

INFORME AMBIENTAL ESTRATÉGICO

Sistemas Acuáticos Canarios

Estado del conocimiento
y gestión ambiental

Junio 2017



CURE
Centro Universitario
Regional del Este



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Gobierno de Canelones
Dirección General de Gestión Ambiental

El presente informe es el producto del CONVENIO DE COLABORACIÓN entre el CURE/ Universidad de la República y la Intendencia Departamental de Canelones.

Intendencia Departamental de Canelones

Intendente de Canelones | Prof. Yamandú Orsi

Secretario General | Cr. Gabriel Camacho

Coordinación General del Convenio: Leonardo Herou – Dir. Gral. De Gestión Ambiental (DGGA)

Programas de Monitoreo:

Sandra Acevedo, Silvia Cabrera – Área de Calidad Ambiental DGGA

Cuerpo Inspectivo Canario - Dirección de Contralor

Laboratorio de Bromatología y Aguas - Dirección de Contralor

Director de Contralor: Álvaro Suárez

Laboratorio: Yolanda Garbarino, Gerencia de Sector Laboratorio de Bromatología y Aguas, Dirección de Contralor.

Secretaría de Planificación | Sr. Sergio Ashfield.

Secretaría de Comunicaciones | Dra. Silvia Santa Cruz

Equipo de Comunicaciones:

Secretaría de Comunicaciones | Área de Diseño Comunicacional

Diseño y Diagramación | Lic. Diego Espondaburu

Coordinación | Lic. Elida Peirano

Colaboración | 4 Ojos Comunicadores

Centro Universitario Regional Este/UDELAR

Coordinación General y responsable técnico: Guillermo Goyenola

Indicadores de calidad de agua para sistemas lóticos canarios

Responsables técnicos y equipo de trabajo: Guillermo Goyenola, Lucía Gaucher.

Monitoreo lagos Ciudad de la Costa

Responsables técnicos: Guillermo Goyenola, Nicolás Vidal.

Equipo de trabajo: Nicolás Vidal, Guillermo Goyenola, Claudia Fosalba, Franco Teixeira de Mello, Clementina Calvo, Lucía Gaucher, Carlos Iglesias, Anahí López-Rodríguez, Maite Burwood, Natalie Corrales, Daniela Olsson, Paula Levrini, Juan Pablo Pacheco, Laura Capuccio, Lucía Urtado.



Monitoreo 2016-2017 Laguna del Cisne:

Responsables técnicos: Guillermo Goyenola, Nicolás Vidal.

Trabajo de campo: Guillermo Goyenola, Nicolás Vidal, Natalie Corrales, Daniela Olsson, Claudia Fosalba.

Desarrollo de indicadores Biológicos

Responsable técnico: Franco Teixeira de Mello.

Equipo de trabajo de campo: Maite Burwood; Clementina Calvo; Laura Capuccio; Guillermo Goyenola; Carlos Iglesias; Daniela Olsson; Lucía Urtado; Nicolás Vidal.

Análisis de Muestras: Giancarlo Tesitore.

Análisis químicos de nutrientes

Responsable técnico: Claudia Fosalba.

Laboratoristas: Claudia Fosalba, Paula Levrini.

Protocolo visual

Responsable técnico: Franco Teixeira de Mello.

Equipo de trabajo: Lucía Urtado; Franco Teixeira de Mello.

En el marco de los acuerdos de Cooperación existentes, el presente informe incorpora información aportada por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) y la Intendencia de Montevideo.

“Niego toda separación entre ciencia y gestión, o la supuesta distinción entre teoría y aplicación. Esta supuesta distinción es con demasiada frecuencia, sólo una excusa. Permite a los teóricos mantener los pies secos y pasar por alto las implicaciones sociales de su trabajo. Al mismo tiempo, proporciona a los administradores una excusa para la falta de familiarización con los principios generales y científicos, que les permite continuar con prácticas de gestión desactualizadas.”

(Keddy 2000)

Introducción

En el año 2009 la Intendencia de Canelones presentó el Informe Ambiental GEO Canelones, en lo que significó un primer e importante mojón, en esa compleja pero indispensable tarea de ordenar información de buena calidad, detallada y actualizada, como base de una gestión ambiental moderna que tiene como objetivo un modelo de desarrollo sustentable.

Habiendo transcurrido prácticamente 8 años, y ya en un nuevo período de gobierno, se vuelve fundamental evaluar el camino recorrido e identificar con claridad nuevos desafíos y estrategias en un departamento que ha crecido y avanzado, pero que no escapa a los problemas ambientales globales.

Entender los problemas y desafíos de hoy necesariamente nos obliga a analizar la historia de nuestro departamento, como creció, como se fue urbanizando, cuáles fueron las actividades productivas que se fueron consolidando en distintos puntos del territorio y cuáles fueron las respuestas que el Estado fue dando en cada momento.

Estas publicaciones nos ayudan en ese proceso, y sobre todo nos permiten evaluar y diseñar con múltiples aportes el camino a recorrer, por lo que nos proponemos reafirmar algunos ejes que el Gobierno de Canelones ha definido como prioritarios en su Política Ambiental Departamental:

Las características del departamento, la multiplicidad de actores con competencias e intereses en los temas ambientales nos llevan a definir como prioridad una fuerte estrategia de **articulación**, donde se logre una importante participación interinstitucional, de los distintos niveles de gobierno, así como de organizaciones sociales.

La articulación de competencias y recursos debe de ir de la mano con una clara definición del Gobierno de Canelones de **generar mayores capacidades** para abordar una Agenda Ambiental cada día más compleja y exigente. Los avances en este punto se evidencian no solamente en los cambios de la estructura de la Intendencia, en el fortalecimiento de los equipos técnicos y también en acuerdos como el que posibilita este Informe, donde junto a la Universidad de la República trabajan equipos técnicos de distintas áreas de la Intendencia en temas relevantes para el departamento.

En este marco de fuerte articulación con múltiples actores y de fortalecimiento de las capacidades de Gobierno, entendemos fundamental dedicar un importante esfuerzo a **generar, sistematizar y disponibilizar información**, no solamente para la gestión sino también para todos aquellos vecinos y organizaciones interesados en estos temas.



Definiciones como esta han permitido que a lo largo de estos años se haya ido transformando un Gobierno Departamental pensado originalmente para brindar servicios básicos, en un Gobierno que articula y se fortalece generando información y asegurando una **gestión con base en el conocimiento**, donde los distintos programas y planes cuentan con el sustento fundamental del conocimiento y la información generada a través de estrategias como la del convenio con el CURE (UDELAR).

Por último, en estas definiciones que hacen a la política ambiental departamental, creemos fundamental proporcionar herramientas a los diversos actores sociales e institucionales, **que aseguren acceso a información de calidad en un marco de transparencia y responsabilidad.**

Presentar esta serie de informes, nos permite profundizar en temas como biodiversidad, sistemas acuáticos, residuos, espacios públicos, cambio climático, etc., consolidando un nuevo mojón que resume los ejes mencionados anteriormente, y sobre todo reafirma una Política Ambiental que busca articular niveles crecientes de eficacia y eficiencia en los servicios, con una fuerte agenda ambiental que incorpora los desafíos de este nuevo siglo.

Este camino seguirá teniendo resultados si participamos todos, seguramente ese es el mayor desafío.

“Concretar este Primer Informe Ambiental GEO Canelones sin dudas es uno de esos importantes avances que nos permite recopilar y procesar la información sobre la situación ambiental departamental y en especial de la gestión comunal, facilitar el acceso a los ciudadanos, avanzar en la elaboración de indicadores, en el diseño de herramientas de comunicación para la planificación de políticas ambientales, pieza fundamental de una gestión realmente participativa” **Marcos Carámbula, Informe Geo Canelones, Noviembre 2009.**

“La Evaluación del Estado del Ambiente de Canelones constituye una herramienta que identifica y describe los problemas ambientales y sus causas, califica su impacto y su ocurrencia e identifica alternativas de gestión y respuesta a adoptar, tanto por las autoridades como por la sociedad en su conjunto, buscando la eficacia para el desarrollo sostenible y la mejora en la calidad de vida de los habitantes. La Municipalidad de Canelones tomará este reporte como una herramienta vital para la planificación del desarrollo sostenible del departamento.” **Mara Murillo, Directora Regional Adjunta, Oficial a Cargo, PNUMA, Oficina Regional para América Latina y el Caribe.**

“Para Gestionar adecuadamente el ambiente es necesario disponer de Información de buena calidad, actualizada y que cubra las interacciones complejas, entre los aspectos biofísicos vinculados al ambiente y la sociedad” **Introducción Informe Geo Canelones, Noviembre 2009.**



Índice de contenidos

1. Introducción	4
2. Antecedentes	10
3. El contexto orográfico, paisajístico e hidrológico de Canelones	11
4. La singularidad Canaria: una historia de uso intensivo del territorio	15
5. La diversidad de las presiones ambientales en Canelones	19
5.1. Producción agrícola	19
5.2. Agua: vertidos y tomas superficiales para potabilización	21
6. Aguas superficiales canarias	24
6.1. Ríos y arroyos	24
6.1.1. Indicador de cumplimiento de la normativa (ICOFEn)	24
6.1.1.1. Características del Índice	26
6.1.1.2. Resultados	28
6.1.2. Índice de Estado Tráfico	28
6.1.2.1. Características del índice	28
6.1.2.2. Resultados	29
6.1.3. Biomonitorio de comunidades de peces	30
6.1.4. Evaluación de la salud ambiental de arroyos: desarrollo de un protocolo visual	33
6.2. Laguna del Cisne	33
6.3. Lagos urbanos	35
6.3.1. Bases teóricas y avances del conocimiento aplicable a la gestión ambiental	37
6.4. Balneabilidad de playas	41
6.4.1. Resultados de la temporada 2016-2017	42
6.4.1.1. Río de la Plata y desembocaduras de arroyos costeros	42
6.4.1.2. Río Santa Lucía	44
7. Conclusiones	45
8. Referencias	47
9. Anexos	50
9.1. Anexo 1- set de datos utilizado para la estimación del ICOFEn	50
9.2. Anexo 2- set de datos utilizado para la estimación del IET	52



INFORME AMBIENTAL ESTRATÉGICO

Sistemas Acuáticos Canarios

Estado del conocimiento
y gestión ambiental

Junio 2017

Antecedentes

De acuerdo a la Ley Orgánica Municipal son competencias municipales “la vigilancia y demás medidas necesarias para evitar la contaminación de las aguas”

(Art. 35, Ley nº 9.515 del 28/10/1935).

Hasta el 2008, la carencia de conocimiento sobre la calidad de agua en vastos sectores de Canelones, hacía imposible realizar diagnósticos mínimos, evaluar riesgos ambientales, prever el surgimiento de nuevas problemáticas o confrontar alternativas de ordenamiento territorial sobre la luz de las implicancias sociales y ecosistémicas a corto, mediano y largo plazo. En ese contexto, se delineó el Plan Estratégico Departamental de Calidad de Agua (PEDCA) en el que se establecieron las bases para el desarrollo de un plan de monitoreo.

