especie *Gleditsia triacanthos* (acacia negra) se muestra una dispersión principalmente en el litoral y centro-sur, aunque se observaron casos en el centro y centro-este del país (**Figura 51b**). La invasión de la especie *Ulex europaeus* (tojo) es heterogénea aunque existen focos en el sur y este del país (**Figura 51c**). *Eragrostis plana* (capimannoni) muestra un estado de invasión mayoritariamente el norte y este del país con una tendencia de dispersión hacia el centro y sur (**Figura 51d**).

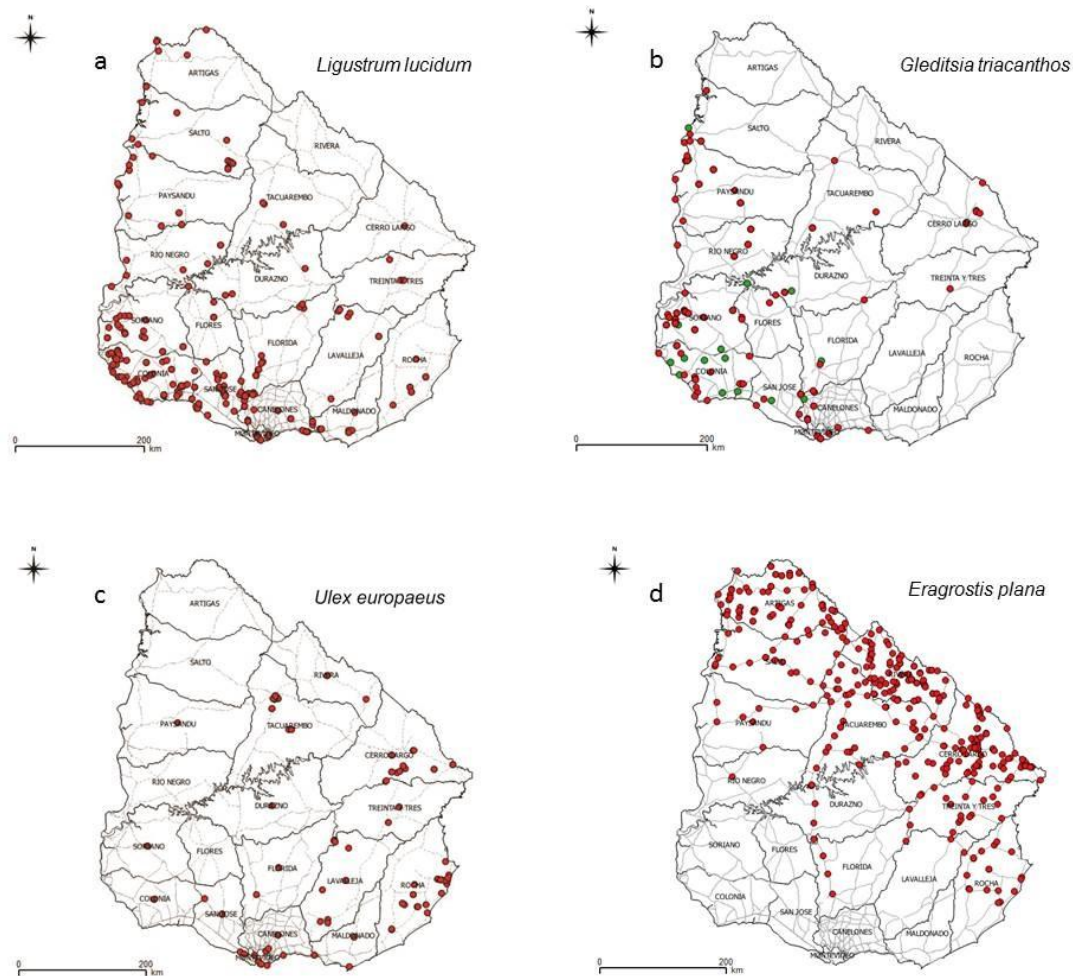


Figura 51: Registros de presencia para las especies exóticas invasoras prioritarias de actuación vegetales a) *Ligustrum lucidum* (ligustro), b) *Gleditsia triacanthos* (acacia negra), c) *Ulex europaeus* (tojo), d) *Eragrostis plana* (capimannoni).

Limnoperna fortunei (mejillón dorado) presenta una amplia distribución en los sistemas hídricos de Uruguay (Figura 52a), reportándose en los cauces de los principales ríos, afectando mayormente las cuencas bajas o medias y en menor grado las zonas altas. La invasión por la especie *Lithobates catesbeianus* (rana toro) por el momento se centra puntualmente a localidades en el noreste y sur del país (Figura 52b). Sin embargo, la especie *Axis axis* (ciervo axis) muestra un alto grado de invasión en todo el litoral, centro y sur de Uruguay (Figura 52c). La invasión por la especie *Sus scrofa* (jabalí) es heterogénea en todo el país, con más densidad en el norte (Figura 52d).

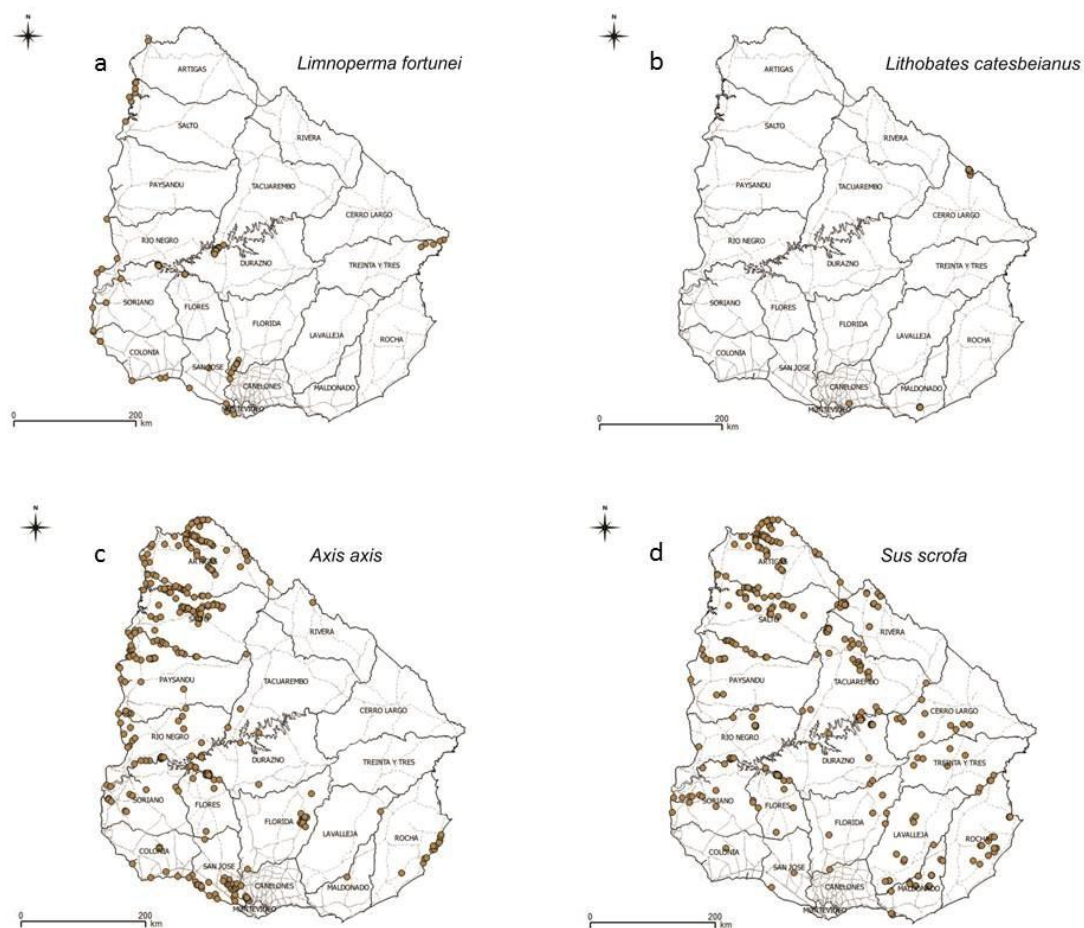


Figura 52: Registros de presencia para las especies exóticas invasoras prioritarias de actuación animales a) *Limnoperna fortunei* (mejillón dorado), b) *Lithobates catesbeianus* (rana toro), c) *Axis axis* (ciervo axis), d) *Sus scrofa* (jabalí).

Limitaciones

La información es limitada a resultados de investigación y no a un relevamiento exhaustivo de la presencia y distribución de la especie en el país. Los datos sólo indican presencia no contando con información de abundancia.

Fuente de datos y autores

MVOTMA-DINAMA, División Biodiversidad.

Información sobre Lista de Especies Exóticas Invasoras - Comité de Especies Exóticas Invasoras.

Bibliografía

CNEEI (Cómite Nacional de Especies Exóticas Invasoras). 2014. Especies Exóticas Invasoras en el Uruguay. DINAMA- MVOTMA

CNEEI (Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras). 2012. Identificación de prioridades para la gestión nacional de las especies exóticas invasoras. UNESCO, MVOTMA

Masciadri, S., Brugnoli, E. & P. Muniz. 2010. InBUy, Database of Invasive and Alien Species (IAS) in Uruguay- InBUy: a useful tool to face up this threat on the biodiversity. *Biota Neotropica* 10(4): 205-214.

MVOTMA. 2019. Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible. Uruguay 2019. Mvotma, Sistema Nacional Ambiental.

Proporción de elementos prioritarios para la conservación representados en el SNAP

Introducción

La priorización espacial de los sitios de importancia para la conservación es un campo de estudio de la planificación para la conservación que aborda la identificación de áreas prioritarias para el desarrollo de acciones de protección de la biodiversidad y su uso sostenible. En los últimos años se han realizado trabajos para priorizar sitios para la conservación, teniendo en cuenta la riqueza de especies, ecosistemas, servicios ecosistémicos, la distribución de los usos productivos de la tierra y su valor. (Suárez-Pirez & Soutullo, 2013; Soutullo et al, 2014).

Objetivo y descripción

El objetivo de este indicador es evaluar la representación de elementos de prioridad para la conservación en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Relevancia ambiental

El diseño de las redes físicas de los Sistemas Nacionales de Áreas Protegidas, por lo general, tienen como objetivo conservar una muestra representativa de la biodiversidad de cada país o región. La estrategia de diseño físico del SNAP se centra en la definición de los objetivos de conservación a largo plazo, el diseño de la red física deseable para el sistema de acuerdo a los objetivos definidos, las metas de representación en el corto y mediano plazo, y los lineamientos que deben guiar la introducción de cambios en el diseño propuesto (MVOTMA, 2015):

1. Mantener en buen estado de conservación un conjunto de sitios representativos de cada una de las ecorregiones del país.
2. Mantener en buen estado de conservación un conjunto de sitios representativos de cada una de las grandes unidades de paisaje del país

3. Contribuir a mantener los servicios que brindan los ecosistemas en cada una de las grandes cuencas hidrográficas del país, a través de la protección de un conjunto de sitios específicamente identificados para ese fin.
4. Proteger muestras representativas, en buen estado de conservación y con altos niveles de integridad ecológica, de cada uno de los ecosistemas amenazados del país.
5. Contribuir a asegurar la viabilidad de al menos una población de cada una de las especies amenazadas a nivel nacional o global, de presencia regular en Uruguay, para las que la protección de sitios constituye una herramienta efectiva de conservación.
6. Contribuir a minimizar el impacto del cambio climático sobre las especies más vulnerables al mismo, a través de la protección de un conjunto de sitios específicamente identificados para ese fin.

Metodología

Para el cálculo del indicador se considera la distribución espacial de los elementos prioritarios para la conservación y su intersección con los límites geográficos de las Áreas Naturales Protegidas. La definición de cada uno de los elementos prioritarios para la conservación, así como el análisis de su distribución geográfica fue realizada en el contexto de la elaboración del Plan Estratégico del SNAP 2015-2020 por Suárez & Soutullo, 2013.

Resultados, evaluación e interpretación

Los resultados indican que al 2019, el 100% de las ecoregiones y unidades del paisaje del país están representadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (**Figura 53**). Luego le siguen las especies vulnerables al cambio climático que alcanzan un 80% de representación, los ecosistemas amenazados con un 52%, las especies prioritarias con un 42%, y finalmente los servicios ecosistémicos con un 29%.

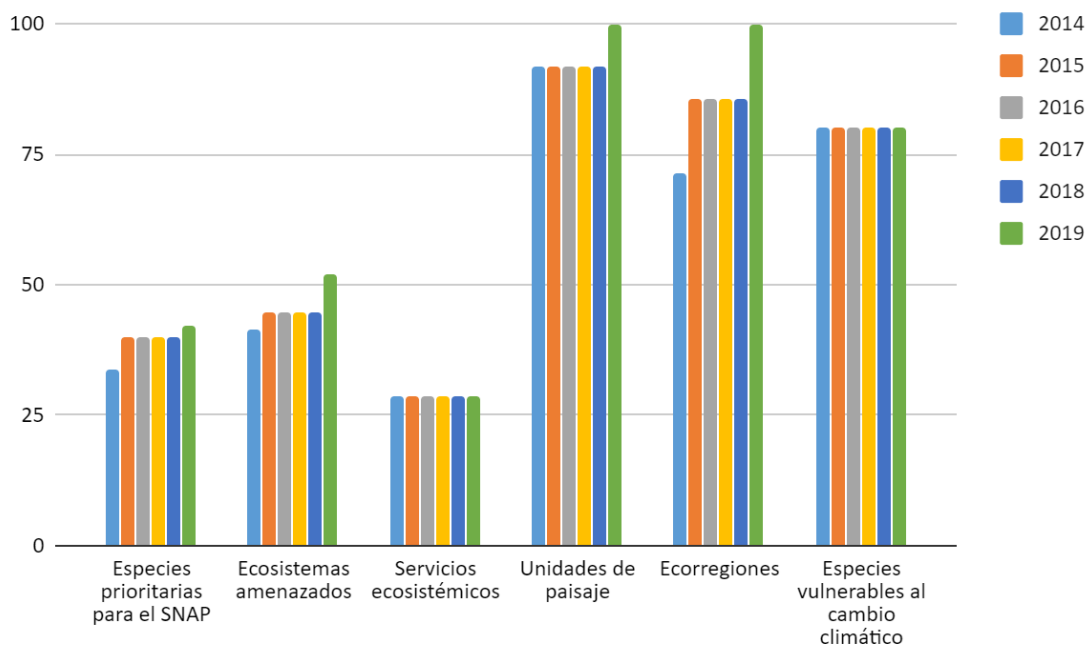


Figura 53: Porcentaje de representación de elementos de prioridad para la conservación en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas para los años 2014 a 2019.

Limitaciones

El indicador no incluye una evaluación del estado de conservación, así como tampoco de la efectividad del manejo de las áreas o sitios.

Fuente de datos y autores

DINAMA, División Biodiversidad

Bibliografía consultada

MVOTMA. 2015. Plan Estratégico 2015-2020. Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay. Montevideo: SNAP - DINAMA. 66 pp.

Soutullo A., Bartesaghi L., Rios M., Szephegyi M.N., y Di Minin E. 2014. «Prioridades espaciales para la expansión y consolidación del SNAP en el período 2015-2020». Documento subsidiario 3 del Plan Estratégico 2015-2020. Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay. Montevideo: SNAP – DINAMA. 27 pp.