En marco del PEDCA, se desarrolló el muestreo de “línea de base” con el objetivo realizar un diagnóstico del estado ambiental de los sistemas acuáticos de Canelones. La primer campaña se realizó durante invierno de 2008 y verano 2009 incluyendo casi 150 puntos de muestreo en cursos de agua canarios, lagos de Ciudad de la Costa y la Laguna del Cisne. Como consecuencia, fue publicada una serie de 3 informes en el año 2011. Adicionalmente se estableció un Plan Permanente de Monitoreo (PPM) que incluyó el seguimiento periódico de aproximadamente 50 puntos de muestreo distribuidos en las principales subcuencas del departamento. Hasta la fecha, se realizaron 11 campañas del PPM. Un conjunto de acuerdos con el Centro Universitario Regional Este de la Universidad de la República posibilitaron también el seguimiento

del estado y la evolución en los Lagos de Ciudad de la Costa, Paso Carrasco y Laguna del Cisne.

En el presente documento se integra información generada en los mencionados programas de monitoreo y proveniente de otras fuentes, con la intención de avanzar en el estado de conocimiento sobre la situación ambiental de los sistemas acuáticos canarios y generar insumos útiles para la gestión ambiental y el ordenamiento territorial.



3. El contexto orográfico, paisajístico e hidrológico de Canelones

Uruguay se caracteriza por ser un país relativamente pequeño con relieves de baja altitud (superficie terrestre 173.196 km², altura máxima 513,6 m; SGM 2010; Fig. 1). El Departamento de Canelones se ubica al sur del país (4.534 km²) y presenta una altura máxima de solamente 134 m (Fig. 1).

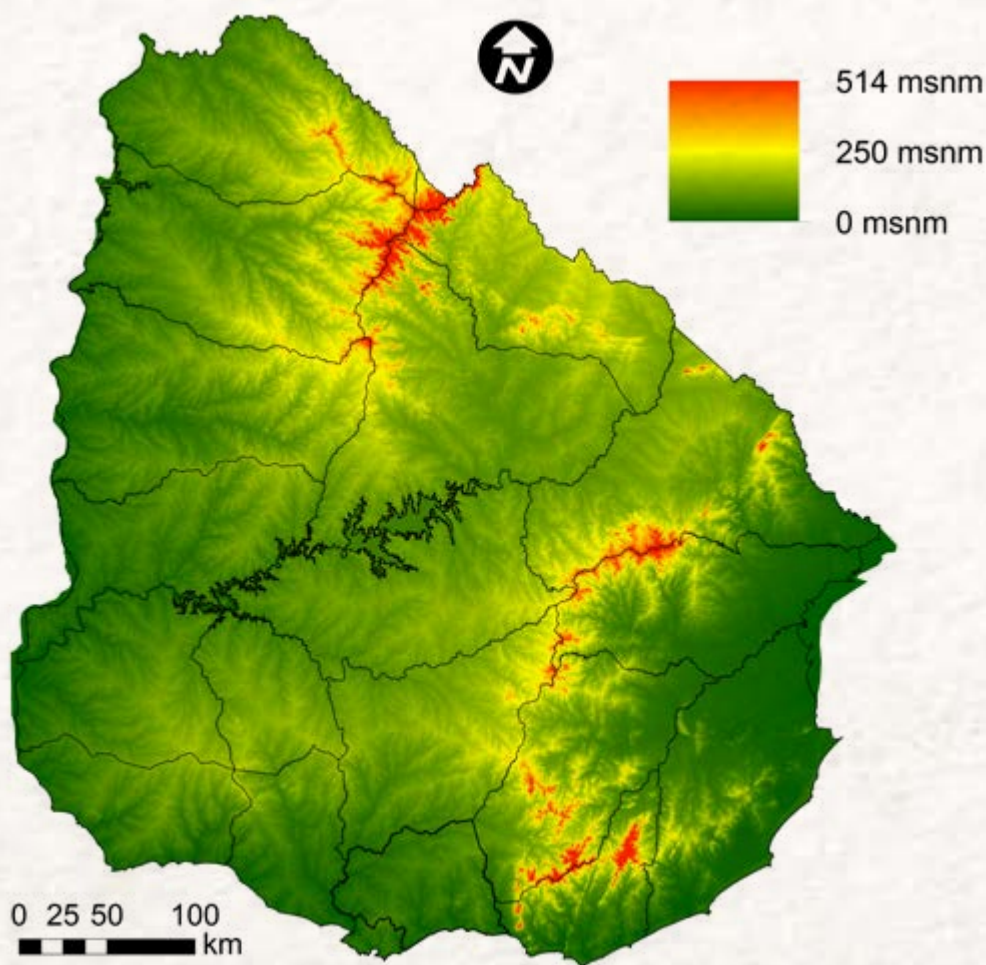


Fig.1- Orografía de Uruguay y el departamento de Canelones (elaboración propia a partir del mapa digital de terreno, RENARE/MGAP; msnm: metros sobre nivel del mar).

El Departamento Canario es relativamente homogéneo desde el punto de vista paisajístico, pudiéndose reconocer únicamente dos unidades de paisaje (Fig. 2). La unidad denominada “Litoral Suroeste” resulta dominante, siendo la segunda la denominada de las “Planicies fluviales” asociadas al curso principal del Río Santa Lucía (Evia y Gudynas 2000).

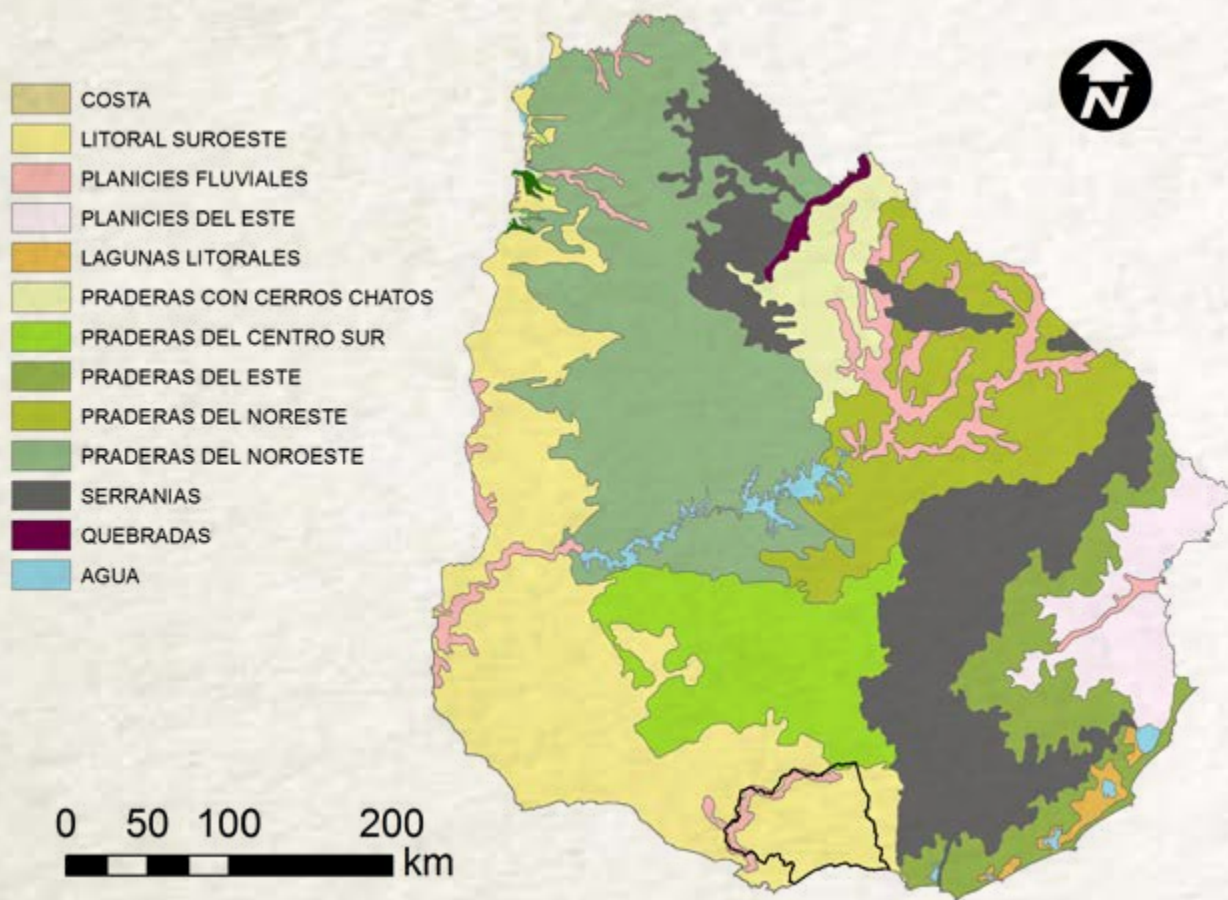


Fig.2- Unidades de paisaje (según Evia y Gudynas 2000).



Vista sus bajas pendientes, todos los sistemas acuáticos del departamento son considerados “de llanura” y aportan sus aguas hacia el Río de la Plata (Fig. 3). El sector norte y oeste de Canelones se encuentra surcado por arroyos que transportan mayoritariamente sus aguas en sentido Este-Oeste desembocando en el Río Santa Lucía. Aportan también a este último importantes sectores de los departamentos de Lavalleja, Florida, Flores, San José y Montevideo. Por otra parte, los arroyos del sector Sur y Este de Canelones drenan sus aguas en sentido Norte-Sur directamente al Río de la Plata (Fig. 3). Entre estas, la cuenca del arroyo Carrasco es compartida con Montevideo, y la del Solís Grande con Lavalleja y Maldonado.