Suarez-Pirez C. y Soutullo A. 2013. «Actualización de los objetivos de conservación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Uruguay. Componente continental y costero». Documento subsidiario 1 del Plan Estratégico 2015-2020. Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay. Montevideo: SNAP – DINAMA. 46pp

Superficie de espacios de conservación y evolución del Sistema Nacional de Áreas Protegidas

Introducción

Los Sistemas de Áreas Protegidas son una herramienta clave en el contexto de las acciones para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Nuestro país, tanto por haber ratificado el Convenio sobre Diversidad Biológica como por suscribir a la iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ha asumido compromisos explícitos de alcanzar diferentes metas relativas a la cobertura y objetivos de estas políticas.

Entre ellas se destacan, en primer lugar, la Meta Nacional 11a para la Conservación de la Diversidad Biológica y su Uso Sostenible que plantea conservar para 2020 el 15% de la superficie continental y el 2% de la superficie marina, y en segundo la Meta 1 del ODS 15 “*Vida en los Ecosistemas Terrestres*”, donde se busca velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce, así como los servicios que proporcionan.

Objetivo y descripción

El objetivo de este indicador es, por un lado, dar cuenta de los avances en el área del territorio nacional dedicada a diferentes espacios de conservación y, por otro, llevar un registro de la evolución en términos de superficie abarcada por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en todas las categorías de protección establecidas por la Ley 17.234 y su decreto reglamentario.

Relevancia ambiental

Un sistema de sitios dedicados a la conservación en pleno proceso de crecimiento da cuenta de una tendencia hacia mayores esfuerzos por abordar las causas de degradación de nuestros ecosistemas y generar nuevas oportunidades para un uso más sostenible de nuestra diversidad biológica.

Teniendo en cuenta que la incorporación de sitios se viene desarrollando en base a cumplir con metas de representatividad en materia de ecorregiones, paisajes, servicios ecosistémicos, ecosistemas amenazados y especies vulnerables al cambio climático, a mayor superficie de sitios de conservación de distinta índole mayor será la cobertura de la red en lo que concierne a estos indicadores.

Metodología

La metodología consiste en determinar y sumar la superficie, expresada en hectáreas, de las distintas categorías de conservación (Suelo protegido como Rural Natural por Instrumentos de Ordenamiento Territorial; Reservas de Biósfera de la UNESCO; Sitios RAMSAR y Áreas del SNAP). En la determinación de las superficies se tuvo en consideración la superposición de áreas ya que hay sitios con más de una figura de conservación (por ejemplo, son a la vez Área Protegida y Sitio Ramsar).

A su vez, se calculó la evolución del SNAP en función de si se trata de superficie continental o marina considerando el período 2008-2020.

Resultados, evaluación e interpretación

Sumando la superficie cubierta por la totalidad de las figuras de conservación consideradas, la cifra asciende a 1.516.759 hectáreas (**Figura 54**), lo que representa el 8.6% del territorio continental nacional. Ese territorio de más de 1 millón y medio de hectáreas comprende unas 220 mil de Áreas Protegidas del SNAP, 435 mil de Sitios RAMSAR.

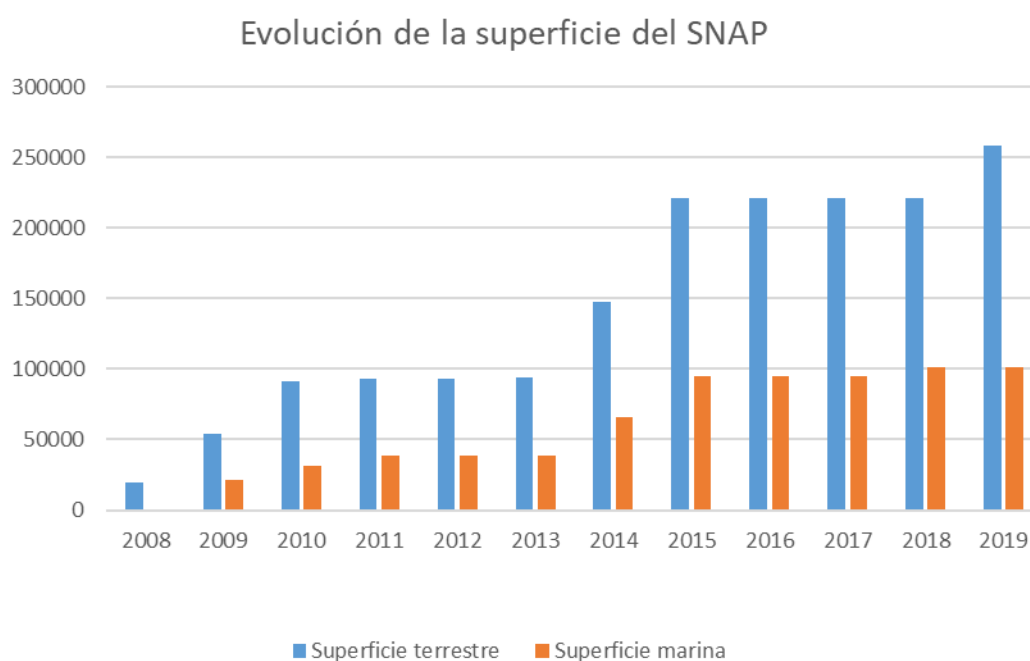


Figura 54: Evolución de la superficie del SNAP diferenciando entre superficie terrestre y marina.

Limitaciones

Este indicador no incluye una evaluación del estado de conservación, así como tampoco de la efectividad del manejo de las áreas o sitios.

Fuente de datos y autores

DINAMA. División Biodiversidad.

Bibliografía consultada

Suárez - Pérez C y Soutullo A. 2015. Documento Subsidiario N°1: Actualización de los objetivos de conservación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Uruguay. Componente continental y costero. En: Plan Estratégico 2015-2020 del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. DINAMA/MVOTMA. 47 pp.

Superficie transformada de ecosistemas naturales

Introducción

La evaluación regional sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas para las Américas de la *Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas* (IPBES por sus siglas en inglés), señala que el cambio en el uso del suelo, la fragmentación, y la sobreexplotación de los ecosistemas, son los mayores impulsores directos de la pérdida de la diversidad biológica y de las funciones y servicios de los ecosistemas, tanto a nivel local como regional, y en todos los biomas. La degradación de los hábitats y la conversión de tierras debido a los procesos de expansión e intensificación agrícola son las mayores amenazas directas a la diversidad biológica y las contribuciones de la naturaleza para las personas en la región de las Américas (IPBES, 2018).

En Uruguay, al igual que en el resto del mundo, la principal causa de pérdida de la biodiversidad es el cambio en los usos del suelo y la consecuente degradación de los ecosistemas naturales. De forma coherente con su condición de país agropecuario y orientado a la exportación de bienes primarios, una altísima proporción del territorio nacional está afectada a actividades productivas que en los últimos años se han visto expandidas e intensificadas, transformando ecosistemas naturales en agroecosistemas.

Objetivo y descripción

Este indicador busca evaluar la superficie de transformación de los ecosistemas naturales del Uruguay (bosques, pastizales, humedales y zonas costeras no intervenidas) a otros usos del suelo (e.g. áreas agrícolas o urbanas) en los últimos años.

De esa manera, se cuantifican y comparan los diferentes usos del suelo (p.ej. Herbáceo Natural, Plantaciones Forestales o Cultivos de diferentes tipos) entre los años 2000 y 2015 para identificar cuáles han aumentado su superficie y cuáles la han disminuido.

Relevancia ambiental

La forma en que este fenómeno se expresa a lo largo del tiempo y el espacio ha de ser cuidadosamente evaluado de manera de poder dar cuenta sobre uno de los factores principales causantes de la pérdida de biodiversidad y proceder al diseño de instrumentos de política que mitiguen sus impactos en la estructura de los ecosistemas y en los servicios que estos ofrecen a la sociedad (p.ej. a través de la elaboración de instrumentos de ordenamiento territorial que ordenen las actividades en cuencas consideradas de alto valor estratégico).

Metodología

La creación de la base de datos de cobertura del suelo, así como la detección de cambios para el período 2000-2015, se realizó siguiendo la metodología propuesta por FAO. Esta metodología se basa en el sistema de clasificación "Land Cover Classification System" (LCCS) desarrollado por la Global Land Cover Network de

la FAO y el PNUMA. La base de datos de cobertura del suelo se obtuvo a partir de la fotointerpretación de imágenes satelitales y se complementó con información adicional de otras instituciones e imágenes de Google Earth.

Resultados, evaluación e interpretación

Los resultados para el período 2000-2015 indican que los ecosistemas más afectados por el cambio en el uso del suelo fueron los pastizales naturales (arbustos, pastizales y zonas de escasa vegetación) con una disminución del 9% de su superficie (**Tabla 6, Figura 55**). Este cambio se da a expensas de un aumento de la superficie de campos de cultivos agrícolas y forestales (estos últimos se encuentran agregados en la categoría bosques junto con los bosques nativos).

Tabla 6: Cambio de cobertura de suelo entre 2000 y 2015 según clase de uso de suelo.

Clase Uso del suelo	Área ha 2000	Área ha 2015	Área cambio 2000 - 2015	% de cambio 2000 - 2015
Bosques	1.572.475	2.245.238	672.763	3.81
Arbustos, pastizales y zonas de escasa vegetación	11.709.673	10.094.020	-1.615.653	-9.16
Campos de cultivo	3.320.714	4.241.763	921.049	5.22
Humedales y masas de agua	852.017	867.452	15.435	0.09
Áreas artificiales	133.479	139.915	6.436	0.04
Áreas desnudas	49.15	49.119	-31	0
Área total	17.637.508	17.637.508		

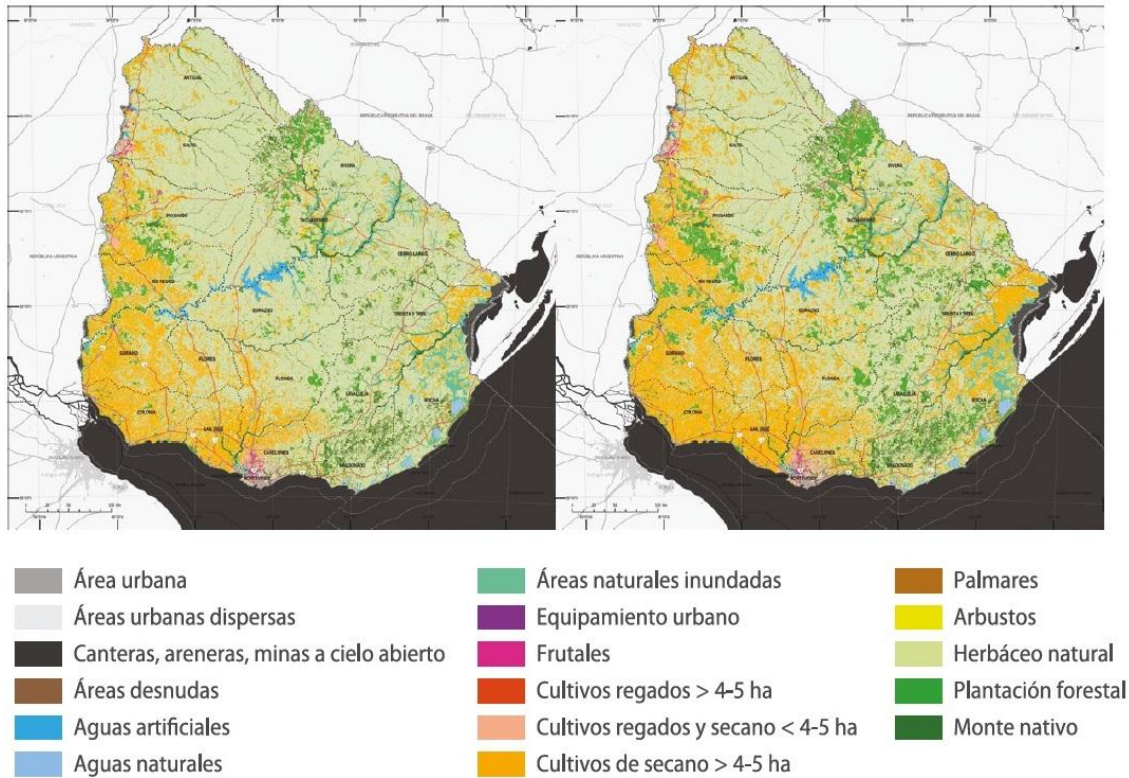


Figura 55: Cobertura del suelo a nivel nacional, años 2000 (izquierda) y 2015 (derecha) (presentado por la DINOT del MVOTMA y elaborada por esa Dirección en coordinación con la DGRN del MGAP).

Limitaciones

Los mapas de cobertura del suelo fueron elaborados a través de la interpretación de imágenes satelitales, la validación en campo del resultado indicó que el nivel de error en la clasificación es del 15% (FAO/MVOTMA, 2015).

Fuente de datos y autores

Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial (DINOT/MVOT).

DINAMA-MA. División Biodiversidad.

Bibliografía consultada

FAO/MVOTMA. 2015. Atlas de cobertura de suelos para Uruguay. Proyecto Fortalecimiento del conocimiento y la generación de Instrumentos de Ordenamiento Territorial Componente Cobertura del Suelo Proyecto TCP/URU/3401.

IPBES 2018. The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas. Rice, J., Seixas, C. S., Zaccagnini, M. E., Bedoya-Gaitán, M., and Valderrama N. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 656 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3236252>

SUELO

Introducción

El suelo es la base donde se sustentan los ecosistemas terrestres y desde ahí, la vida sobre la tierra. Provee de servicios tales como la producción de alimento para el consumo de materias primas como lo son la madera o las fibras vegetales; tienen un rol fundamental en el suministro y almacenamiento de agua dulce y es fundamental para sostener y mantener la diversidad biológica y sus recursos genéticos. Provee de servicios de regulación, participando de la modulación del clima y en la moderación de fenómenos extremos como lo son, los eventos de inundación o de sequía, contribuye al secuestro de carbono y al ciclaje de nutrientes (FAO, 2020). Además, es un compartimento fundamental de los ciclos biogeoquímicos y en términos generales, son sistemas muy eficientes para la retención de sustancias potencialmente dañinas para la salud de los organismos (Rodríguez-Eugenio et al., 2019; INIA, 2015).

La agricultura nos provee de alimento y es una actividad económica muy importante a nivel mundial. Sin embargo, un manejo inadecuado, puede promover la pérdida de suelo (mecanismo que se conoce como erosión), puede favorecer la contaminación de aguas superficiales y profundas, y puede afectar de manera muy significativa a la polinización, proceso esencial para la reproducción vegetal. Esto genera un circuito de efectos negativos: pérdida de estructura y fertilidad de suelo, pérdida de polinizadores, así como la pérdida de organismos capaces de controlar las plagas de manera natural, aumento en la demanda de insumos y deterioro de la calidad del agua debido a la baja capacidad de retención del suelo de nutrientes y fitosanitarios (FAGRO, 2015).

Para lograr una producción basada en la sostenibilidad de los recursos naturales, se han desarrollado, políticas orientadas a regular, controlar y promover el uso sostenible de los recursos suelo y agua con el objetivo de la protección y conservación de los mismos. El Decreto-Ley 15.239, de diciembre de 1981, regula el uso del suelo y declara de “interés nacional promover y regular el uso y la conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios”. En septiembre de 2009 se modificó su artículo 2 (Ley 18.564), para agregar que “todas las personas tienen la obligación de colaborar con el Estado en la conservación, el uso y el manejo adecuado de los suelos y de las aguas”. Por resolución ministerial del MGAP, en enero de 2013 se creó una herramienta para la conservación de suelos denominada planes de uso y manejo de suelos, con el propósito de cumplir con las leyes mencionadas y sus decretos reglamentarios, 333 de 2004 y 405 de 2008 (incorporado en 2015 a la Ley 19.335), sobre “uso responsable y sostenible de los suelos”.

Uruguay cuenta con aproximadamente 16,4 millones de hectáreas de suelo capaz de generar producción agropecuaria según el último Censo Agropecuario (2011, DIEA-MGAP). El 42% de la superficie está destinada

a ganadería (incluye carne, lana y leche), el 43% a agricultura (incluye agricultura extensiva tales como cultivos cerealeros e industriales y agricultura intensiva tal como producción frutícola, cítrica, vitivinícola y hortícola) y el 15% está destinado a forestación (MGAP, 2015). La magnitud y la intensidad del impacto que generan estas actividades sobre los recursos suelo y agua son variables y dependen mucho de factores de tipo productivo, como lo es el manejo de un establecimiento. Pero también depende de otros factores intrínsecos a nuestro territorio como lo es el clima, los tipos de suelo, la topografía, entre otros. En las explotaciones ganaderas extensivas las tasas de pérdida de suelos son bajas. Sin embargo, el sobrepastoreo contribuye de manera muy significativa a la degradación del suelo, mediante la disminución de la altura del tapiz vegetal, y la compactación por pisoteo, que aumenta la susceptibilidad a la erosión, especialmente en suelos limosos y arenosos y en periodos de prolongadas sequías (MGAP, 1989). En el mismo sentido, las tasas de pérdida de suelo de la siembra convencional son mucho mayor que la de siembra directa, ya que esta última impide que las gotas de lluvia golpeen directamente en la superficie del suelo evitando así las pérdidas por erosión. Los Planes de Uso y Manejo de suelos mencionados anteriormente están orientados al control de las tasas de erosión de actividades relacionadas con la producción agropecuaria (Ley Nº 15.239 y sus decretos reglamentarios). En cuanto a lo que se refiere al impacto del uso de suelo sobre la calidad de agua, las formas, la dosis y el momento de aplicación de fertilizantes, la aplicación de plaguicidas junto con la erosión, contribuyen al deterioro de los ecosistemas y la calidad del agua. El deterioro de la calidad de agua, tiene como una de sus manifestaciones más evidentes y notorias, las floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas.

Con el fin de cuantificar el impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua, la variación de la calidad del suelo y el grado de intensificación agrícola en los últimos seis años, se presentan dos indicadores: el aporte difuso de nutrientes a los cursos de agua y el estado de degradación de los suelos.

Bibliografía consultada

FAGRO, 2015. IV Simposio Nacional de Agricultura. Universidad de la República- Facultad de Agronomía. VII Encuentro de la SUCS, I Encuentro Regional de Políticas de Conservación de Suelos. *Buscando el camino para la intensificación sostenible para la agricultura*. Paysandú, Uruguay.

2019. XXII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, 2do Congreso Uruguayo de Suelos, X Encuentro de la SUCS. Diversidad Productiva: pilar del manejo sostenible de los suelos. Montevideo, Uruguay

INIA. 2015. Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas. INIA Tacuarembó, Uruguay.

MGAP. 1989. División de Suelos y Aguas, MGAP 1989- Carta de Degradación de suelos, citado por FAO en http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/proyecto/139jpn/document/4red/T-SIRT/infopais/URUGUAY/iurug.pdf, revisado el 26/8/20.

MGAP. 2015. Regiones agropecuarias del Uruguay. Estadísticas Agropecuarias Oficina de estadísticas agropecuarias (DIEA). MGAP.

MGAP. 2011, Oficina de estadísticas agropecuarias (DIEA). MGAP Consultado agosto 2020:
file:///C:/Users/mercedes.gelos/Downloads/censo2011.pdf

Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. 2019. La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO.

FAO.2020. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Consultado agosto 2020 en:
<http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

Ley Nº 15.239. USO Y CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS Y DE LAS AGUAS.
<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp4167014.htm>

Ley Nº 18.564. CONSERVACIÓN, USO Y MANEJO ADECUADO DE LOS SUELOS Y DE LAS AGUAS. Disponible en:
<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp5444557.htm>

Ley Nº 18.610. POLÍTICA NACIONAL DE AGUAS. PRINCIPIOS RECTORES. Disponible en:
<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp8379708.htm>

Estimación de aportes difusos de nutrientes a los cursos de agua superficiales

Introducción

Las fuentes de contaminación difusa (aportes difusos) provienen de las escorrentías de grandes áreas agrícolas o ganaderas que drenan hacia las aguas superficiales, cargadas de nutrientes y sedimentos. El fósforo (P) y el nitrógeno (N) son considerados los nutrientes más problemáticos para la calidad ambiental de aguas superficiales. Cuando los niveles en agua de estos nutrientes aumentan y las condiciones ambientales son favorables, se pueden producir eventos de crecimiento excesivo de plantas acuáticas, de microalgas o de cianobacterias que deterioran la calidad del sistema. Este deterioro se manifiesta desde cambios de color, olor y sabor, hasta serios problemas de salud relacionado a la liberación de cianotoxinas de las cianobacterias. Eventualmente, este crecimiento excesivo de microorganismos y plantas acuáticas puede disminuir los niveles de oxígeno del agua, cambiar las relaciones ecosistémicas entre comunidades y consecuentemente provocar la muerte de varias especies acuáticas y aves. En definitiva, se pierde calidad del sistema en cuestión e incluso se limita su uso para fines recreativos o de esparcimiento. Se utiliza el término eutrofización para describir esta problemática.

La estimación de cargas difusas de P y N, se puede realizar mediante varias aproximaciones metodológicas. La más simple es la de utilizar diferentes coeficientes de exportación según los usos del suelo (Reckhow et al., 1980; Salas, H. & Martino, P. 2001). Con esta metodología es posible estimar la cantidad de nutrientes que un área de suelo bajo un uso determinado exporta anualmente hacia el agua superficial. Estas estimaciones no son precisas para estimar cargas totales, pero son adecuadas para evaluar cambios de tendencias en el tiempo y comparar sistemas de manejo contrastantes. Esto se debe a que dentro de un mismo manejo de suelo pueden existir grandes variaciones en las exportaciones de P y N, dependiendo de

las condiciones específicas de cada zona y cada predio. Entre estas se puede citar tipo de suelo, pendiente, nivel de P disponible en el suelo y clima.

Objetivo y descripción

El objetivo es cuantificar la carga de P y N expresada en toneladas de nutrientes por año que se exporta (del suelo al agua) desde los principales usos de suelos 2015 a nivel país. Este indicador permite evaluar cambios de tendencias en el tiempo y comparar sistemas de manejo contrastantes.

Relevancia ambiental

Este abordaje sirve como una primera aproximación para evaluar el impacto de uso de la tierra sobre la calidad de agua y la variación de ese cambio de uso de suelo en el tiempo. Además, puede ser utilizado como una herramienta para evaluar zonas de mayor riesgo de exportación de nutrientes y ser utilizado como una herramienta para la gestión del ambiente asociando diferentes estrategias sobre el territorio. Asimismo, este modelo de estimación de cargas difusas de nutrientes, es utilizado como insumo para otros modelos de simulación más complejos en donde es posible evaluar el impacto de diferentes escenarios sobre la calidad de agua.

Metodología

El mapa de usos de suelo del año 2015 (FAO/MVOTMA, 2015) fue generado a partir del procesamiento digital de imágenes del satélite LANDSAT 5 TM del año 2015 con el uso de la metodología Land Cover Classification System de la Global Land Cover Network de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Esta metodología de cálculo asume que la distribución de uso de suelo es uniforme dentro de cada pixel. Los coeficientes de exportación son calculados de forma empírica, para cada tipo de uso, mediante la instalación a campo de parcelas de escurrimiento o cierre de microcuencas. Ante la ausencia de algunos coeficientes nacionales de exportación, se utilizó información de bibliografía validada por expertos nacionales (Perdomo, 2013) (**Tabla 7**). La carga de P y N se estimó multiplicando cada uso de suelo (pixel) por el coeficiente de exportación correspondiente. Debido al alto grado de incertidumbre de estos coeficientes, existen tres valores diferentes, correspondientes a tres Escenarios de Pérdida: Mínimo, Más Probable y Máximo. Para esta instancia, se utilizó el valor Más Probable.

Tabla 7: Coeficientes de exportación más probable para P y N según uso de suelo.

Coeficientes de Exportación (kg/ha/año)	PT	NT
Cultivos de verano	4,11	15,4
Pasturas	1,16	6,92
Rastrojo	1,1	3,2
Tierras aradas	0,85	7,35
Arroz y Caña de azúcar	0,75	1,11
Cultivos de invierno	0,35	7,35
Bosque Artificial	0,29	1,85
Áreas Desnudas	0,24	1,3
Campo Natural	0,24	1,33
Suelo Desnudo Urbano	0,24	9,97
Frutales	0,22	4,5
Bosque Natural	0,01	0,44

Resultados, evaluación e interpretación

Los usos de suelo que más aportan nutrientes son los cultivos de verano (soja, maíz, sorgo, etc) y las pasturas (con destino forrajero, pradera artificial o un campo natural mejorado). Mientras que los que menos nutrientes aportan a los cursos de agua son campo natural y monte nativo. Esto se refleja en la distribución asociada a las regiones agropecuarias en el territorio y el análisis de la variación temporal de uso de suelo, que podría reflejar las presiones macroeconómicas que llevan a una expansión agrícola o a una reconversión productiva (**Figura 56 y Figura 57, Tabla 8 y Tabla 9**). Las zonas con rangos máximos de exportación de N y P (que oscilan entre 0.8 y 1.8 ton/año para N y 0.2 a 0.5 ton/año para P) son la zona baja de la cuenca del Río Negro, la zona alta de la cuenca del Río Negro (asociado a una reconversión del uso de suelo de campo natural a agricultura de secano) y la cuenca del río San Salvador (zona central del núcleo cerealero del país). En la zona este (en la cuenca de la Laguna Merín) la producción arroceras junto a rotaciones agrícolas reflejan este rango de pérdida de nutrientes. Más al sur se observan zonas con rangos máximos que varían entre 0.3-0.6 ton/año de N y 0.1-0.14 ton/año de P asociado a la producción lechera (con predominio de cultivos forrajeros) distribuido principalmente en la cuenca del río Santa Lucía y otras cuencas de menor extensión en los Departamentos de San José y Colonia.

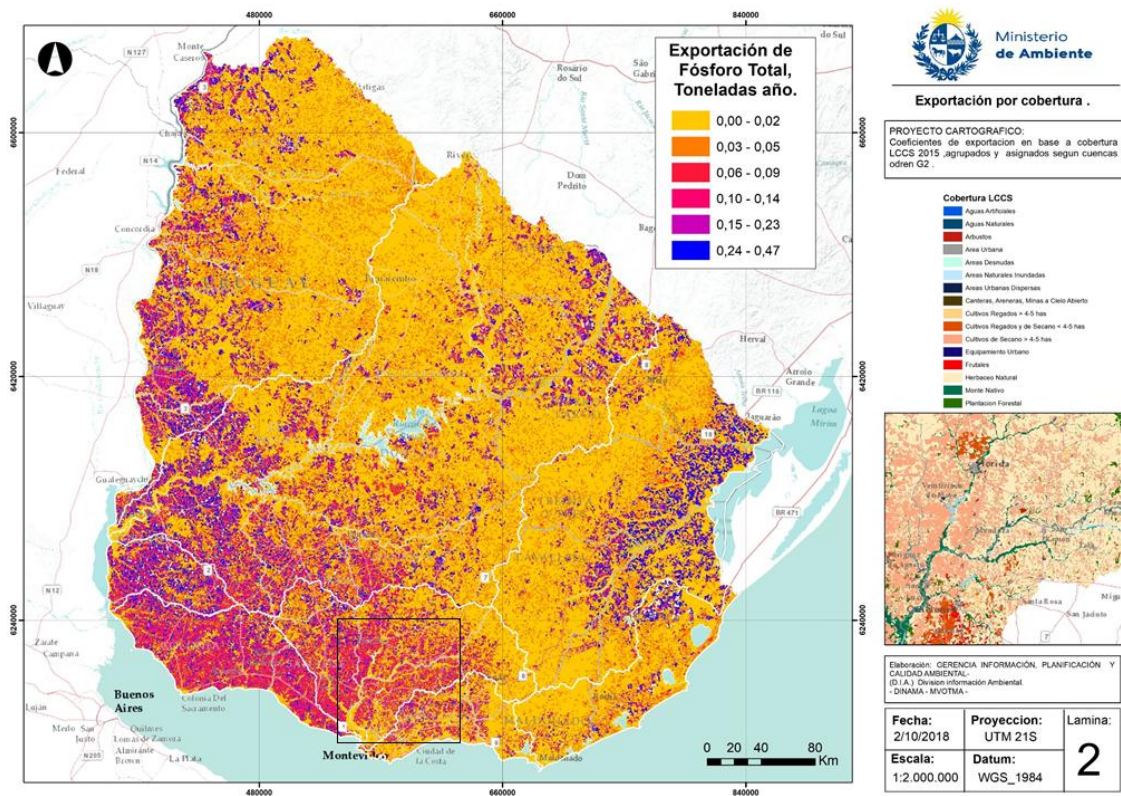


Figura 56: Estimación, a nivel nacional de la exportación de fósforo total (toneladas/año) de origen difuso en 2015. Las cuencas de primer orden se encuentran delimitadas por líneas blancas.

Tabla 8: Estimación de exportación de fósforo total por cuenca de orden 1 (2015).

Nombre de cuenca	PT (kg/año)	PT (t/año)
Río Uruguay	4.550.534	4.551
Río de la Plata	3.039.987	3.040
Océano Atlántico	501.465	501
Laguna Merín	1.674.791	1.675
Río Negro	7.170.469	7.170
Río Santa Lucía	2.772.620	2.773

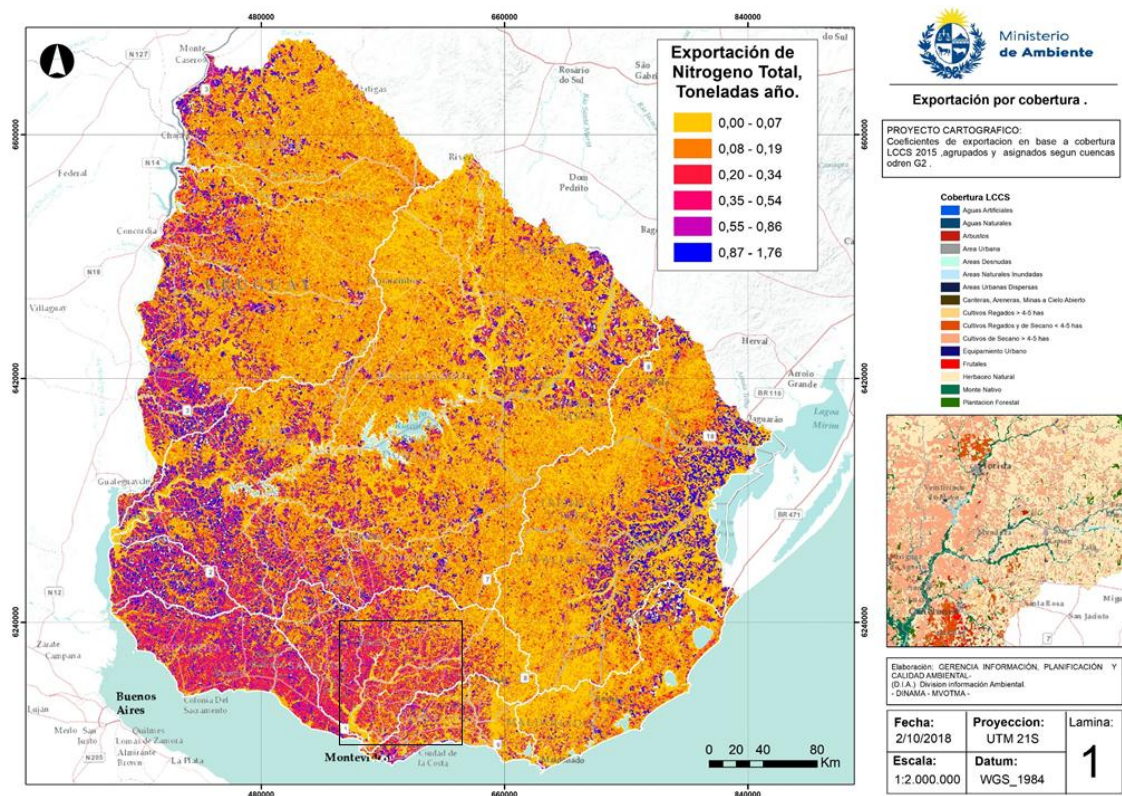


Figura 57: Estimación, a nivel nacional de la exportación de nitrógeno total (toneladas/año) de origen difuso en 2015. Las cuencas de primer orden se encuentran delimitadas por líneas blancas.