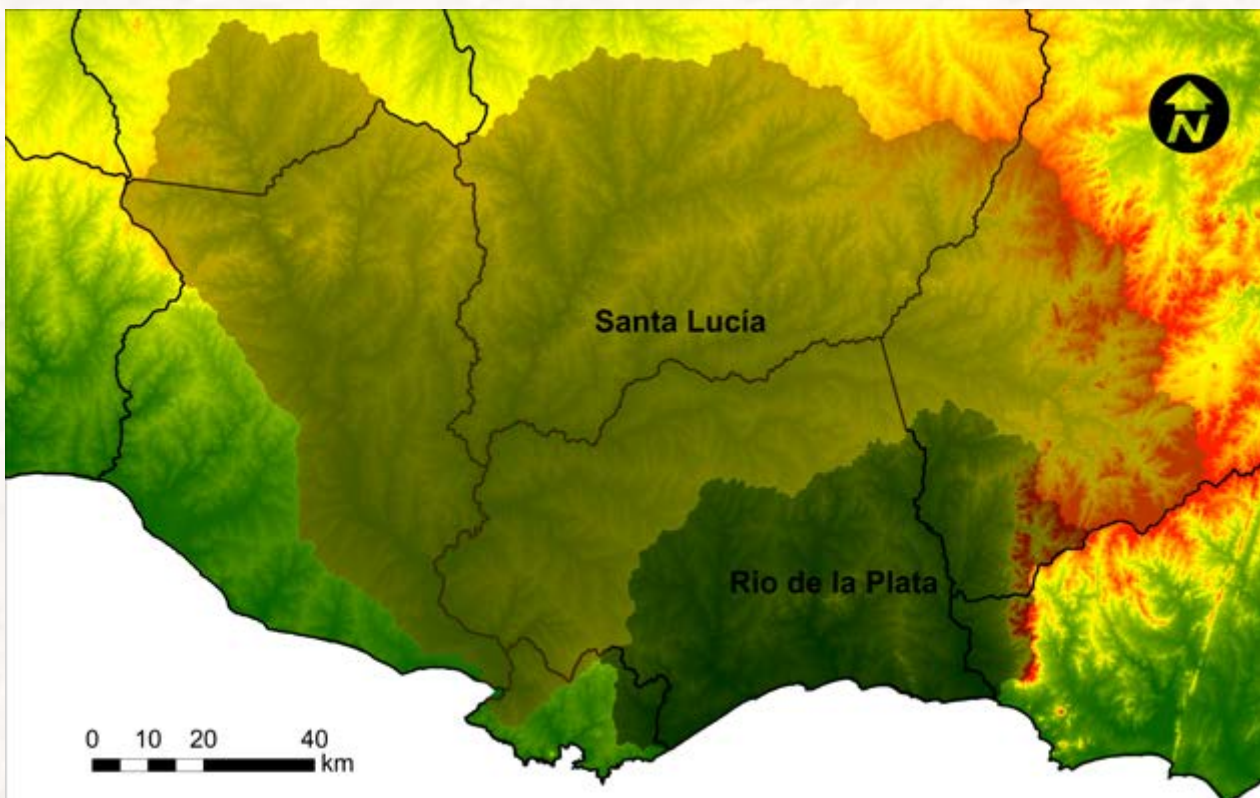


Fig. 3- Macrocuencas canarias. Se incluyen las áreas de departamentos circundantes que aportan hacia las cuencas del Río Santa Lucía, Arroyo Carrasco y Solís Grande.

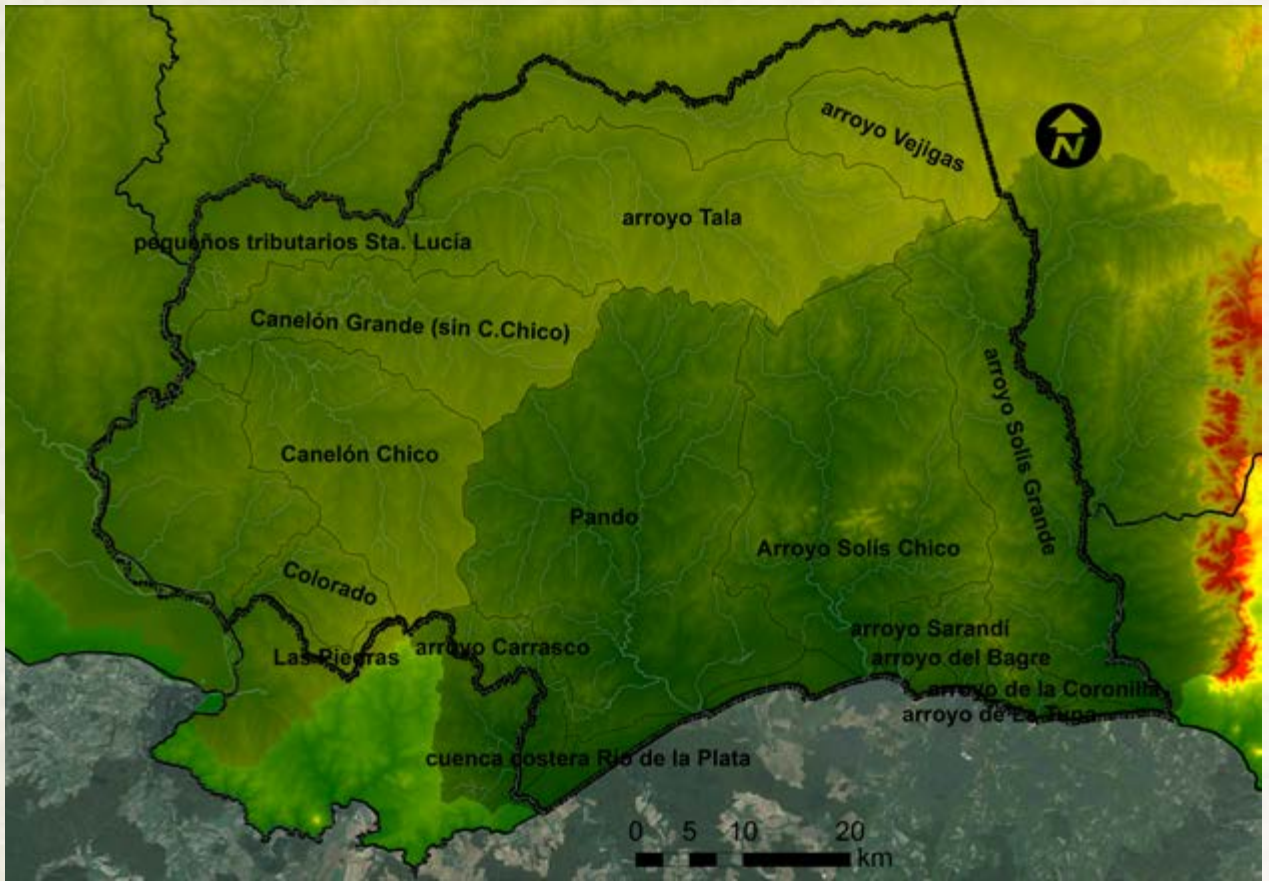


Fig. 4- Principales subcuencas del territorio de Canelones.

El área canaria de aporte hacia el Río Santa Lucía integra de este a oeste, las subcuencas del Arroyo Veijigas (que nace en Lavalleja), Tala, Canelón Grande y Colorado (la que a su vez incluye la del A° Las Piedras; Fig. 4). Incluye asimismo una franja de aporte directo hacia el Río y una serie de pequeños tributarios ubicados al oeste (siendo los mayores el A° Durán y Las Brujas), entre la desembocadura del Canelón Grande y el Colorado. Las cuencas que desaguan directamente en el Río de la Plata son de oeste a este la del A° Carrasco, Pando, Solís Chico

y Grande. Existe también una franja costera de relativamente pequeña extensión que incluye las cuencas del A° Sarandí, Del Bagre, La Tuna y Coronilla ubicados al sur de la Sierra de Afilar, la zona de mayor altitud del Departamento. Más allá de la extensa red hídrica que irriga todo el territorio de Canelones, el departamento sólo cuenta con una única laguna natural (Laguna del Cisne) ubicada en la zona centro sur, dentro de la Cuenca del Arroyo Pando.



4. La singularidad Canaria: una historia de uso intensivo del territorio

Como consecuencia de la cercanía con la capital y el puerto, la urbanización y uso agrícola son fenómenos que ocurrieron intensa y tempranamente en el Departamento de Canelones. La aplicación recu-

rente durante décadas de prácticas no sustentables ha dejado una huella ambiental profunda en los suelos, haciendo que Canelones sea el departamento con mayor grado de erosión de todo el país (Fig. 5).

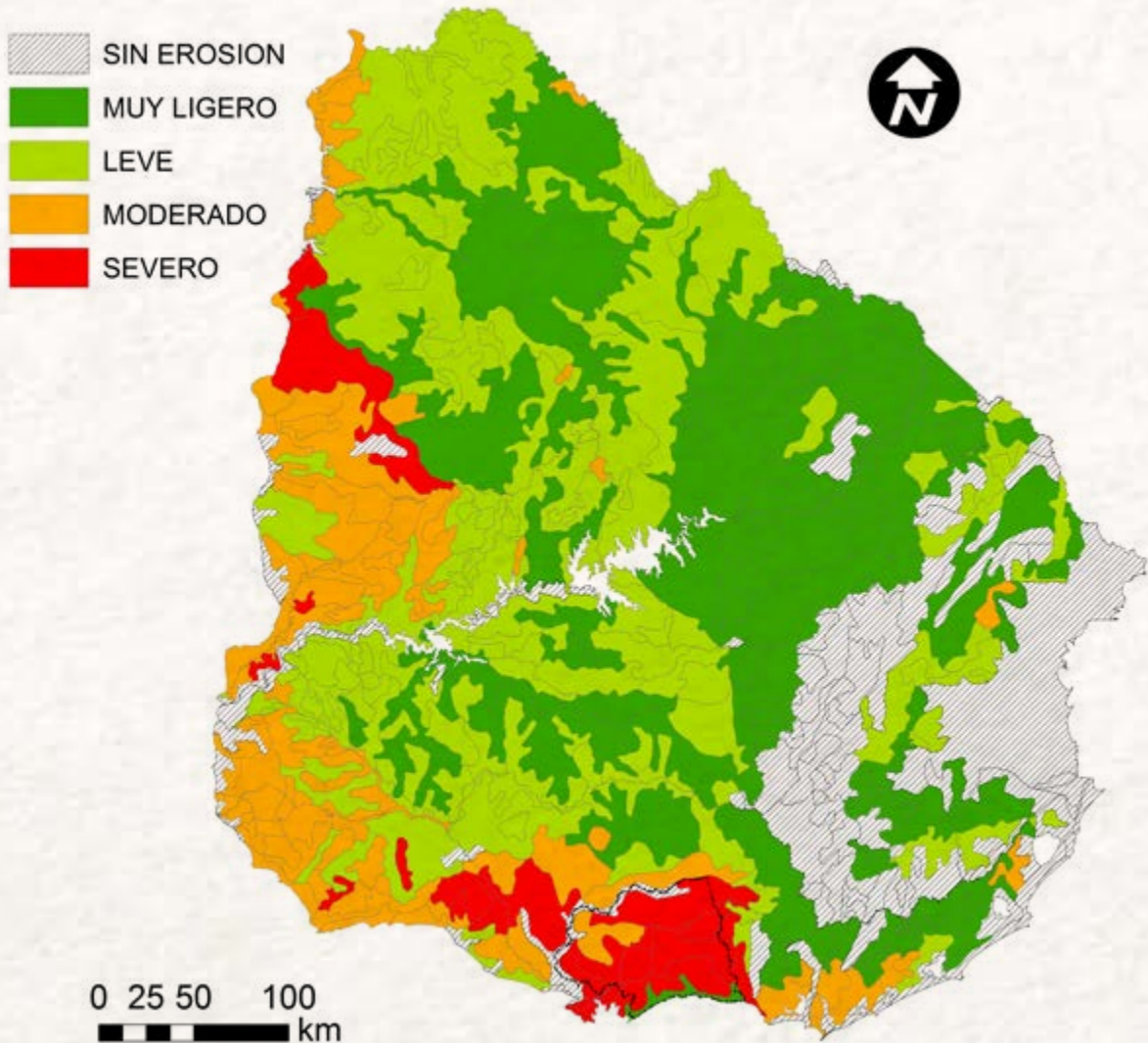


Fig. 5- Intensidad del proceso de erosión antrópica. Marca ambiental del uso histórico no sustentable del suelo canario (RENARE 2005).