Tabla 9: Estimación de exportación de nitrógeno total por cuenca de orden 1 (2015).

Nombre de cuenca	NT (kg/año)	NT (t/año)
Río Uruguay	18.446.478	18.446
Río de la Plata	11.993.167	11.993
Océano Atlántico	2.202.128	2.202
Laguna Merín	6.629.660	6.630
Río Negro	29.185.298	29.185
Río Santa Lucía	10.905.253	10.905

Limitaciones

Los coeficientes utilizados tienen un amplio rango de incertidumbre, debido no solo a la incertidumbre implícita asociada al uso de esta metodología, sino además por la ausencia de datos nacionales para muchos usos de suelo y por el hecho de que los pocos datos nacionales disponibles fueron obtenidos de un solo sitio. Además, Marston et al., (1995), observaron que las cargas estimadas a partir de estudios de investigación- que es de donde provienen en general los valores de estos coeficientes- tienden a ser siempre inferiores a las mediciones de casos reales, debido a que generalmente los ensayos tienen un mejor manejo agronómico que las situaciones reales de producción.

La identificación de usos de suelo se realizó mediante la interpretación en gabinete de imágenes satelitales, pero sin apoyo de campo para dicha interpretación sobre los usos del suelo utilizados. Esto genera algunas limitantes que podrían sesgar el resultado. Por ejemplo, no se puede diferenciar entre cultivos de verano o invierno o entre praderas artificiales o campo natural mejorado. Esto tiene una implicancia directa en el resultado de las salidas de mapas de exportación de nutrientes ya que el coeficiente de cultivo de verano es cuatro veces mayor que el coeficiente de cultivos de invierno. Sin embargo, este limitante puede salvaguardarse si cada vez que se hace un mapa de exportación se toman los mismos criterios, pudiendo comparar los cambios en el uso de suelo y su potencial impacto en la calidad de agua en el tiempo. Seleccionar un uso u otro- por ejemplo: *cultivos de verano* o *praderas* abarca decisiones tales como decidir si esa área está destinada a la producción de cultivos forrajeros, a la implantación de una pradera artificial o si está incluida en una rotación agrícola con pastura. El criterio utilizado para la selección de un coeficiente u otro se basó en el uso predominante en la zona.

Es importante destacar que, en relación a los tambos, quedan excluidos de esta aproximación los aportes provenientes de los efluentes de la sala de espera y la sala de ordeño. Para los feedlots, los efluentes directos de las instalaciones de engorde, también quedan excluidos. Lo relacionado con el aporte de las aplicaciones de estiércol al campo sobre cultivos forrajeros o pasturas sí están contempladas con esta metodología.

Fuente de datos y autores

Los coeficientes de exportación fueron tomados de una consultoría realizada para MVOTMA-DINAMA por Perdomo (2013), la bibliografía internacional fue recopilada a partir de un trabajo de consultoría para MVOTMA-DINAMA (Perdomo, 2013). Adicionalmente, algunos coeficientes de exportación (ej: uso urbano) fueron tomados de otras fuentes bibliográficas internacionales (Endreny, T. & Wood, E., 2003; Lin, J. 2004; Rast, W & Lee, F. 1983). Este indicador fue elaborado por el Departamento de Evaluación Ambiental Integrada de la División Calidad Ambiental (MVOTMA-DINAMA). Los mapas de exportación fueron elaborados por la División de Información Ambiental de DINAMA.

Bibliografía consultada

Endreny, T. y Wood, E., 2003. Watershed Weighting of Export Coefficients to Map Critical Phosphorus Loading Areas. e Journal of the American Water Resources Association. 39:1

FAO/MVOTMA. 2015. Atlas de cobertura de suelos para Uruguay. Proyecto Fortalecimiento del conocimiento y la generación de Instrumentos de Ordenamiento Territorial Componente Cobertura del Suelo Proyecto TCP/URU/3401.

Lin, J. 2004. Review of Published Export Coefficient and Event Mean Concentration (EMC) Data. <http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/tnwrap04-3.pdf> Consultado el 29/3/16

Marston, F.; Young, W.; Davids, R. 1995. Nutrient generation rates Data book. CMSS CSIRO. 2da edición.

Perdomo, C. 2013. Metodología de Estimación de Aportes difusos de Nitrógeno y Fósforo a aguas superficiales desde suelos bajo uso agropecuario. Informe de Consultoría

Rast, W y Lee, F. 1983. Nutrient Loading Estimates for Lakes. Journal of Environmental Engineering 109

Reckhow K. H., Beaulac M.N and Simpson J. T. 1980. Modeling phosphorus loading and lake response under uncertainty: a manual and compilation of export coefficients. U. S. EPA, Washington, DC. EPA 440/5-80-011.

Salas, H. & Martino, P. 2001. Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales. Programa Regional CEPIS/HEP/OPS 1981-1990. Lima, CEPIS.

Estimación del Estado de Degradación de los Suelos

Introducción

El concepto de degradación de suelos es amplio e involucra los tres ejes de la gestión ambiental: económico, social y ambiental. Desde el punto de vista económico, en un país de base agropecuaria como el nuestro, los suelos degradados son suelos en los que se reduce su capacidad productiva, requiriendo más insumos (fertilizantes, plaguicidas, maquinaria, etc.), o sea más costos por unidad de producto obtenido y, por tanto, resulta en menor competitividad interna e internacional. Desde el punto de vista social, en estos suelos se pierde capacidad de empleo y por tanto se genera emigración hacia situaciones productivas más favorables, o se baja la calidad de vida si el desplazamiento no es posible. Finalmente, desde el punto de vista ambiental, la degradación de suelos no solamente afecta el recurso edáfico por sí mismo, sino también las aguas superficiales y subterráneas, así como la biodiversidad de las cuencas asociadas a los mismos.

Este indicador fue desarrollado en el marco del séptimo proceso de presentación de informes (2018) para la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD por su sigla en inglés). Este proceso fue realizado en forma coordinada por técnicos del MVOTMA y MGAP y validado en talleres donde participaron numerosas instituciones públicas y de la sociedad civil (Blum, A. com. pers., 2017).

Objetivo y descripción

El objetivo del indicador es mostrar la tendencia hacia la degradación, recuperación o mantenimiento de las condiciones del suelo en un período de 15 años. Esta información aporta a la meta a 2030 de “luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con efecto neutro en la degradación del suelo” (ODS 15.3).

Relevancia ambiental

Desde el punto de vista ambiental, este indicador puede ser utilizado para la elaboración de mapas de riesgo de degradación de suelo, evaluaciones territoriales de calidad de suelos, estudios de impacto ambiental y de evaluación ambiental estratégica, y planificación ambiental. Adicionalmente, desde el punto de vista productivo, también puede ser usado para evaluar la potencialidad o evolución de la degradación, estabilidad o mejora en el estado de los suelos que ha ocurrido entre los años 2000 y 2015, con fines de producción agropecuaria y forestal.

Metodología

Para su cálculo se utilizó la Metodología de Neutralidad de la Degradación de la Tierra, propuesta por la UNCCD, en una comparativa de los años 2000 y 2015, que resume el análisis de tres indicadores: el cambio en el uso del suelo, el cambio en la productividad de la tierra y el cambio en el contenido de carbono orgánico del suelo, expresados en base cartográfica para toda la superficie de Uruguay. Es una metodología "one out-all out", es decir que se superponen las tres capas cartográficas y si en cualquier punto del territorio al menos una de las tres ofrece un valor negativo en determinado punto, en el mapa final resultante, ese punto indica degradación del suelo.

El mapa de Cobertura del suelo es generado a partir del procesamiento digital de imágenes del satélite LANDSAT 5 TM con el uso de la Metodología de la Clasificación de Cobertura de suelo (LCCS por su sigla en inglés) de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO/MVOTMA, 2015), valorada en Km².

La productividad de la tierra, se estima a través del Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (IDNV), según valores por defecto obtenidos del Programa de Establecimiento de Neutralidad de la Degradación de Tierras (UNCCD, 2016). Se integra con tres sub-indicadores uno que compara la evaluación de productividad, otro el estado comparando registros trimestrales para disminuir la variación estacional y otro de performance, comparando con ecosistemas similares.

El contenido de Carbono Orgánico del Suelo, es el nivel nacional estimado de la reserva de carbono orgánico del suelo (SOC) en la capa superior del suelo (0-30 cm) en cada tipo de cubierta terrestre (en toneladas por hectárea), estimado por defecto del Mapa de Carbono (MGAP) (citado por Blum, A. com. pers., 2017), se compara con el cambio de uso de la tierra y permite estimar variaciones.

Resultados, evaluación e interpretación

En los últimos 15 años el sector agropecuario (principalmente los cultivos agrícolas extensivos y la producción lechera) ha intensificado su producción por unidad de superficie, lo que ha significado una mayor presión sobre el recurso suelo. Esto se refleja claramente en la **Figura 58** donde observan las zonas de suelos degradados en color rojo, las zonas que han permanecido estables en color crema y las zonas donde los suelos se han recuperado en color verde. De esta forma, las zonas agrícolas de secano del litoral oeste y

de plantación de arroz en el este presentan muchos lugares con suelos que se han degradado. Esto también se observa en la zona centro-sur, antes ganadera, donde la expansión del cultivo agrícola (básicamente rotaciones con alta intensidad de cultivo de soja) también han generado condiciones de degradación. Finalmente, en la zona sur, correspondiente a la cuenca lechera, la intensificación productiva experimentada por la mayoría de las unidades productivas lecheras, también generó condiciones frecuentes de degradación actuales (datos del 2015), tomando como línea de base la situación de suelos en el año 2000. Esta superficie degradada representa, en su totalidad, el 21% del territorio nacional. Según la metodología utilizada, las zonas forestales o con cobertura de monte natural se presentan como zonas donde hubo recuperación del suelo. Éstas corresponden principalmente a las zonas forestales del litoral y norte del país, y en menor medida la zona este, sureste y centro-este, donde además del incremento de plantaciones forestales se ha constatado un aumento de la superficie de monte natural. El monte natural representó el 8% del total nacional. En el 65% del territorio las condiciones permanecieron sin cambios. Estas áreas se asocian principalmente a zonas donde se realiza el pastoreo extensivo de vacunos y ovinos.

En el año 2015 el 26% del suelo en territorio nacional se degradó, el 8% se recuperó y el 65% permaneció incambiado, en comparación con el año 2000 (**Figura 58**).

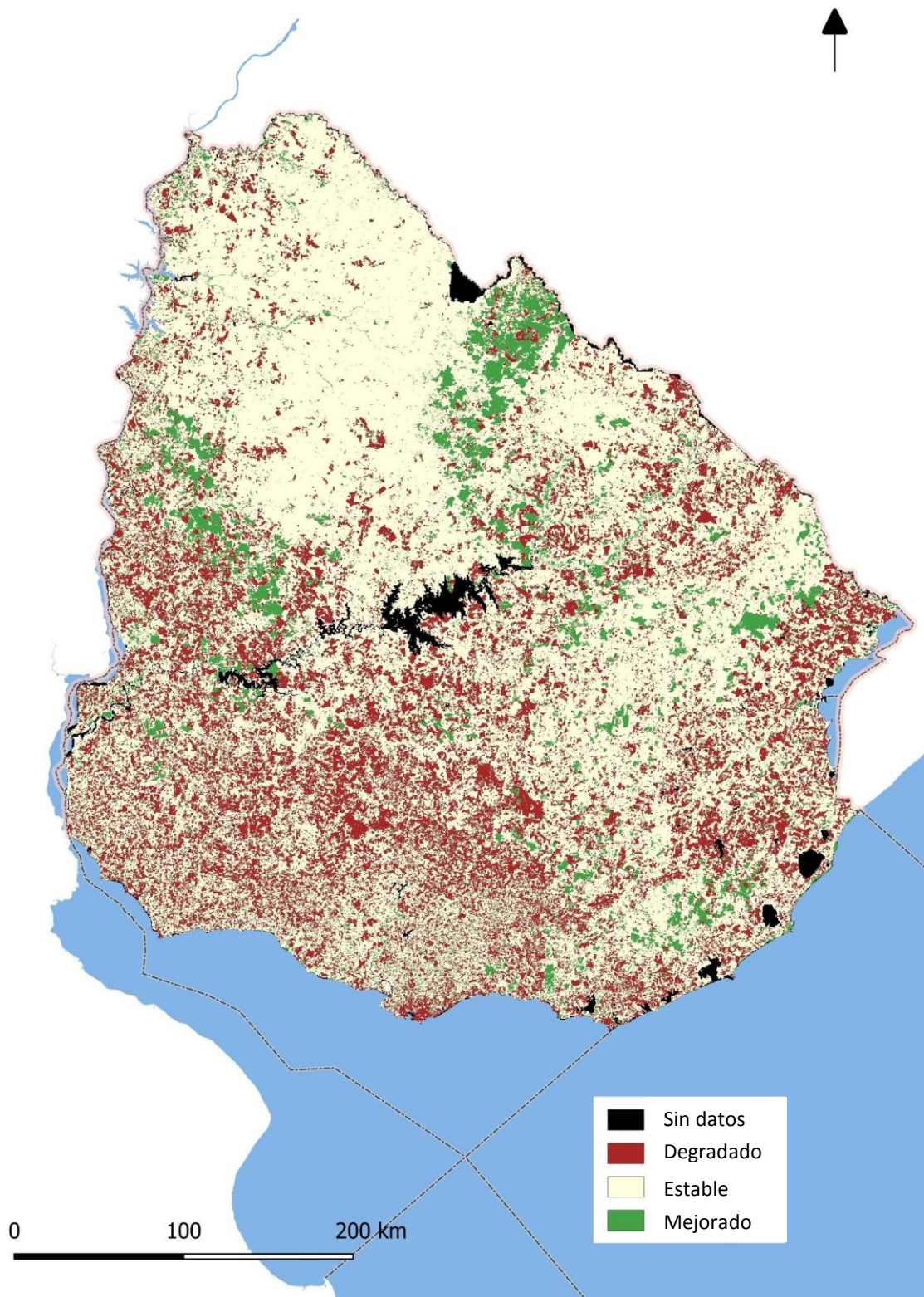


Figura 58: Comparativa del estado de degradación de los suelos entre los años 2000 y 2015.

En los últimos años el estado de degradación de los suelos evolucionó de la siguiente manera (**Figura 59**):

- Un 65% de la superficie de los suelos del país permaneció en situación estable. Principalmente esto ocurrió en praderas naturales del país donde aún se realiza el pastoreo extensivo de ganado bovino

y ovino (suelos de basalto del Norte, serranías del Este y diversas formaciones de suelos de todo el país).