En la actualidad, el territorio canario presenta una matriz en mosaico con ambientes predominantemente cultivados o altamente modificados. La actividad agrícola intensiva predomina en el sector oeste del territorio, la lechera en la zona norte y la forestal y agrícola de secano en el sector este (Fig. 6). Como consecuencia, es en Canelones el departamento en el que se registra la mayor producción de residuos agroindustriales (casi 83.500 toneladas en base

seca al año; Fig. 7). Las actividades que más contribuyen en la generación de estos residuos son la cría intensiva de aves de corral, la producción intensiva de porcinos, los frigoríficos, el engorde a corral, tambos y bodegas. Si bien la generación de residuos agroindustriales es adicional a la generación de efluentes líquidos puntuales y aportes difusos hacia los sistemas acuáticos, resulta un claro indicador de la intensidad productiva en el territorio.

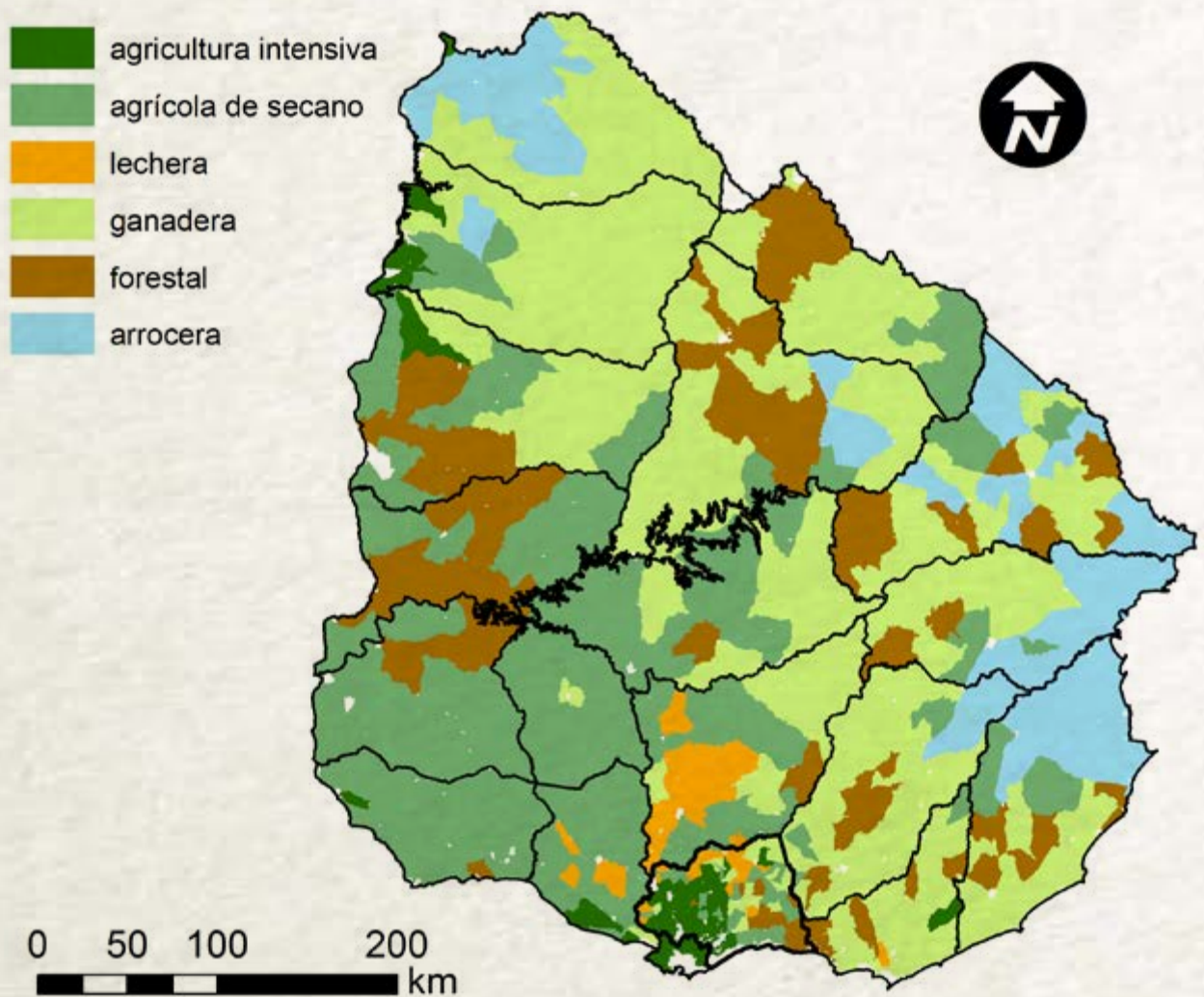


Fig. 6- Regiones agropecuarias (DIEA 2015).



Tm/año

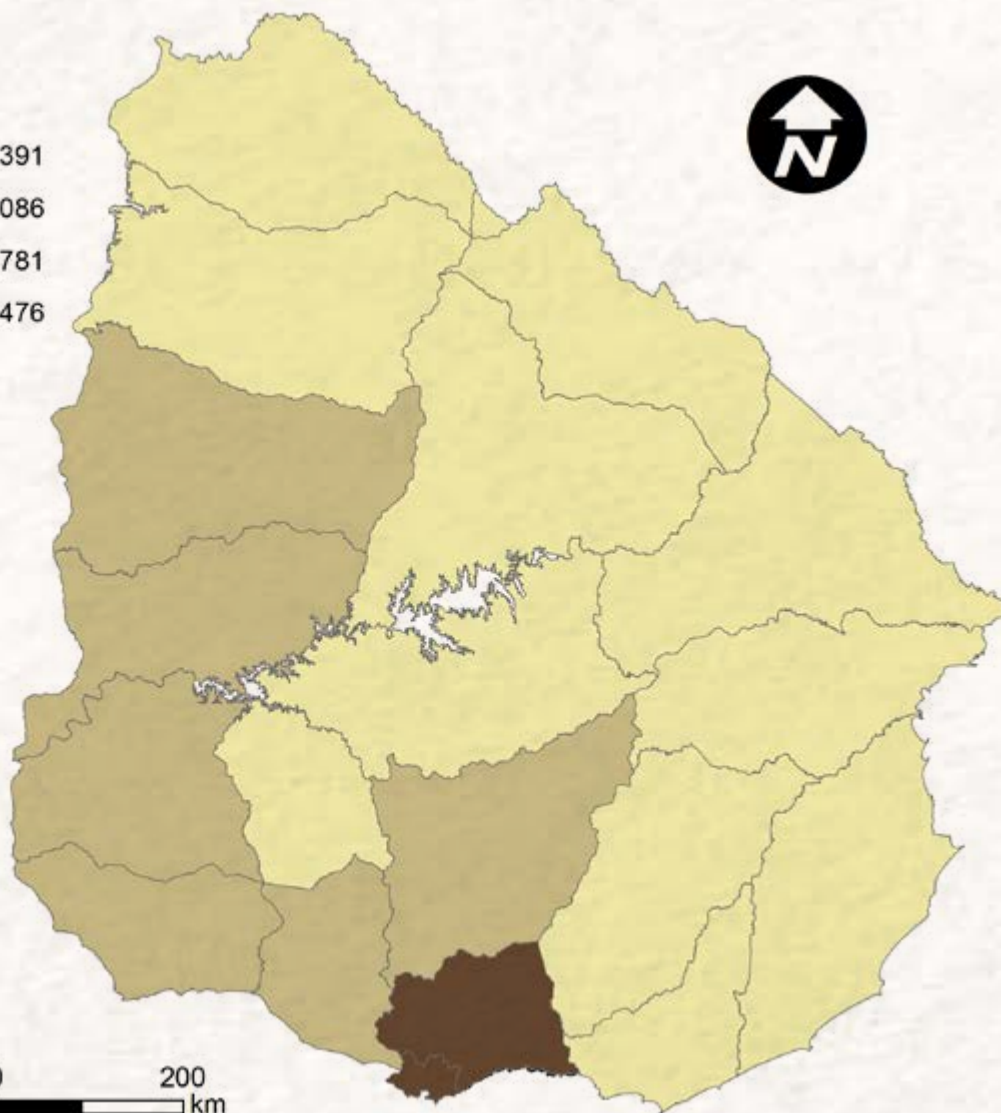


Fig. 7- Generación anual de residuos agroindustriales por departamento (Benzano et al 2016).

Canelones y los departamentos del centro sur, presentan también la mayor densidad de fuentes puntuales, entendidas estas como emprendimientos que generan efluentes de origen industrial y cloacal (Fig. 8).

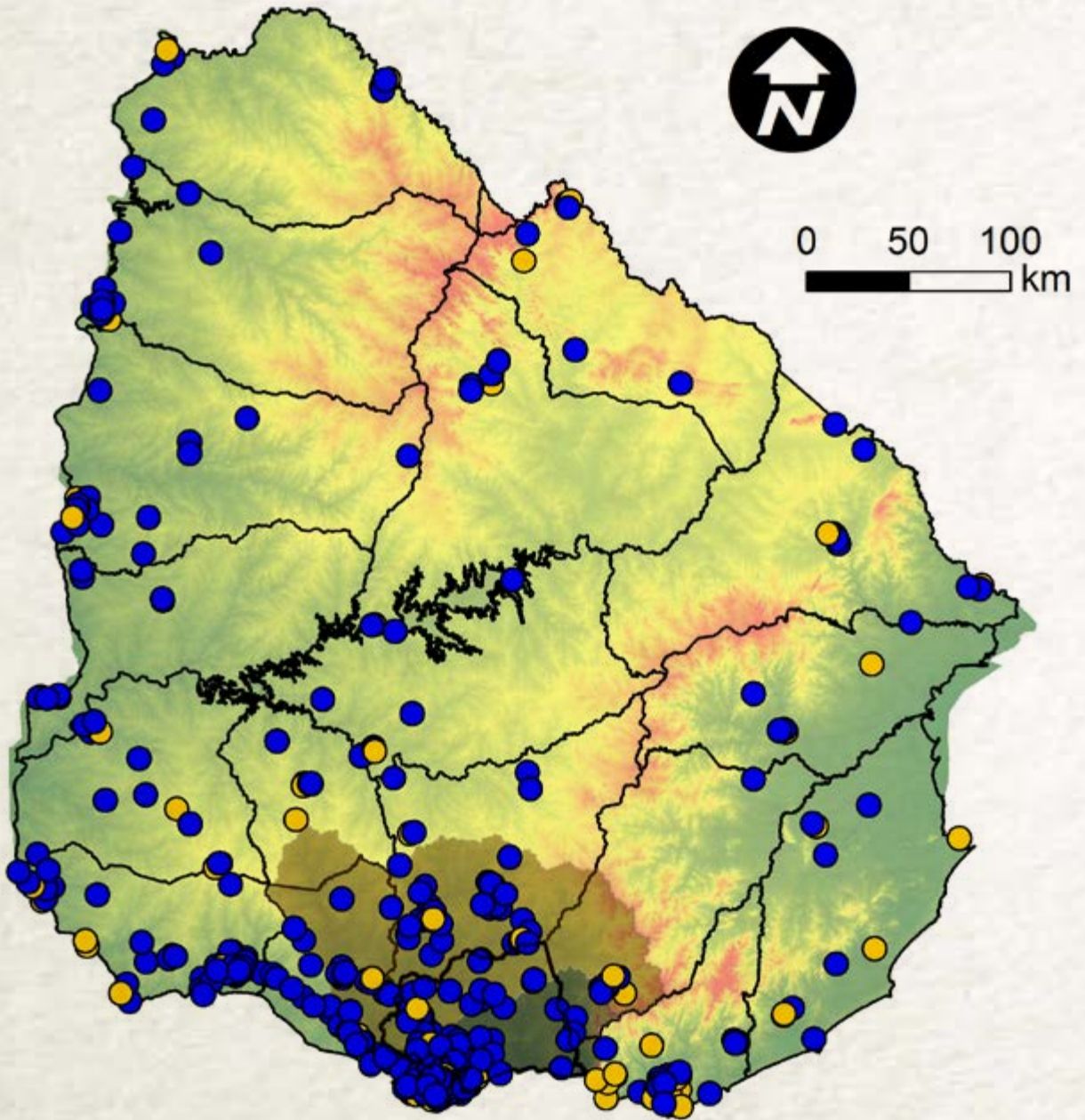


Fig. 8- Desagües industriales (azul) y domésticos (mostaza), registrados ante DINAMA/MVOTMA.



5. La diversidad de las presiones ambientales en Canelones

5.1. Producción agrícola

Si bien la actividad agrícola está presente en toda la extensión rural del departamento, su intensidad decrece desde el oeste hacia el este. Resulta particularmente alta en las cuencas del Arroyo Colorado/Las Piedras, Arroyo Canelón Chico y las áreas más cercanas y cuencas de pequeños tributarios del Río Santa Lucía (Fig. 9). El área bajo producción forestal

presenta un patrón espacial inverso disminuyendo desde el este hacia el oeste. Los valores máximos se dan en la cuenca del Arroyo Solís chico, donde los suelos de prioridad forestal alcanzan el 35% de la superficie, estando aproximadamente la mitad de dicha superficie ya forestada al 2011 (Fig. 10).

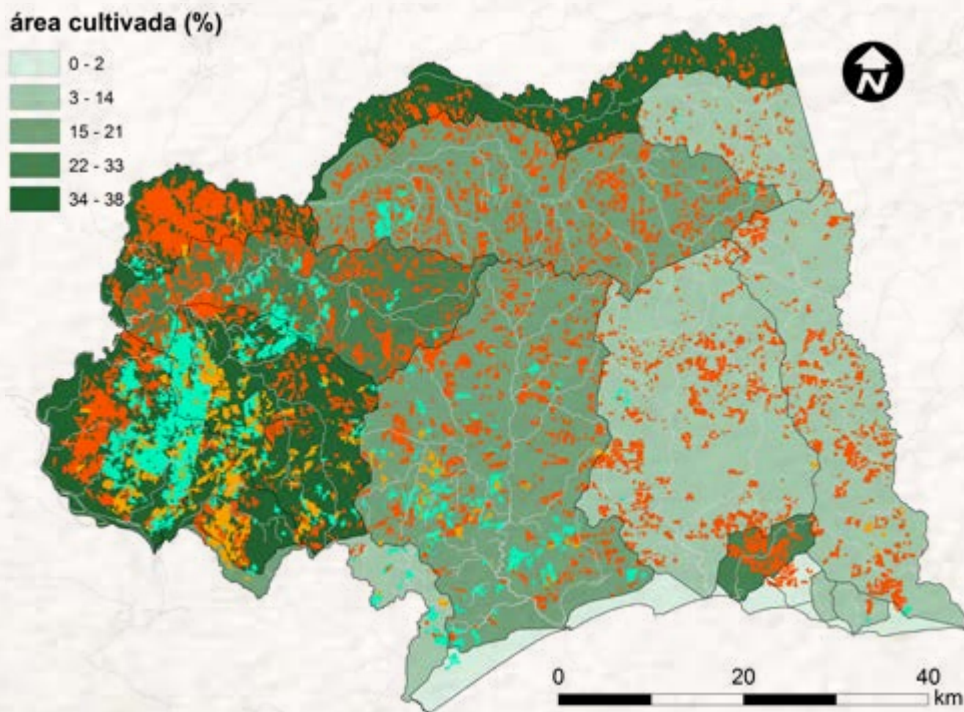


Fig. 9- Área cultivada en Canelones. El gradiente de tonos de verde aplicado a los polígonos de fondo representa el porcentaje del área de cada subcuenca bajo cultivo. Por otra parte, los polígonos naranja claro muestran las plantaciones de frutales, los naranja intenso la ubicación de los cultivos de secano, mientras los representados en tonos turquesa muestran la ubicación de los cultivos bajo riego. Procesamiento de la información de coberturas del suelo 2011 (SIT-MVOTMA 2015).

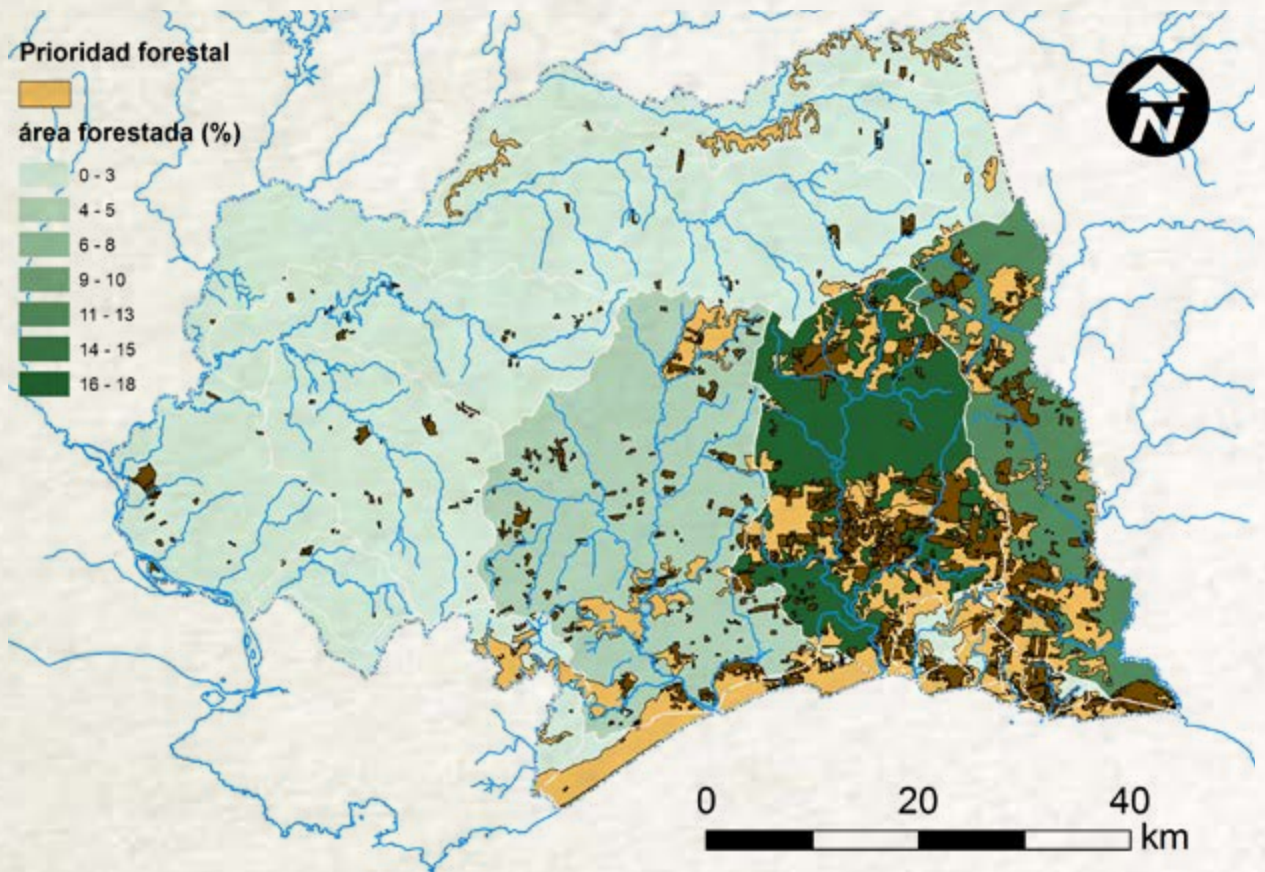


Fig. 10- Forestación Canaria. El gradiente de tonos de verde aplicado a los polígonos de fondo representa el porcentaje del área de cada subcuenca bajo forestación (plantaciones forestales, eucaliptus y pino). Los polígonos color beige muestran los suelos de prioridad forestal (MGAP 2010), mientras los representados en marrón muestran los forestados al año 2011 (SIT-MVOTMA 2015). Procesamiento de la información de coberturas del suelo 2011 (SIT-MVOTMA 2015).

5.2. Agua: vertidos y tomas superficiales para potabilización

Según el censo en 2011 la población de Canelones superaba ya los 520.000 habitantes, distribuyéndose mayormente en la zona metropolitana y costera del departamento (Fig. 11). El suministro de agua potable para esta población proviene mayoritariamente de la toma de Aguas Corrientes sobre el Río Santa Lucía. Adicionalmente se potabiliza también agua del Río Santa Lucía en Fray Marcos (curso limítrofe/ Florida), San Ramón y la ciudad de Santa Lucía, y existe una toma del Arroyo Vejigas que suministra para la Ciudad de Tala (Fig. 11). La cuenca del Arroyo Pando cuenta con 2 tomas de agua, una de ellas ubicada a la altura de la Ciudad de Pando fue dejada de utilizar recientemente. La segunda toma de la cuenca se ubica en la Laguna del Cisne, la que suministra a un amplio sector de la Costa de

Oro al este de Salinas. Adicionalmente una pequeña planta ubicada en Costa Azul y con toma en el Arroyo Sarandí complementa el suministro a un sector de Costa de Oro durante el pico de consumo veraniego. Por último, hay una toma de agua en el Arroyo Solís Grande que permite el suministro de agua a la ciudad de Montes.

Según el registro de DINAMA, los vertidos de origen industrial y doméstico se concentran mayoritariamente en las cuencas más cercanas a Montevideo: Colorado/Las Piedras, Canelón Chico, Carrasco y Pando (Fig. 11). Cabe destacar que la cuenca del Arroyo Solís Chico no cuenta con ningún vertido industrial o de plantas de tratamiento de efluentes domésticos en el registro.