- Un 26% de los suelos se degradó. Esto corresponde principalmente a suelos con alto grado de intensificación productiva (básicamente cultivos de secano, cultivos forrajeros, y cultivo de arroz), que se realizaron y en ese orden en el litoral oeste y centro del país, el sur y centro sur, y el este del territorio nacional.
- Un 8% de los suelos se consideran que han mejorado en su condición, en el lapso de 15 años en que se realizó la comparación. Estos suelos corresponden al área cubierta por montes naturales y forestaciones.
- Finalmente, el 1% corresponde a áreas cubiertas por espejos de agua, donde lógicamente no corresponde la evaluación en cuestión.

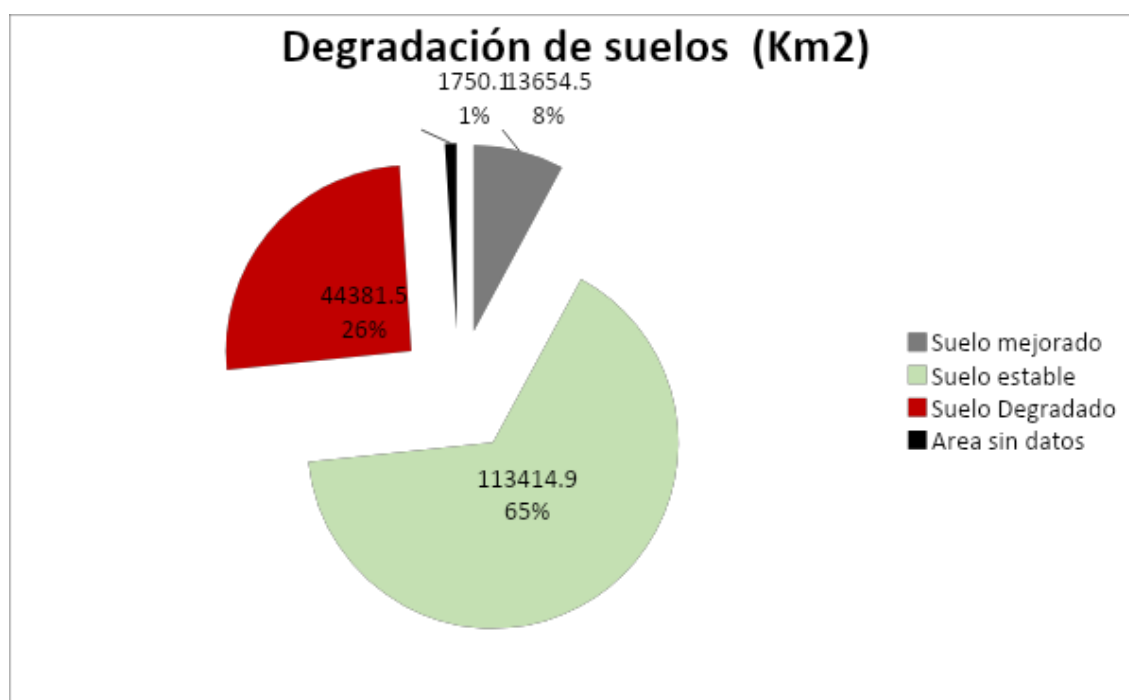


Figura 59: Cuantificación del estado de degradación de los suelos entre los años 2000 y 2015.

Limitaciones

El concepto de degradación de suelos es amplio y complejo y tiene consideraciones ambientales y productivas que interactúan entre sí. En este caso, se utilizó la mencionada metodología de la UNCCD que integra tres indicadores para definir la degradación de suelos. Dependiendo del enfoque, serán las conclusiones obtenidas. Por ejemplo, en esta metodología no se considera evaluar la erosión del suelo de forma directa.

Como otras limitaciones, también puede mencionarse:

- El uso de valores por defecto, en los casos que no se contaba con información nacional.

- Algunas interpretaciones implícitas en la metodología (por ejemplo, que todos los suelos forestados han evolucionado positivamente).

Fuentes de datos y autores

MVOT-DINOT. Área Planificación y Ordenamiento Ambiental del Territorio.

MA-DINAMA. Departamento Evaluación Ambiental Integrada. División Calidad Ambiental.

Bibliografía consultada

FAO/MVOTMA. 2015. Atlas de Cobertura del Suelo del Uruguay. Cobertura del Suelo y Detección de Cambios 2000-2011. FAO & MVOTMA-DINOT.

Mapa de Carbono (MGAP) -

<http://web.renare.gub.uy/media/suelos/informes/MapeoCarbonoCLMInforme.pdf> consultado el 21/09/2018

Metodología de la Clasificación de Cobertura de suelo (FAO)

<http://www.fao.org/geospatial/projects/detail/en/c/1035672/> consultado el 21/09/2018.

Programa de Establecimiento de Neutralidad de la Degradación de Tierras (UNCCD) -

<https://www.unccd.int/actions/ldn-target-setting-programme>, consultado el 21/09/2018

COSTA

Introducción

Las áreas costeras de Uruguay poseen valor ecosistémico y paisajístico excepcional, siendo el territorio con mayor densidad de población humana permanente y temporal asociada al turismo. Una costa saludable es indispensable para garantizar la permanencia de especies y procesos ecosistémicos clave para el bienestar humano, incluyendo la resiliencia frente a eventos extremos vinculados al cambio y la variabilidad climática entre muchos otros. Sin embargo, las actividades humanas han generado y continúan generando presiones y transformaciones en los sistemas costeros.

La DINAMA en conjunto con otras instituciones nacionales y departamentales, realizan monitoreos de las lagunas costeras y playas de la costa atlántica y del Río de la Plata desde hace 3 años en el caso de las lagunas y 6 años en las playas.

En este informe se presentan dos indicadores: uno referente al estado trófico de las lagunas costeras basado en concentración de fósforo y de nitrógeno total, y otro sobre la aptitud para baños de las playas basado en la concentración de coliformes termotolerantes y la presencia/ausencia de espuma de cianobacterias.

Eutrofización de las lagunas costeras José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos

Introducción

En la costa atlántica de Uruguay se ubica un sistema de lagunas costeras de agua salobre, compuesto por la Laguna de José Ignacio, la Laguna Garzón, la Laguna de Rocha y la Laguna de Castillos (**Figura 60**). Éstas son sistemas someros que se conectan periódicamente con el océano a través de la apertura de un canal en la barra de arena que las separa del mar. Son ecosistemas muy destacados por su biodiversidad y de prioridad para la conservación a nivel nacional e internacional. A pesar de su relevancia ecológica, existen indicios de que las mismas están sufriendo un proceso de eutrofización posiblemente asociado al cambio en los usos del suelo, siendo las zonas urbanas y agrícolas las dos principales fuentes de nutrientes, sumado a la apertura artificial de sus barras y a la construcción de infraestructuras rígidas sobre las mismas (puentes y viviendas).

La eutrofización se define como un proceso de deterioro de la calidad del agua, que se origina por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, y el consecuente aumento de productores primarios, condicionando la utilización del recurso y ejerciendo grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional. Cabe destacar, que la eutrofización de los sistemas acuáticos es

un proceso que depende de la combinación de variables físicas, químicas y biológicas. En este sentido, las concentraciones de fósforo total y nitrógeno total se definen como unas de las variables más significativas para caracterizar el proceso de eutrofización, por lo cual se utilizan como indicadores para evaluar el grado de avance de este fenómeno.

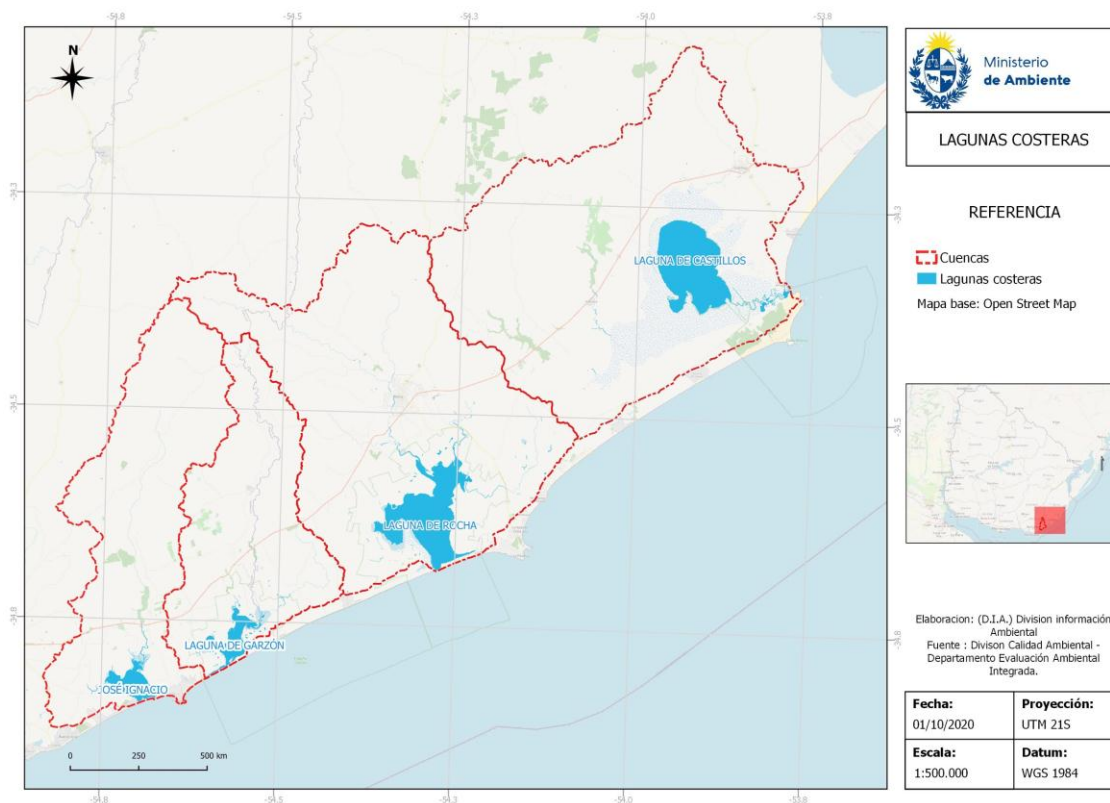


Figura 60: Ubicación de las lagunas costeras José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos en Uruguay.

Objetivo y descripción

Clasificar según los niveles de concentración de fósforo total y nitrógeno total, la vulnerabilidad de las frente al proceso de eutrofización de las lagunas costeras de José Ignacio, Garzón, Rocha y Castillos, así como de sus principales tributarios.

Relevancia ambiental

El sistema de lagunas costeras tiene una elevada importancia social y económica, debido a que sustentan importantes servicios ecosistémicos intensamente utilizados por la población, como ser las pesquerías artesanales continentales más destacadas de la costa y un creciente ecoturismo (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017, 2010; DINAMA 2018, 2019). A su vez, representan sitios de prioridad nacional e internacional para la conservación, debido a su alta diversidad de aves, singularidad de formaciones vegetales y paisajes característicos. Por estas razones, estos sistemas integran la Reserva de Biosfera (Bañados del Este), son

áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Laguna de Garzón y de Rocha, de Castillos se encuentra en proceso de ingreso) o departamentales y Sitios Ramsar (Laguna de Castillos y Laguna de Rocha).

Metodología

Para el presente informe se utilizaron los datos proporcionados por el programa interinstitucional de monitoreo de lagunas costeras, realizado por: DINAMA (MA) – DINARA (MGAP) – OSE – CURE (UDELAR) – Intendencia de Rocha (IDR). Se consideró el período de monitoreo comprendido entre enero 2017 y diciembre de 2019.

Los niveles de concentración de cada indicador de eutrofización se determinaron en base a la frecuencia de distribución de los datos y los criterios de clasificación del estado trófico de la OCDE (1982), Dodds (1998), Lamparelli (2004) y la mesa técnica de agua (DINAMA, 2017) (**Tabla 10**).

Tabla 10: Niveles de concentración de PT y NT de las lagunas costeras con sus respectivos rangos de y escala cromática.

Nivel de concentración	PT ($\mu\text{g P /L}$)	NT (mg N /L)	Color
Bajo	< 10	< 0,1	
	10 - 20	0,1 - 0,3	
	20 - 25	0,3 - 0,5	
Medio	25 - 35	0,5 - 0,9	
	35 - 40	0,9 - 1,2	
	40 - 50	1,2 - 1,5	
Alto	50 - 70	1,5 - 3,0	
	70 - 90	3,0 - 4,5	
	> 90	> 4,5	

Resultados, evaluación e interpretación

El estado de las lagunas costeras en relación a sus concentraciones de nutrientes, se encuentra dentro de los rangos medio y alto según la concentración de fósforo total (PT), y en los rangos bajo y medio según la concentración de nitrógeno total (NT). Estos resultados (Figura 61 y Figura 62), junto con los indicios de un aceleramiento del proceso de eutrofización antrópica referidos en estudios específicos (Pérez *et al.* 1999, Aubriot *et al.* 2005), sugieren que estos ecosistemas son altamente vulnerables al proceso de eutrofización, con las consecuencias ecosistémicas y ambientales que ello implica, como ser: la reducción de la biodiversidad, empobrecimiento de la trama trófica, pérdida de servicios ecosistémicos, entre otros.

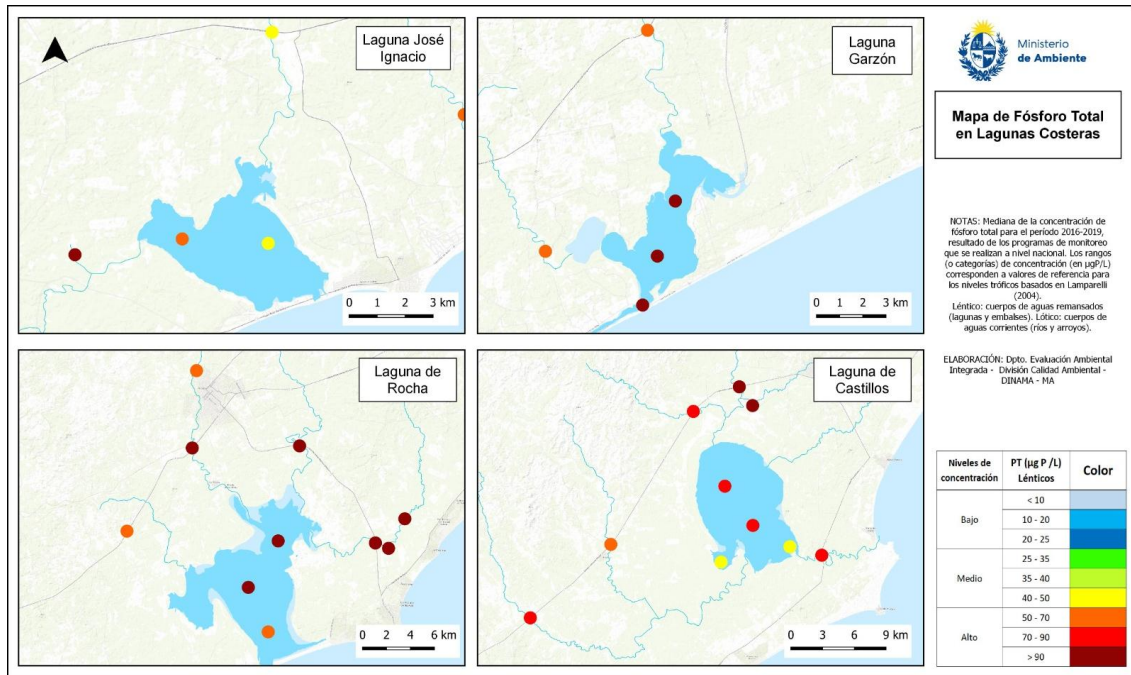


Figura 61: Eutrofización asociada al nivel trófico según la concentración de fósforo total en los cuerpos de agua de las cuencas de las lagunas costeras.