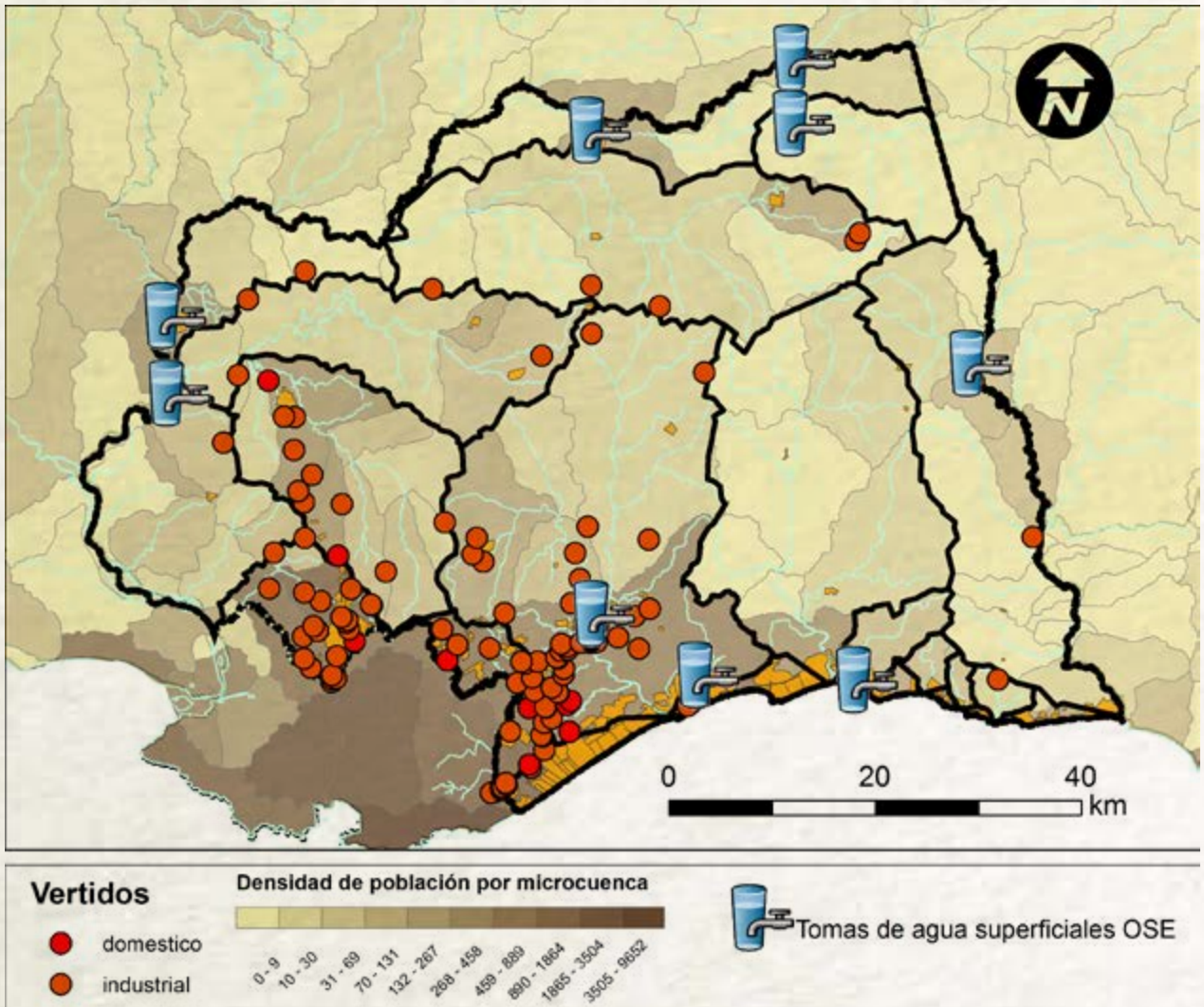


Fig. 11- Vertidos de efluentes registrados (Solicitud de Autorización de Desagüe Industrial, DINAMA) y densidad de población asignada a la clasificación de cuencas nivel 5 por la DINAMA (información disponible en el Visualizador de DINAMA, 2017). Se incluye la localización de las fuentes superficiales de agua potable del departamento y cursos limítrofes compartidos.

Existe un elevado nivel de intervención antrópica sobre el régimen de flujo (ej: canalizaciones y represamientos) de los sistemas acuáticos. Estas modificaciones, en algunos casos centenarias, determinan la fragmentación de los sistemas acuáticos al hacerse imposible el movimiento de organismos aguas arriba (ej. peces), y la pérdida de la conexión entre el canal y la planicie de inundación. Este hecho además aumenta la probabilidad de eventos de extinción local al disminuir las probabilidades de recolonización, lo que repercute negativamente sobre la biodiversidad, la estructura comunitaria, el funcionamiento, afectando de manera negativa los servicios ecosistémicos que brindan los ríos y arroyos.

En el contexto territorial profundamente intervenido de Canelones, la modificación y fragmentación de hábitat, representa una de las principales presiones sobre las especies acuáticas nativas.

Cinco de las nueve represas de mayor porte identificadas en Canelones se vinculan con manejo de agua para potabilización (Aguas Corrientes y A° Canelón Grande, Laguna del Cisne, A° Sarandí y Solís Grande). Otras se asocian al uso histórico para riego (A° Pando), actividad industrial ya inexistente (Molino Victoria, Parque Artigas de la Ciudad de Canelones) y aquellas creadas con fines recreativos (Arroyo del Bagre; Fig. 12).

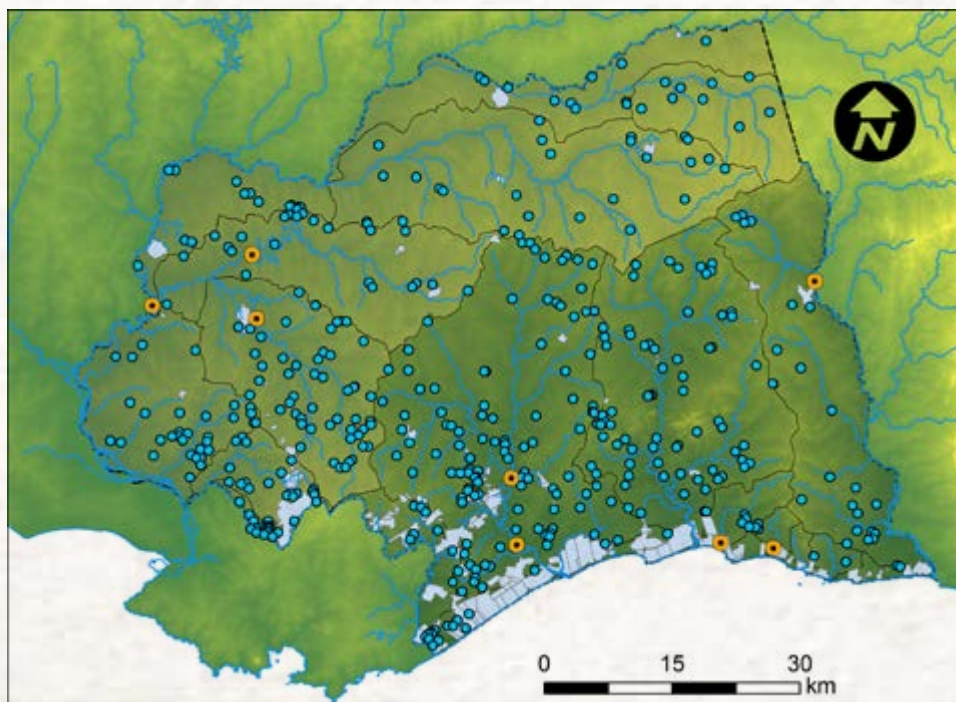


Fig. 12- Apropiación humana del agua superficial en Canelones. Las represas de mayor magnitud se marcan como círculos amarillos. Los tajamares y lagos artificiales como círculos celestes. La mayor parte de los tajamares de la zona rural de Canelones presenta fines productivos agropecuarios. Los lagos artificiales derivan de actividades extractivas (ej. lagos areneros de Ciudad de la Costa-Paso Carrasco, canteras de La Paz-Las Piedras).

6. Aguas superficiales canarias

6.1. Ríos y arroyos

La evaluación del estado de salud de los ríos y arroyos canarios se aborda en el presente informe considerando enfoques complementarios. En primer lugar se presentan los resultados de la aplicación de dos índices de calidad de agua. El denominado índice de Contaminación Orgánica-Fecal-Eutrófica normalizado (ICOFEn), fue desarrollado de forma que brinde información sobre el nivel de incumplimiento de la normativa específica de calidad de agua. El segundo se denomina Índice de Estado Trófico (IET) y fue desarrollado específicamente para sistemas de aguas corrientes de la región (Lamparelli 2004). Adicionalmente se presenta el nivel de avance en la generación de bioindicadores basados en la comunidad de peces y de un protocolo visual para la evaluación de la calidad ambiental de arroyos.

6.1.1. Indicador de cumplimiento de la normativa (ICOFEn)

6.1.1.1. Características del Índice

El índice de Contaminación Orgánica-Fecal-Eutrófica (ICOFEn) fue desarrollado para el informe sobre “Diagnóstico del Estado Ambiental de los Sistemas Acuáticos Superficiales del Departamento de Canelones Volumen I: Ríos y Arroyos” publicado en 2011. El ICOFEn integra información sobre el nivel de incumplimiento respecto a la normativa vigente (clase 3 del Decreto 253/79 y modificativos), considerando las variables indicadoras de contaminación por materia orgánica (concentración de oxígeno disuelto en agua), contaminación fecal (coliformes fecales) y contaminación por nutrientes (concentración de fósforo total).

La contaminación orgánica deriva del vertimiento de efluentes con elevada concentración de materia orgánica, cuyo proceso de descomposición provoca la disminución del oxígeno disuelto. La contaminación fecal en Canelones, deriva de las carencias del sistema de saneamiento y algunos tipos de actividad industrial asociada a la cría y faena de aves o mamíferos. El aporte de nutrientes a los sistemas acuáticos (particularmente nitrógeno y fósforo) se encuentra relacionado con el uso de fertilizantes, la erosión y al vertido directo de materia orgánica entre otros fenómenos, y es la causa del fenómeno denominado eutrofización antrópica. La eutrofización se ha convertido en la problemática más seria y extendida de los sistemas acuáticos tanto a nivel nacional, como mundial.

El índice permite identificar las regiones del territorio con mayor nivel de impacto derivado de las actividades humanas, más allá de que la disminución del tenor de oxígeno y el aumento de la carga microbiana y de nutrientes deriven o no de causas comunes.

El indicador se construye asignando un valor 0 a cada variable cuando existe cumplimiento estricto del estándar y 1 cuando existe incumplimiento. En la versión original publicada en 2011, un punto de monitoreo para el que existiese cumplimiento para las 3 variables consideradas, presentaba un valor de 0, aumentando el valor hasta 3 a medida que se registran más incumplimientos (en la versión 2011: $0 \leq \text{ICOFEn} \leq 3$). Adicionalmente, se asignaba valor de cumplimiento (cero) para los casos en los que no se disponía de datos, por lo que el índice presentaba una tendencia a sobreestimar la calidad ambiental de los sitios en los que alguna de las variables no habían sido evaluadas. Para el presente informe se contempló este aspecto de formas complementarias.