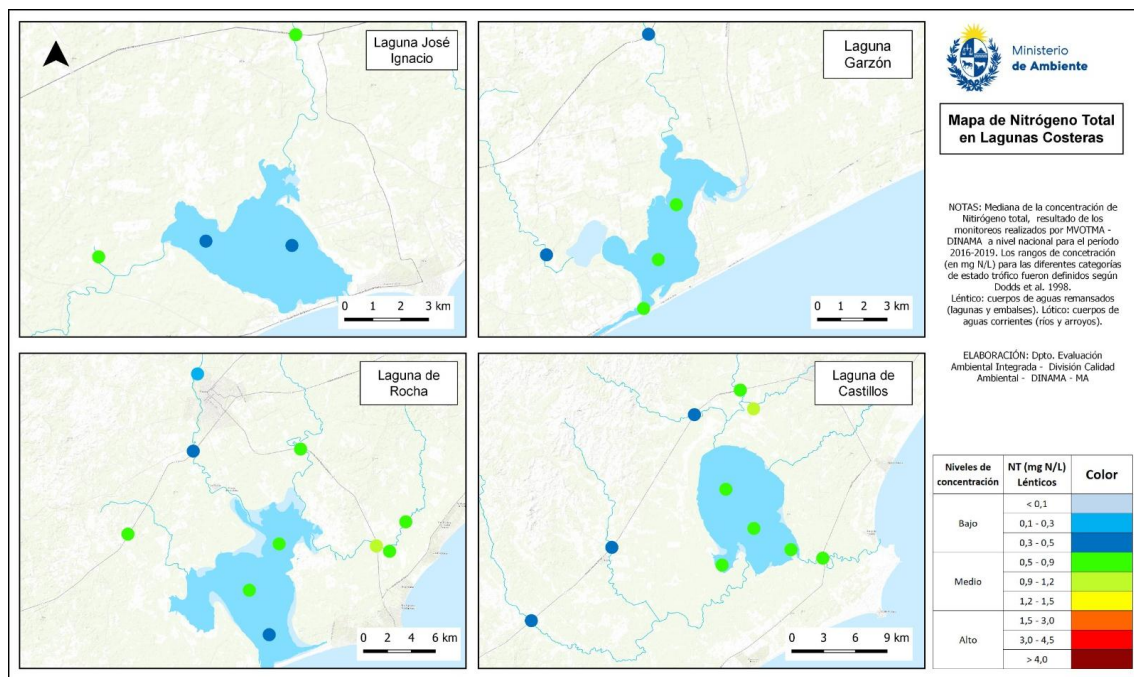


Figura 62: Eutrofización asociado al nivel trófico a la concentración de nitrógeno total en los cuerpos de agua de las cuencas de las lagunas costeras.

Los arroyos tributarios más comprometidos en su calidad, son el arroyo Las Conchas y La Palma (tributarios de la Laguna de Rocha) y la Cañada de los Olivera (tributario de la Laguna de Castillos). La calidad se ve afectada principalmente en relación a compuestos de fósforo. En el caso de la Laguna de Rocha, las elevadas concentraciones se relacionan directamente con el uso agrícola de las subcuencas de los mencionados tributarios. En el caso de la cañada Los Olivera (tributario de la Laguna de Castillos), las altas concentraciones de nutrientes provienen de fuentes puntuales aportadas desde la ciudad de Castillos.

Limitaciones

Para darle seguimiento a este indicador es necesario garantizar la continuidad del programa de monitoreo que aporte información robusta y actualizada en el tiempo.

Fuentes de datos y autores

MA-DINAMA. Departamento de Evaluación Ambiental Integrada. División Calidad Ambiental.

Convenio de cooperación técnica y científica entre el MVOTMA (DINAMA) - UdelaR (CURE) para el monitoreo de las lagunas costeras de Uruguay.

Acuerdo de cooperación técnica MVOTMA (DINAMA) – OSE – IDR – MGAP (DINARA), para la implementación de un plan de monitoreo para las Lagunas Costeras de Uruguay.

Bibliografía consultada

Aubriot, L., Conde, D., Bonilla, S., Hein, V. y Brito, A., 2005. Vulnerabilidad de una laguna costera reserva de biosfera: indicios recientes de eutrofización. En: Vila, I. y Pizarro, J., ed. Taller Internacional de Eutrofización y Embalses CYTED VXIIB. Santiago de Chile: Patagonia Impresores. pp. 65-87

Bonilla, S., Conde, D., Aubriot, L., Rodríguez-Gallego, L., Piccini, C., Meerhoff, E., Rodríguez-Graña, L., Cliari, D., Gómez, P., Machado, I., Britos, A., 2006. Procesos estructuradores de las comunidades biológicas en lagunas costeras de Uruguay. In: Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (Eds.), Bases para el manejo y conservación de la costa uruguaya. Vida silvestre Uruguay, Montevideo. 667 pp.

Conde D., Sommaruga R. & Aubriot L. 1998. Underwater UV radiation field in a brackish coastal lagoon associated to extreme DOC gradients I: Optical aspects XXVII Internat Congress of Limnology (S I L) (Dublin) 09- 15/08/98

DINAMA. 2018. Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios. MVOTMA-DINAMA. Diciembre 2018

Espinosa, N. (2017). Rol de *Neomysis Americana* (crustacea: mysinae) en los flujos de carbono en una laguna costera de la costa atlántica uruguaya. Tesis de maestría, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias - PEDECIBA.

Kjerfve B. (1994). Coastal Lagoons Processes. Elsevier Oceanography Series (60), Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

Perez MC, Bonilla S, De Leon L, Smarda J & J Komarek (1999). A bloom of *Nodularia baltica* group (Cyanobacteria) in a shallow coastal lagoon of Uruguay, South America. *Algological Studies*, 93: 91-101

Rodríguez-Gallego L., E. Meerhoff, L. Poersch, L. Aubriot, C. Fagetti (2008). Establishing limits to aquaculture in a protected coastal lagoon: Impact of *Farfantepenaeus paulensis* pens on water quality, sediment and benthic biota. *Aquaculture*, (277): 30–38.

Rodríguez-Gallego L, Meerhoff E, Clement JM & D Conde (2010). Can ephemeral proliferations of submerged macrophytes influence zoobenthos and water quality in coastal lagoons? *Hydrobiologia*, 646: 253–269.

Rodríguez-Gallego L., Achkar M., Defeo O., Vidal L., Meerhoff E., Conde D. (2017). Effects of land use changes on eutrophication indicators in five coastal lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean.

Categorías de calidad de agua para baño de las playas: Río de la Plata y Océano Atlántico

Introducción

La aptitud del agua de recreación por contacto directo, se evalúa semanalmente siguiendo la "Guía para definir la aptitud y categorización de las playas" (DINAMA 2020). Esta guía propone que la aptitud de las playas sea definida principalmente en base a los valores de referencia propuestos por el grupo de trabajo GESTA-AGUA (2008), que tiene en cuenta la concentración de coliformes termotolerantes y la presencia o ausencia de espuma de cianobacterias. La cantidad de días aptos de una playa en una temporada, es el principal factor para determinar la categoría de calidad para baños de esa playa en esa temporada.

La vigilancia de las playas es realizada por los equipos técnicos de las Intendencias Departamentales. Desde 2013 las intendencias de la costa fluvial, estuarina y marina del sur y este del Uruguay iniciaron la Red de Monitoreo de Playas bajo la coordinación de DINAMA. En la zona fluvial se consideran las playas del departamento de Colonia hasta la playa Kiyú de San José. La zona estuarina va desde la playa Pascual de San José hasta la playa San Francisco Este de Maldonado. La zona marina contempla todas las playas desde Solanas (Maldonado) hasta la frontera con Brasil.

La información es ingresada por los técnicos de las respectivas intendencias al Sistema de Información Ambiental (SIA) de la DINAMA, quedando disponible al público a través del Observatorio Ambiental Nacional (OAN) en las secciones "datos abiertos", "documentos" y "geoportal".

Objetivo y descripción

Clasificar las playas de las zonas fluvial, estuarina y marina del Río de la Plata y Océano Atlántico que integran la Red de Monitoreo de Playas, en categorías de calidad para baños: Excelente, Muy buena, Buena, Aceptable y No apta.

Relevancia ambiental

En Uruguay está ampliamente extendido el uso de las playas como áreas de recreación, especialmente durante el periodo estival.

Las descargas sin tratamiento adecuado de efluentes cloacales son una de las principales fuentes de contaminación de las zonas costeras. En éstas, un gran número de bacterias patógenas y virus coexisten en el agua, y algunas de ellas representan un riesgo para la salud por la propagación de enfermedades para los bañistas. Entre los organismos presentes en el agua, las bacterias del grupo coliformes termotolerantes son consideradas uno de los indicadores más frecuentes de contaminación fecal. Por este motivo es que son ampliamente utilizadas en los programas de monitoreo de calidad del agua. Adicionalmente, los vertidos domésticos contienen alta concentración de nutrientes, los que contribuyen a la eutrofización de los

cuerpos de agua y la zona costera. Una de las consecuencias más notorias de la eutrofización es el desarrollo de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas, que también pueden afectar la salud de los usuarios de las playas, comprometiendo la calidad del agua de recreación.

Las floraciones de cianobacterias tienen la peculiaridad de ser visibles a simple vista y generar un impacto significativo cuando alcanzan altas densidades. El primer registro de floración de cianobacterias tóxicas en la costa uruguaya del Río de la Plata data de 1999 (De León & Yunes, 2001) en playas del Departamento Colonia. En el verano del 2019 la floración de cianobacterias se registró desde la costa de Colonia hasta la de Rocha en un evento inusual provocado, entre otros factores, por las precipitaciones muy abundantes al norte y centro norte del país, como no se habían dado en años anteriores (UdelaR, 2019).

Metodología

Las categorías de calidad del agua para baños recreativos se definen principalmente en función de la frecuencia (en porcentaje) de días aptos (frecuencia de aptitud) que tiene cada playa. La frecuencia de aptitud, es evaluada en dos escalas temporales: a nivel de quinquenio y a nivel de cada temporada, lo cual a su vez define una categoría de calidad para todo el quinquenio (2014-2019), y por otro lado una categoría de calidad para cada temporada de ese quinquenio.

Las cinco categorías van desde "no apta" hasta "excelente" (**Tabla 11**). La categoría "Excelente", debe registrar el 100% de sus días aptos, pero además, ausencia total de cianobacterias y valores puntuales de coliformes termotolerantes siempre menores a 2000 UFC/100ml. Por lo tanto, solo aquellas playas que cumplieron con esas dos condiciones y además tuvieron el 100% de sus días monitoreados aptos, fueron clasificadas como Excelentes.

Tabla 11: Categorías de calidad de agua para baños de las playas (adaptado de la Guía para definir la aptitud y categorización de las playas, DINAMA 2020).

Categoría	Indicador
	Frecuencia de aptitud para baños
Excelente	100%, con ausencia de cianobacterias y datos puntuales de coliformes termotolerantes <2000 UFC/100ml
Muy buena	81-100%
Buena	61-80%
Aceptable	50-60%
No apta	<50%

El indicador de calidad de agua para baños requiere una serie de pasos para su determinación:

- i Evaluar la aptitud para baño, por playa, por período de estudio;

- ii Determinar la frecuencia de aptitud por playa para el último quinquenio y para cada temporada de verano;
- iii Analizar las condiciones puntuales de aptitud en las playas 100% aptas;
- iv Establecer las categorías de calidad de agua para baños, en las zonas fluvial, estuarina y marina para el quinquenio y para cada temporada del quinquenio.

i-Evaluación de la aptitud para baños de las playas

La aptitud del agua de recreación de cada playa se evaluó en función de la densidad de coliformes termotolerantes y el nivel de desarrollo de floraciones de cianobacterias, según se indica en la **Tabla 12**. Esta evaluación se realizó dentro de cada temporada de baños, las cuales inician el 1 de diciembre y se extienden hasta el 31 de marzo del año siguiente.

Tabla 12: Valores de coliformes termotolerantes y estadíos de cianobacterias para determinar la Aptitud/No aptitud del agua de recreación según GESTA-Agua 2008 y Decreto 253/79 y modificativos (adaptado de la Guía para definir la aptitud y categorización de las playas, DINAMA 2020).

Condición	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)	Floración de cianobacterias
Apto	MG5*<1000	Ausencia o Estadío 1 (cianobacterias dispersas)
No apto	MG5*>1000	Estadío 2 (visible a 5 m)

* media geométrica de cinco muestras consecutivas, tomadas dentro de un período de 45 días.

ii- Frecuencia de aptitud por playa y por temporada o período de estudio (basada en Tabla 11).

La frecuencia de aptitud de cada playa se calculó de dos formas: teniendo en cuenta todos los datos del quinquenio juntos (2014 al 2019), y teniendo en cuenta los datos de cada temporada del quinquenio por separado, según la siguiente ecuación:

Frecuencia de Aptitud para el quinquenio: n° total de días muestreados aptos en el quinquenio x $100/n^\circ$ total de días muestreados en el quinquenio.

Frecuencia de Aptitud de la temporada "x": n° total de días muestreados aptos en la temporada "x" x $100/n^\circ$ total de días muestreados en la temporada "x".

iii - Condiciones adicionales de aptitud en las playas 100% aptas

Definidas las frecuencias de aptitud de cada playa (en cada escala temporal), se analizaron aquellas que resultaron 100% aptas, a fin de establecer si cumplen con las dos condiciones adicionales para determinar su condición de Excelente. Dichas condiciones son: ausencia de cianobacterias y valores puntuales de coliformes termotolerantes menores a 2000 UFC/100ml durante el período de estudio.

iv- Definición de las categorías de calidad.

Una vez obtenida la frecuencia de aptitud de cada playa y verificadas las condiciones adicionales en las playas con 100% de aptitud, se realizó la clasificación de las mismas teniendo en cuenta los criterios y escala cromática establecidos en la **Tabla 11**. Se realizó una clasificación de cada playa para el quinquenio y una clasificación de cada playa para cada temporada.

Resultados

En el periodo 2014 a 2019 se monitorearon 49 playas de la costa fluvial, estuarina y marina (desde Colonia a Rocha), en el marco de la Red de Monitoreo de Playas. Considerando los resultados para todo el quinquenio, la mayoría de las playas de la zona fluvial y estuarina presentaron una calidad de agua para baños "Muy buena" (**Figura 63**). En la zona oceánica todas las playas (a excepción de La Coronilla) fueron clasificadas como "Excelentes". Solo dos playas de la zona fluvial (Verde y Ferrando) fueron clasificadas como "No aptas" al considerar todos los datos del quinquenio. Esto significa que, aunque hubo días que resultaron aptos, representaron menos del 50% de los días monitoreados en el quinquenio, y, por lo tanto, predominó la "no aptitud".