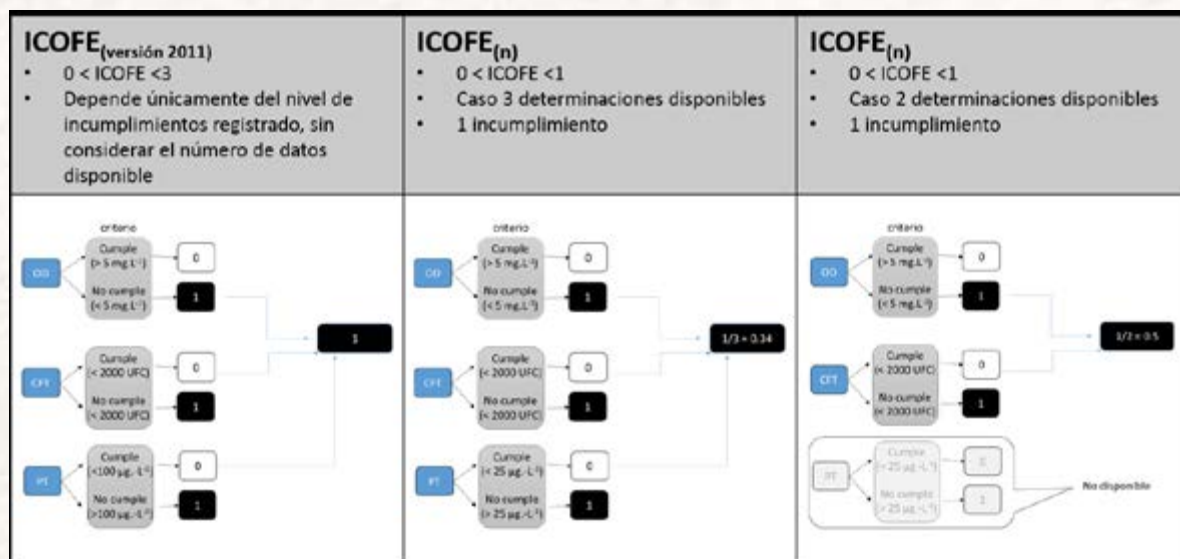
En primer lugar se modificó el ICOFEn, ponderando el resultado en función del número de datos disponible.



Esto se realizó dividiendo el valor dado por la sumatoria de incumplimientos, sobre el número de datos disponible. Se agregó una “n” como subíndice en la denominación abreviada del indicador de forma de establecer que representa la fórmula normalizada. El así generado ICOFEn debe ser interpretado como una proporción de incumplimientos respecto al número total de datos disponibles, tomando un valor de 0 en el caso de que ninguna de las variables incumpla la normativa y aumentando el valor hasta un máximo de 1 a medida que se registran más incumplimientos ($0 \leq \text{ICOFEn} \leq 1$). Como ejemplo, si para un sitio se dispone de datos para las tres variables y sólo una presenta incumplimiento, el ICOFEn tomará un valor de 0.34 (1/3; Cuadro 1). Ahora si únicamente se dispone de datos para dos de las tres variables y una de las dos presenta incumplimiento, el ICOFEn tomará un valor de 0.50 (1/2; Cuadro 1). En segundo lugar se estimó un índice de fortaleza del set de datos utilizado, como el cociente entre el número total de datos

disponibles sobre el número total de datos que debería existir si las tres variables hubiesen sido determinadas en todos los muestreos.

La condición de incumplimiento fue asignada siempre que la concentración de oxígeno disuelto fue menor a 5 mg/L y los coliformes fecales superaron los 2000 UFC/100mL. Para fósforo, en 2011 se decidió tomar el valor objetivo de calidad establecido en la propuesta sustitutiva del Decreto 253/79 de 100 µg-P/L (Cuadro 1). Al no haber sido aprobada a 2017 y habiendo existido elaboraciones técnicas posteriores al respecto (trabajo de la Mesa Técnica Asesora en el ámbito de DINAMA durante 2017), se definió asignar cumplimiento de acuerdo a lo establecido en el Decreto referido (valores superiores a 25 µg-P/L; Cuadro 1). Complementariamente, la magnitud del incumplimiento en los niveles de fósforo total será explorada en mayor detalle utilizando el Índice de Estado Tráfico.



Cuadro 1- ICOFE vs ICOFEn. Ejemplos de valores del ICOFE estimado según el criterio aplicado en 2011 y el ICOFEn generado para el presente informe.

Habiéndose descartado la existencia de tendencias marcadas hacia el detrimento o la mejora de la calidad ambiental durante el período bajo análisis, se persiguió el objetivo de realizar una caracterización robusta y con el menor nivel de influencia de datos raros (entendidos estos como datos que ocurren con muy baja frecuencia). En el presente informe se reporta el valor medio de ICOFEn para cada sitio estimado utilizando los datos generados en las 10 campañas de monitoreo del Plan Permanente de Monitoreo canario entre invierno de 2008 e invierno de 2016 (ver Anexo 1). Si bien se realizó una campaña en verano de 2017, los análisis de contenidos de nutrientes no estuvieron disponibles en los plazos necesarios para integrarlos al presente reporte.

De un total de 67 puntos de muestreo, se seleccionaron 49 sobre la base de los siguientes criterios: 1) que al menos hubiesen sido muestreados en 3 instancias, 2) que la fortaleza estimada no fuera menor a 0.2 para ninguna de las 3 variables consideradas para la generación del índice y 3) no incluir subcuencas que únicamente incluyeran un único punto de muestreo.

6.1.1.2. Resultados

Los mayores niveles de incumplimiento medio a nivel de cuenca fueron registrados en las cuencas de los A° Colorado/Las Piedras (0.64-0.68 respectivamente; Fig. 13). En un segundo nivel se situaron el A° Canelón chico (0.52) y Carrasco (0.51) y algo por debajo el A° Pando (0.46). Las cuencas del A° Tala y Canelón Grande (exceptuando la subcuenca del Canelón Chico) y el cauce principal del Río Santa Lucía presentaron valores entre 0.36 y 0.38 (Fig. 13). Las cuencas de Solís Chico y Grande presentan los mejores niveles entre todas las subcuencas analizadas (0.34 y 0.26 respectivamente; Fig. 13).

Cabe destacar que el valor de ICOFEn fue estimado para el cauce principal del Río Santa Lucía y asignado en el sistema de información geográfico a la franja de aportes directos hacia el Río y pequeños tributarios. Sin embargo es imprescindible destacar que la condición ambiental del Río Santa Lucía se vincula más fuertemente a la sumatoria de actividades que se realizan dentro de otras subcuencas canarias y fuera de los límites departamentales (Fig. 3 y 4). En concreto debe tenerse en cuenta que la asignación de color verde a zonas como la de Las Brujas, corresponde a datos aguas abajo en el curso principal del Río Santa Lucía y no a puntos de muestreo específicos en los cursos de agua de la zona de Las Brujas (ver Fig. A1-Anexo 1).

La fortaleza media de los monitoreos incluidos en el presente informe rondó el 70% (0.7) en la mayoría de las subcuencas de Canelones. Los guarismos menores en las cuencas limítrofes deben ser interpretados cuidadosamente (0.37 en la Cuenca del A° Las Piedras y 0.56 en la del A° Carrasco), ya que estas son las cuencas sometidas a los muestreos de mayor frecuencia gracias a la existencia de programas de monitoreo por parte de ambas intendencias involucradas (Montevideo y Canelones). Como consecuencia, la Comuna Canaria decidió trasladar parte del esfuerzo realizado en esos cursos a otros puntos del territorio, por lo que solamente si se consideran únicamente los datos del Plan Permanente de Monitoreo (tal como fue hecho para la estimación del ICOFEn) la fortaleza del muestreo es menor.

La totalidad de los puntos monitoreados presentaron incumplimientos. Los puntos con los mayores valores de ICOFEn (≥ 0.8) se ubican en las cuencas del A° Colorado, Carrasco, Pando y Canelón Chico, mientras los de menores niveles de incumplimiento (ICOFEn < 0.3) corresponden a puntos de la cuenca del A° Solís Grande, Chico, cauce principal del Río Santa Lucía y embalse del A° Canelón Grande.



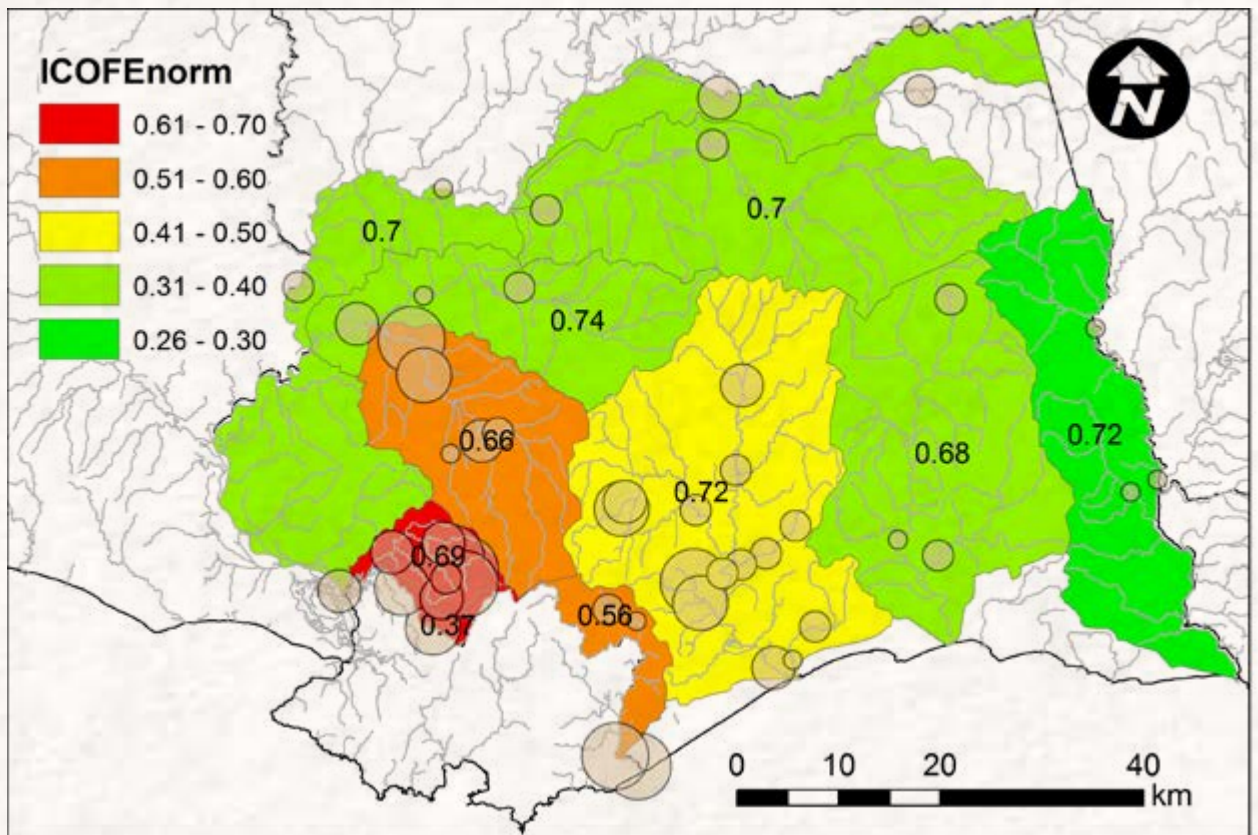


Fig. 13- Representación del valor medio del ICOFEn en cada una de las cuencas analizadas en el Departamento de Canelones. La escala de colores del verde, amarillo, naranja y rojo simboliza el gradiente de valores promedio de cada subcuenca para todo el lapso analizado. Téngase en cuenta que los valores verdes no representan cumplimiento total de la normativa (siempre ICOFEn > 0.25). Las cuencas con pocos puntos o datos insuficientes para la generación del ICOFEn se representan en blanco (ej. A° Vejjigas, Sarandí, Del Bagre). El diámetro de los círculos representan el valor promedio de ICOFEn para cada punto de muestreo (rango: 0.19-1.00). Los números asignados a cada cuenca resumen la fortaleza del set de datos utilizado para la estimación del ICOFEn.