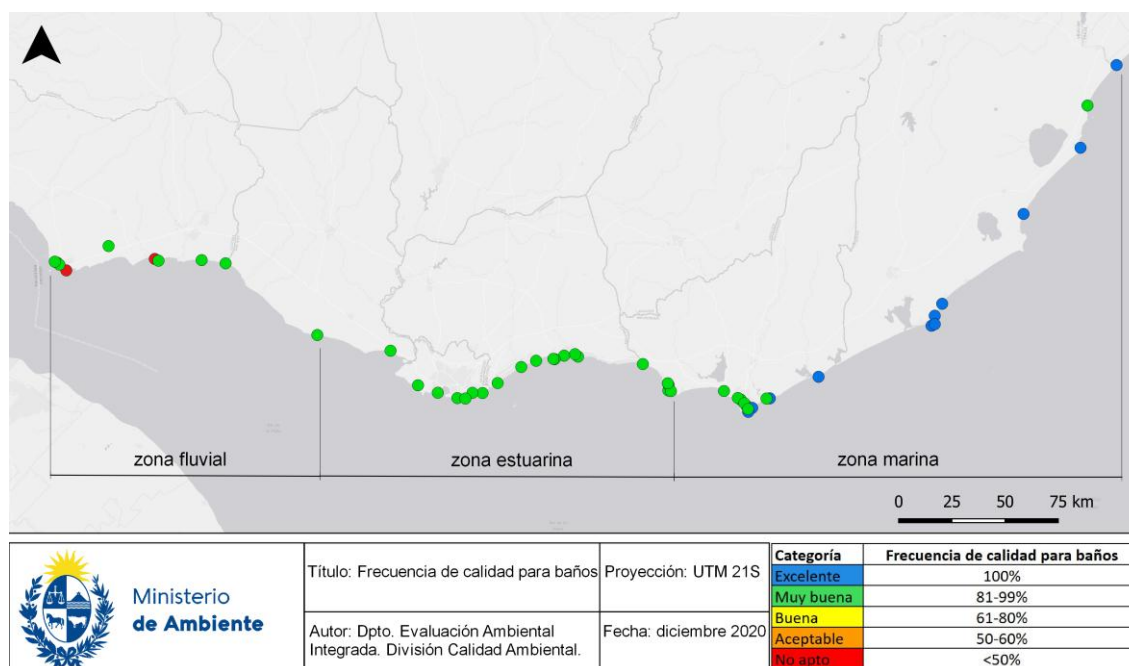


Figura 63: Categorías de calidad del agua para baños de las playas para el período 2014-2019.

Considerando las categorías asignadas a las playas en cada temporada, la categoría Excelente fue la más frecuente durante el quinquenio (81%), seguida de la categoría "Muy buena"(12%). La categoría "No apta" representó solo el 4 % de las ocurrencias (**Figura 64**). El análisis de ocurrencia de cada categoría de calidad por zona (fluvial, estuarina y marina), indica que la categoría Excelente fue la más frecuente en las tres zonas. La zona marina presentó la mayor ocurrencia de esa categoría (98%), seguida de la zona estuarina

(75%) y por último de la fluvial (55%). La categoría "No apta", estuvo ausente en la zona oceánica, solo representó el 3% de la estuarina, y tuvo mayor importancia en la zona fluvial (16%) (Figura 65).

**Frecuencia de calidad para baños
2014-2019**

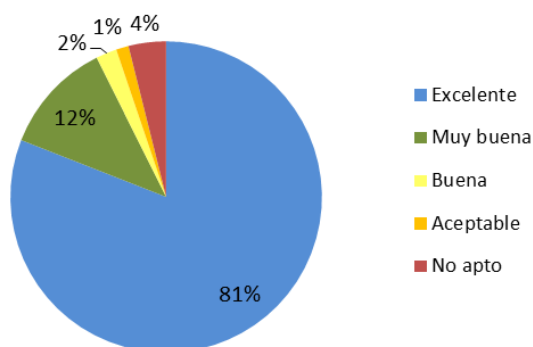


Figura 64: Frecuencia de las categorías de calidad de agua para baños determinadas para cada temporada de verano del quinquenio 2014-2019.

**Frecuencia de calidad para baños
2014-2019**

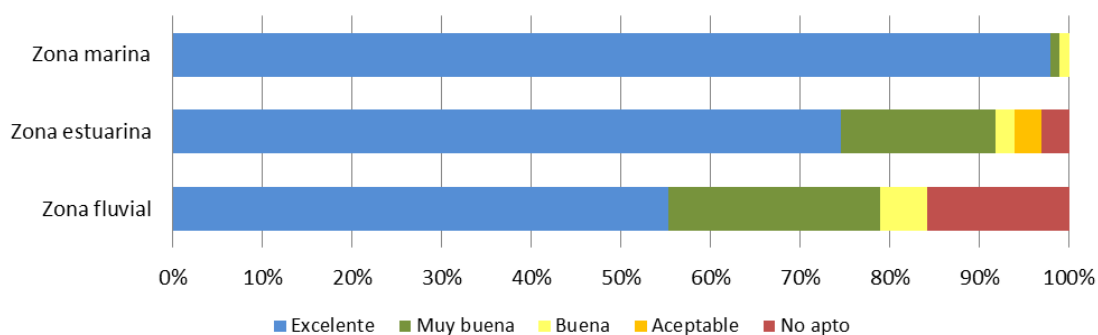


Figura 65: Frecuencia de categorías de calidad de agua para baños de las playas por zona fluvial, estuarina y marina de la costa sur y este del Uruguay, determinadas para cada temporada de verano del quinquenio 2014-2019.

Limitaciones

La cantidad de datos por temporada varía en función de las condiciones logísticas de las Intendencias respectivas, pudiendo en el caso de menor cantidad de datos, sobreestimar la categoría asignada para el quinquenio o la temporada.

El análisis a nivel de quinquenio enmascara las debilidades del análisis anual, particularmente en playas que cuentan con bajo número de datos.

La metodología de muestreo no discrimina los días de lluvias o tormentas que pueden afectar negativamente los parámetros de aptitud de las playas.

Fuente de datos y autores

MA-DINAMA, División Calidad Ambiental, Departamento Evaluación Ambiental Integrada.

Intendencias:

Intendencia de Rocha

Intendencia de Maldonado

Intendencia de Canelones

Intendencia de Montevideo

Intendencia de San José

Intendencia de Colonia

Bibliografía consultada

Arocena, R. 2016. Principios y métodos de limnología: ejemplos de Uruguay. Rafael Arocena (editor). 2da ed. DIRAC-Facultad de Ciencias, Udelar. Montevideo, 328 p.

Cantera J. 2005. Investigación científica para la gestión ambiental integrada de espacios acuáticos compartidos, el desafío es pasar de las palabras a los hechos: el caso del Río de la Pata y su Frente Marítimo. Rev. Acad.Colomb. Cienc. 24 (111):255-269.

DINAMA, 2020. Guía para definir la aptitud y la categorización de las playas.

DINAMA-DCA, 2019. Red de Monitoreo Costero- Monitoreo de playas: Quinquenio 2013 - 2018- Temporada 2018 – 2019. Informe técnico. Disponible en:
https://www.dinama.gub.uy/oan/documentos/Informe_monitoreo_calidad_de_playas_2018-2019.pdf. Consultado en setiembre 2020.

Rozen, Y., Belkin, S. 2001. Survival of enteric bacteria in seawater. FEMS Microbiology Reviews 25, Issue 5, December 2001. 513– 529 pp.

Decreto 253/79. Disponible en: <http://www.mvotma.gub.uy/ciudadania/tramites/tramites-aguas/item/10003601-decreto-253-079> (Consultado el 11/09/2015).

De León, L. & J. Yunes. 2001. First report of a microcystin-containing bloom of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* in the La Plata River, South America. *Environmental Toxicology*.

GESTA-Agua. 2014. PROPUESTA DE MODIFICACION DEL DECRETO 253/79. "Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas". MVOTMA- DINAMA. Documento interno.

Gómez, F. A. G., Aguirre N. J. Betancur J. & Toro, M. 2008. Distribución de indicadores bacterianos de calidad de agua en el Golfo de Uraba, Caribe Colombiano. *Gestión y ambiente*.11 (3): 87-96 pp.

Noble, R., Lee, I. & Schiff, K. 2004. Inactivation of indicator microorganisms from various sources of faecal contamination in seawater and freshwater. *Journal of Applied Microbiology*. 96, 464-47 pp.

UdelaR. 2019. Floraciones de cianobacterias: «situación que se puede mejorar a largo plazo». Universidad de la República. Publicado el viernes 6 de diciembre de 2019

CAMBIO CLIMÁTICO

Introducción

El alcance global de los problemas ambientales pone en riesgo las condiciones para la vida, a escala global. Las actividades humanas han modificado las condiciones planetarias más allá de los límites considerados “seguros”. Así, el sistema climático se modificó, y el cambio climático, la alteración de los ciclos de nutrientes o la pérdida de biodiversidad están hoy entre las mayores amenazas que enfrenta la humanidad. El cambio global resultante de la afectación de los procesos ambientales por las actividades humanas puede resultar en grandes impactos locales. En particular, el cambio climático es uno de los problemas más graves de nuestro tiempo (MVOTMA, 2019).

En este capítulo se presenta el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) donde se presentan las principales emisiones por sector. Los GEI son los actores principales del cambio climático actual. Los GEI emitidos por la actividad humana acentúan el fenómeno natural que permite el mantenimiento de la temperatura media del planeta, acumulando un exceso de calor proveniente de la radiación. De este modo, al determinar las emisiones de GEI, es posible conocer de qué manera y en qué sector actuar para disminuir esas emisiones.

Gases de efecto invernadero

Introducción

Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) constituyen uno de los principales compromisos de los países que son Parte en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). En Uruguay los INGEI se elaboran en forma periódica, cada dos años a partir del 2000 (desde 1990 las estimaciones se realizaban cada 4 años). El primero correspondió al año de referencia 1990, cuyos resultados fueron informados en la Comunicación Nacional Inicial que el país presentó en la Tercera Conferencia de las Partes (COP) en la CMNUCC en el año 1997. El último INGEI estimado corresponde al año 2017, incluido en el Tercer BUR (Bienial Update Report).

La elaboración de los INGEI se realiza a través del Grupo de Trabajo de Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Se ha establecido una práctica de trabajo colaborativa entre el MVOTMA, el MGAP y el MIEM, que implica que cada Ministerio estime los GEI y su evolución correspondiente a sus sectores específicos, perteneciendo al MVOTMA el punto focal ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (MVOTMA & SNRCC, 2019).

A través del Decreto 181/020 el 24 de junio de 2020 se formaliza el Grupo de Trabajo de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) en el marco del SNRCC, que opera el Sistema Nacional de

inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (SINGEI) de Uruguay y coordina la realización de los mismos, previstos por la CMNUCC.

La coordinación general del Grupo, así como la compilación y presentación de los Inventarios en tiempo y forma la realiza la División de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente.

Objetivo y descripción

Los objetivos para la elaboración de los INGEI son los siguientes:

- Cumplir con los compromisos internacionales establecidos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- Cuantificar el nivel de contribución de las actividades antropogénicas y procesos naturales relacionados con la emisión y captura de GEI
- Proporcionar la base para el desarrollo de políticas y medidas de mitigación a nivel nacional y para el desarrollo bajo en carbono.

Relevancia ambiental

En este indicador se presentan las emisiones netas a la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) producidos por año, y emisiones GEI indirectos: monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos de metano (COVDM), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂).

Metodología

La elaboración de los INGEI se realiza siguiendo las Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006, abarca todo el territorio nacional e incluye las emisiones y absorciones de CO₂ y las emisiones de CH₄, N₂O, hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) para el año 2017.

Se incluyen también la estimación de emisiones de los GEI indirectos: monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos de metano (COVDM), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂). Para la estimación de emisiones de estos gases se utilizaron las Directrices del IPCC revisadas de 1996 y las Directrices del Programa de Monitoreo y Evaluación de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EMEP/EEA por sus siglas en inglés) (2016).

Para la estimación de la contribución relativa al calentamiento climático, Uruguay reporta sus emisiones en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq), estimadas en base a la métrica del Potencial de Calentamiento Global (GWP 100) en la versión del Segundo Informe de Evaluación del IPCC (AR2) y el Potencial de Cambio de Temperatura Global (GTP 100) incluido en el Quinto Informe de Evaluación (AR5).

Fueron tenidas en cuenta, además, las siguientes guías metodológicas:

- Directrices de la Convención para los informes bienales de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención (anexo III de la Decisión 2/CP.17)
- Directrices para la elaboración de las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención (anexo de la Decisión 17/CP.8)

Resultados, Evaluación e interpretación

En Uruguay en el año 2017 se capturaron en forma neta -5.807 Gg¹ de dióxido de carbono (CO₂), como la diferencia entre -12.170 Gg de captura y +6.363 Gg de CO₂ como emisiones. Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) provienen mayormente de las actividades del sector Energía a partir de la quema de combustibles fósiles. En el año 2017 este sector aportó 5.839 Gg y representó el 91,8% del total de emisiones de dicho gas.

Por su parte, el sector Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) aportó 510 Gg que representó el 8,0% de las emisiones totales de dicho gas, mientras que el sector Desechos generó 13,4 Gg de emisiones de CO₂ (0,2% de las emisiones). En contrapartida, el sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU) capturó en forma neta -12.170 Gg de CO₂ (Figura 66).

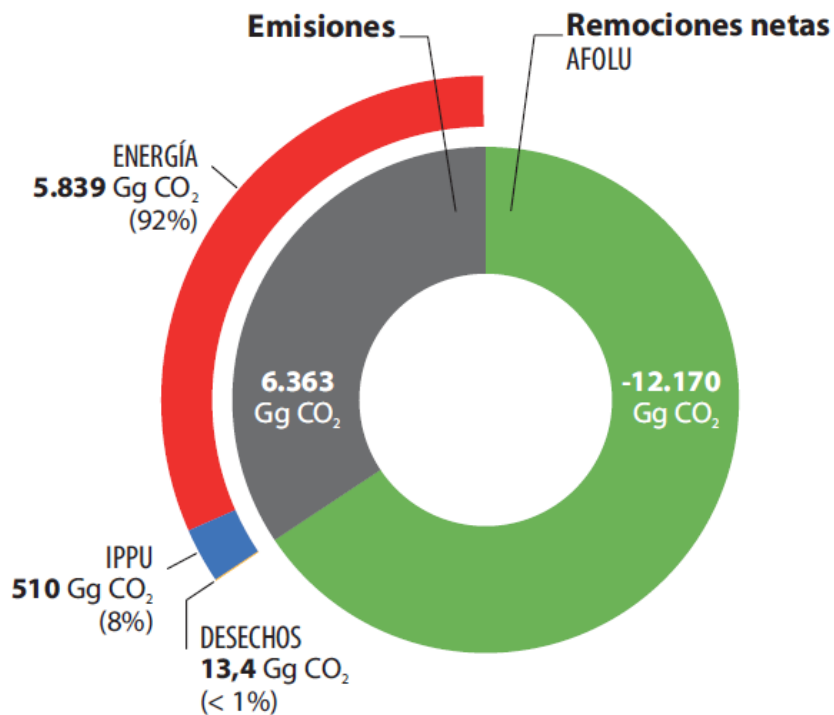


Figura 66: Emisiones nacionales de CO₂ por sector, 2017.

¹ Gigagramos

En Uruguay las emisiones de metano (CH_4) totalizaron 787 Gg en el año 2017. Fueron generadas fundamentalmente en el sector AFOLU que representaron el 93,4% del total, seguidos por el sector Desechos, que aportó 6,0% y, por último, el sector Energía con tan solo 0,6% del total de emisiones de metano (CH_4) (Figura 67).

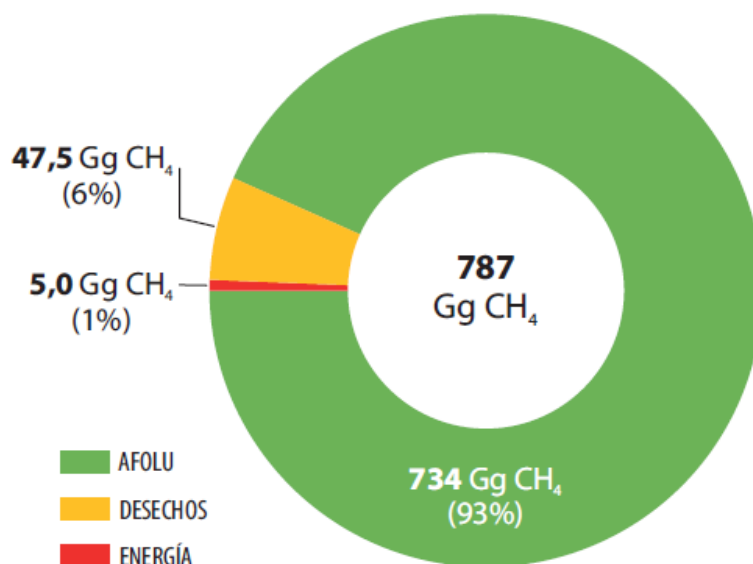


Figura 67: Emisiones nacionales de CH_4 por sector, 2017.

En el año 2017 las emisiones de óxido nitroso (N_2O) fueron de 28,6 Gg. El 96,6% provino del sector AFOLU, el 2,4% del sector Energía, el 0,9% del sector Desechos y menos del 1,0% del sector IPPU (Figura 68).

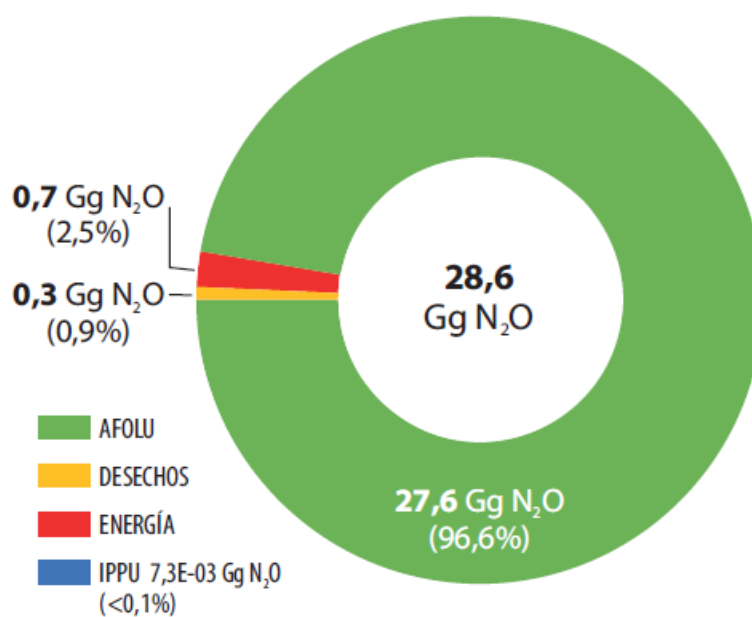


Figura 68: Emisiones nacionales de N_2O por sector, 2017.

En Uruguay no existe producción de hidrofluorocarbonos (HFC) ni de perfluorocarbonos (PFC), por lo que la demanda ha sido satisfecha únicamente a través de su importación. Las emisiones de estos gases se produjeron por su uso en aplicaciones como refrigeración, aire acondicionado, extintores de incendios, espumas de aislación y transformación eléctrica, entre otros.

A consecuencia del uso de HFC en el país como sustitutos de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y clorofluorocarbonos (CFC) controlados por la enmienda de Kigali del protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono (principalmente en el sector de la refrigeración y aire acondicionado), en 2017 fueron emitidos 133 Gg CO₂-eq, de acuerdo a la métrica GWP100 AR2 y 39 Gg CO₂-eq de acuerdo a la métrica GTP 100 AR5. Asimismo, se estima que no ocurrieron emisiones de PFCs en 2017, dado que no se registraron importaciones de este tipo de gases ni se conoce ninguna aplicación a nivel nacional en la cual hayan sido utilizados. Por su parte, las emisiones de hexafluoruro de azufre (SF₆) se produjeron a partir de su uso en equipos transformadores para la distribución de energía eléctrica. Dichas emisiones fueron de 2,8 E-05 Gg para 2017.

Analizando las emisiones por sector, de acuerdo con la métrica GWP100 AR2, el sector AFOLU generó el mayor aporte a las emisiones totales (sin considerar las categorías que presentan remociones netas) con un 75,4%, seguido del sector Energía con 19,2%, Desechos con 3,4% y finalmente el sector IPPU con 2,0% de las emisiones.

Las categorías con mayor proporción de emisiones, sin considerar las categorías con remociones netas, fueron: Fermentación entérica (AFOLU) con 46,1% de las emisiones nacionales, seguido por Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (AFOLU) con un aporte del 21,5% de las emisiones nacionales, la Quema de combustibles en el Transporte (Energía) con el 11,9% de las emisiones nacionales y las Tierras de cultivo (AFOLU) con un aporte del 7,9%.

En el siguiente gráfico se presentan la distribución de emisiones por sector, categoría y gas, expresado como porcentaje del total nacional de emisiones (sin remociones netas) en Gg de CO₂-eq para la métrica GWP 100 AR2 (**Figura 69**).

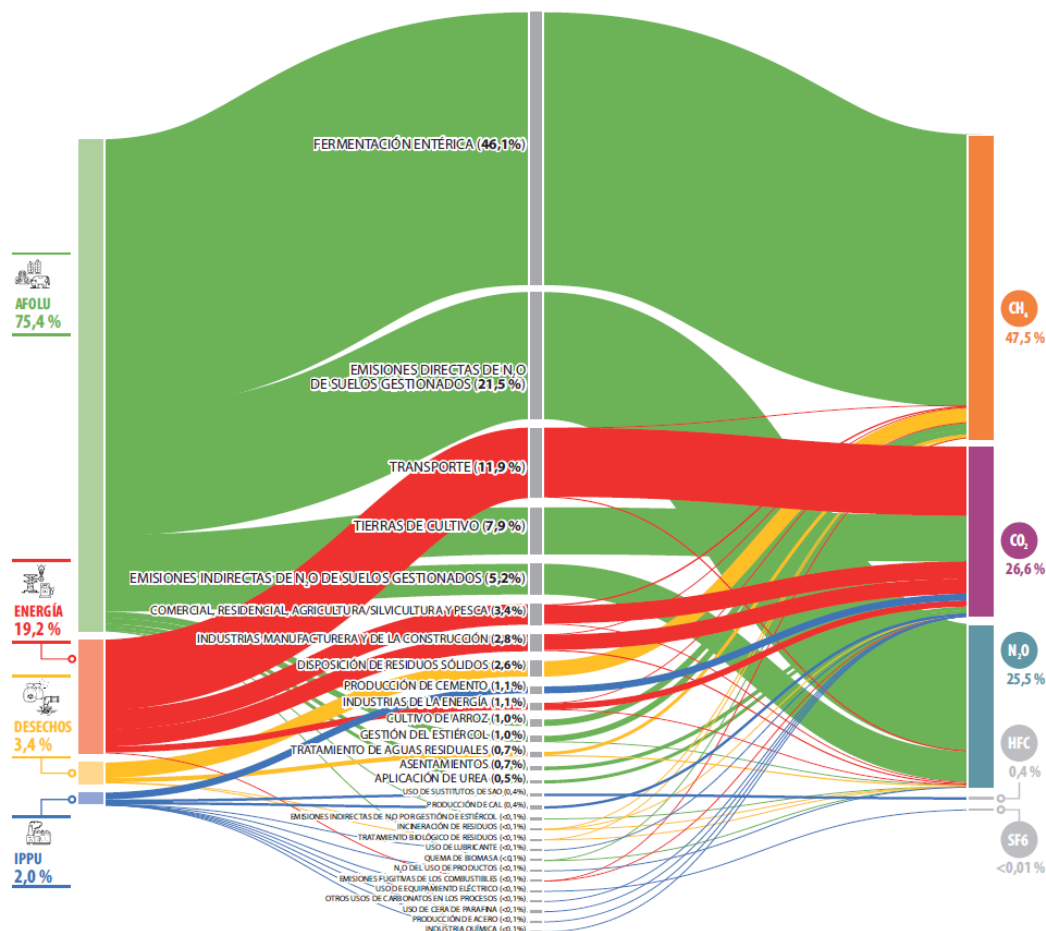


Figura 69: Distribución de emisiones nacionales por sector, categoría y gas con métrica GWP 100 AR2, 2017.

A nivel mundial las emisiones globales de GEI causadas por actividades humanas han aumentado desde la era preindustrial (IPCC, 2014). Entre 1970 y 2010 lo hicieron en más del 80%. En el año 2017 las emisiones totales netas de GEI para Uruguay, medidas usando el GWP (AR2) a 100 años, fueron de 19.709 Gg CO₂-eq (incluye las emisiones totales netas de todos los GEI directos: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs y SF₆, lo que representó el 0,04% de las emisiones mundiales de GEI antropógenos. Para dicha estimación se consideró el valor de emisiones mundiales para 2017 reportadas por UN (53,5 Gt CO₂-eq) (UN Environment Emissions Gap Report, 2018). Utilizando la métrica GTP 100 AR5, las emisiones de CH₄ de Uruguay, descienden muy significativamente con una reducción del 81% (4.069 Gg CO₂-eq) y las emisiones netas del país descienden un 79% comparado con las emisiones registradas con la métrica GWP100 AR2. En el caso de Uruguay, la métrica que se utilice impacta fuertemente en el peso relativo del sector AFOLU en las emisiones totales nacionales.

El GWP 100 AR2 indica que el CH₄ es el principal gas emitido (sin considerar remociones netas), mientras que el uso de la métrica del GTP 100 AR5 señala que el principal gas de efecto invernadero en Uruguay es el CO₂. En esta métrica éste representa 48,4% de las emisiones, seguido del N₂O (35,0%), el metano (16,4%) y, en menor proporción, por los HFC y el SF₆ (menos del 1%).

Evolución de emisiones por gas

Las emisiones netas nacionales presentaron un aumento del 8,5% entre 1990 y 2017 y una disminución del 2,6% con respecto al año 2016, bajo métrica GWP100 AR2 (**Figura 70**).

El mínimo histórico de emisiones se registró para el INGEI 2002, con una emisión neta de 9.043 Gg CO₂ eq (métrica GWP100 AR2) y -5.516 Gg CO₂ eq en GTP 100 AR5. En ese año se produjo una contracción de la economía del país que se reflejó en la disminución de las emisiones del sector Energía e IPPU.

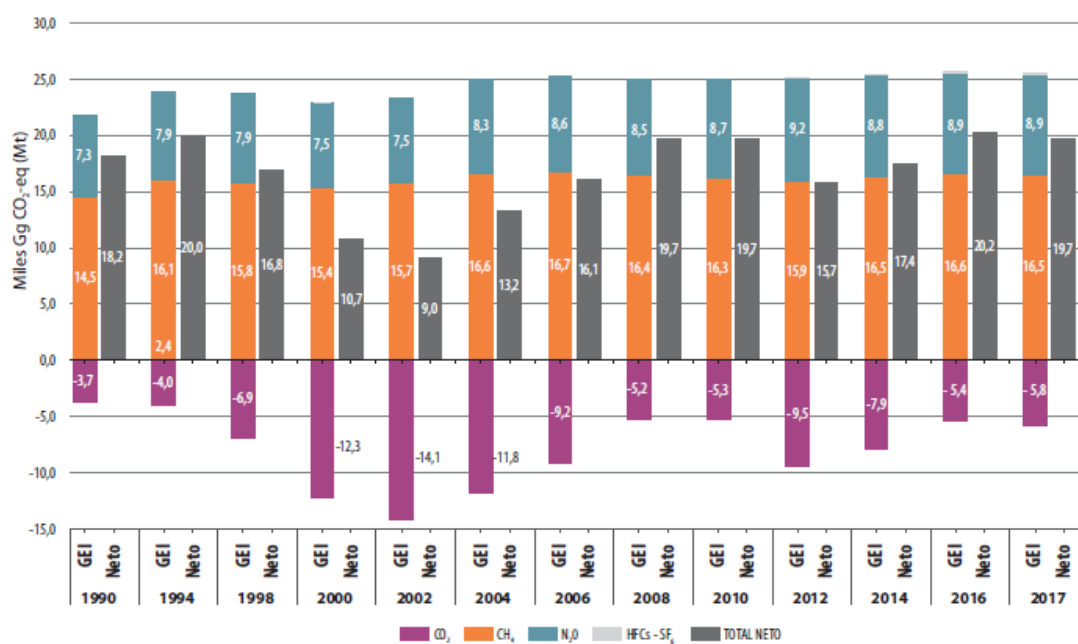


Figura 70: Evolución de emisiones 1990-2017, por gas métrica GWP100 AR2.

Limitaciones

Respecto a las limitaciones, la principal es que se trata de una estimación de la emisión, no es una medición. Esto sumado a que en muchos casos la información disponible a nivel nacional es de calidad diversa, está muy detallada y actualizada en algunos sectores, pero no está suficientemente desagregada, se encuentra muy dispersa o no está disponible en otros sectores/categorías, introduce diferentes grados de incertidumbre en los resultados.

Además, el uso de las métricas GWP 100 AR2 o GTP 100 AR5, donde se asignan diferentes coeficientes numéricos para convertir GEI no-CO₂ en su equivalente en CO₂, resulta en la obtención de diferencias en la incidencia que tiene uno u otro gas en las emisiones nacionales. En el caso de Uruguay, la métrica que se utilice impacta fuertemente en el peso relativo del sector AFOLU en las emisiones totales nacionales.

El uso de factores de emisión por defecto del IPCC es también una limitante, ya que muchas veces éstos no reflejan la situación nacional.

Fuente de datos y autores

El Inventario se elabora en el marco del Grupo de Trabajo de Inventarios del SNRCC.

El Ministerio de Ambiente es la autoridad nacional competente para la instrumentación y aplicación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y, por lo tanto, es responsable de la elaboración, coordinación y presentación de los INGEI.

MA, División de Cambio Climático.

Bibliografía consultada

EEA, 2016. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report No 21/2016, published 30 Sep 2016. European Environment Agency, Copenhagen. Disponible online en: <<https://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook>>

IPCC/OECD/IEA, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, Volumes 1–3, 1997. Disponible online en: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>>

IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumes I, II, III, IV, V. IPCC – NGGIP, Japan. Updated chapters available until the 10th Corrigenda, 25 April 2018). Disponible online en: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>

IPCC. 2014. Climate Change 2014, Trends in stocks and flows of GHG and their drivers. Working Group III contribution to the IPCC Fifth Assessment Report

IPCC 2014. Quinto Informe de Evaluación. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf

Mvotma. 2019. Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible. Uruguay 2019. Mvotma, Sistema Nacional Ambiental. <https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/comunicacion/publicaciones/plan-nacional-ambiental-para-desarrollo-sostenible>

MVOTMA & SNRCC. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - Uruguay 2019

MVOTMA & SNRCC. 2019 Uruguay, Inventario Nacional de Efecto Invernadero. INGEI 2017. Mvotma, SNRCC. Uruguay 2019

UNFCCC, 2002. Decision 17/CP.8 - Annex I “Guidelines for the preparation of national communications from Parties not included in Annex I to the Convention”. FCCC/CP/2002/7/Add.2 Disponible online en: <<http://unfccc.int/resource/docs/cop8/07a02.pdf#page=2>>

UNFCCC, 2011. Decision 2/CP.17 Annex III. Report of the Conference of the Parties on its seventeenth session, held in Durban from 28 November to 11 December 2011, FCCC/CP/2011/9/Add.1 Disponible online en: <<http://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/09a01.pdf#page=39>>

UN Environment Emissions Gap Report. 2018. <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2018>