6.1.2. Índice de Estado Trófico

6.1.2.1. Características del índice

El aumento de la carga de nutrientes en los sistemas acuáticos genera un marcado incremento de la abundancia de productores primarios, o sea plantas acuáticas, algas y/o cianobacterias. Como consecuencia se producen eventos de anoxia (ausencia de oxígeno), generación de toxinas biológicas, mortandades masivas de peces, y pérdidas de biodiversidad, afectando la disponibilidad de agua para diversos usos.

En consecuencia, hace ya casi 100 años los ecosistemas acuáticos comenzaron a ser clasificados por su nivel total de nutrientes (fundamentalmente fósforo) en las siguientes categorías: oligotrófico (bajo contenido de nutrientes), mesotrófico (niveles intermedios), eutrófico (elevados niveles). Sin embargo la discusión académica sobre cuáles son los umbrales entre estos estados se encuentra aún vigente.

El Índice de Estado Trófico utilizado en el presente informe fue generado en Brasil (Lamparelli 2004) y permite asignar un estado trófico a partir de la concentración total de fósforo en agua (fórmula 1).

(fórmula 1)
$$IET (PT) = 10 * (6 - ((0,42 - 0,36 * (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

donde PT= Fósforo Total expresado en µg/L (microgramos por litro)

Esta formulación del índice fue desarrollado específicamente para sistemas de aguas corrientes (y resulta solamente aplicable a estos), por lo que la asignación de cada estado trófico es realizada a concentraciones de fósforo total comparativamente

mucho mayores que otros índices desarrollados para sistemas de agua quietas (ej. Carlson 1977; Tabla 1). Este hecho se basa en que la productividad biológica potencial de un ecosistema se vincula también con el tiempo de residencia, por lo que en los lagos se alcanzan mayores niveles de producción con niveles de nutrientes menores (no hay pérdida por lavado). Si bien este índice (como cualquier otro), puede ser profundamente discutido, fue seleccionado por el hecho de que es utilizado por la DINAMA para evaluar el estado trófico en diversos cursos de agua del país (https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/indice-estado-trofico/) y permite presentar gráficamente de una forma simple la magnitud del proceso de eutrofización en el territorio canario.



Estado trófico	IET (Lamparelli 2004)			IET _C (Carlson 1977)
	concentración de PT	valor IET	color asignado	concentración de PT
ultraoligotrófico	< 12.3	IET < 47		< 6
oligotrófico	12.3 - 32.2	47 < IET = 52		< 12
mesotrófico	32.2 - 125	52 < IET = 59		12 < IET _C < 24
eutrófico	125 - 270	59 < IET = 63		24 < IET _C < 96
supereutrófico	270 - 585	63 < IET = 67		
hipereutrófico	> 585	IET > 67		IET _C > 96

Tabla 1- Estado trófico asignado y rangos de concentración de fósforo total ($\mu\text{g P/L}$) correspondientes según la propuesta de Lamparelli (2004) aplicable a sistemas de aguas corrientes (lóticos). Con fines comparativos se presenta los rangos de fósforo propuestos por Carlson 1977 para sistemas de aguas quietas (lénticos).

Para la estimación del IET (Índice de Estado Trófico) se generó una base de datos integrada, agregando al set completo del Plan Permanente de Monitoreo (67 sitios), datos de los mismos puntos generados por la Intendencia de Montevideo (cursos compartidos), DINAMA y trabajos académicos (Anexo 2).

El número de datos disponible por sitio es muy variable (1 a 36), habiéndose registrando mayor frecuencia de muestreo en los cursos compartidos con Montevideo y parte de la cuenca del Santa Lucía. Este hecho deriva de la complementariedad de los programas de monitoreo con la Intendencia capitalina y la DINAMA. Con el objetivo de explorar la variabilidad estacional del estado trófico (análisis no presentado en este documento), los datos se promediaron por estación del año (trimestres). Se dispuso así de datos para un total de 45 trimestres no consecutivos para el período 2004-2016. Se presentan los valores medios del IET para cada sitio, informándose adicionalmente el número de datos disponibles para cada sitio (Fig. 14).

6.1.2.2. Resultados

Los mayores niveles del índice fueron registrados en la zona oeste del Departamento (Fig. 14). Las cuencas de Las Piedras y Colorado presentaron los valores máximos, seguidas por la cercana subcuenca del A° Canelón Chico y la del A° Carrasco. Las cuatro cuencas nombradas fueron clasificadas en el estado trófico más alto de la escala (hipereutrofia). Los sistemas de la cuenca del A° Canelón Grande sin incluir el Canelón Chico y el Pando fueron clasificados como supereutróficos. Por otra parte, fueron clasificadas como eutróficos el curso principal del Río Santa Lucía, y las cuencas del Este (Solís Chico y Grande, del Bagre y Sarandí). Los puntos con menores niveles medios de fósforo correspondieron a la cabecera del arroyo Las Piedras, y tanto el arroyo Solís Chico como el Arroyo Sauce de Solís (afluente del A° Solís Grande) a la altura de la Ruta 8.

El 36.4% del total de los sitios muestreados en Canelones fue clasificado como hiperutrófico, el 28.8% como superutrófico y el 30.3% como eutrófico. Únicamente el 4.5% fue clasificado como mesotrófico. No se relevaron puntos oligotróficos para Canelones.

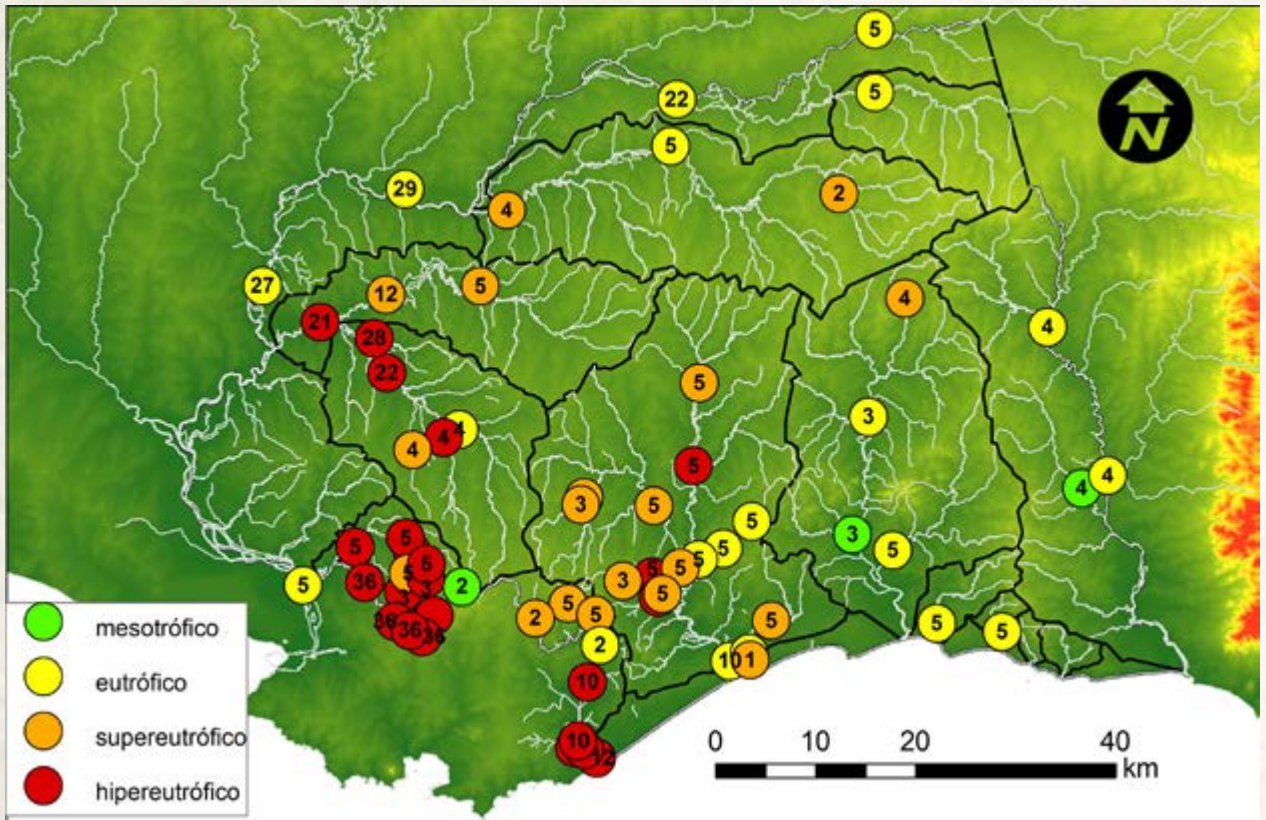


Fig. 14- Representación del estado trófico medio asignado mediante el IET en cada uno de los puntos analizados en el Departamento de Canelones (escala de color). El valor del índice varía entre mesotrófico y eutrófico (ver leyenda). Los números representan la cantidad de datos disponibles para cada sitio.

6.1.3. Biomonitorio de comunidades de peces

El biomonitorio se define como el uso sistemático de las respuestas biológicas para evaluar los cambios del ambiente y la calidad o salud del ecosistema. La generación de índices bióticos basados en el grado de sensibilidad o tolerancia de los organismos, permite contar con herramientas de evaluación del nivel impacto de las actividades antrópicas sobre los ecosistemas, así como valorar la dirección que toma el sistema luego de implementadas medidas de manejo (base del manejo integrado adaptativo).

Los peces se consideran buenos indicadores biológicos, dado que presentan alta sensibilidad a las presiones antrópicas como la contaminación química, la eutrofización, la acidificación y modificaciones del hábitat como ser la canalización y pérdida de monte ripario, entre otras. En consecuencia son utilizados frecuentemente a nivel mundial en programas de biomonitorio. Entre las ventajas de la utilización de peces para biomonitorio se incluye la ubicuidad, longevidad, diversidad de grupos tróficos, de reproducción y tamaños, lo que hace que presenten un amplio rango de sensibilidad a diferentes estresores.



En el marco del Convenio Vigente entre la Comuna y la UDELAR, durante febrero de 2017 se muestrearon 27 arroyos en el departamento de Canelones y en cuencas compartidas dentro de departamentos limítrofes (Maldonado, Florida y Montevideo; Fig. 15).

Los arroyos fueron seleccionados considerando un amplio gradiente de deterioro, y la colecta se realizó utilizando pesca eléctrica puntual siguiendo el protocolo de muestreo de Teixeira de Mello, et al. (2014; Fig. 16).

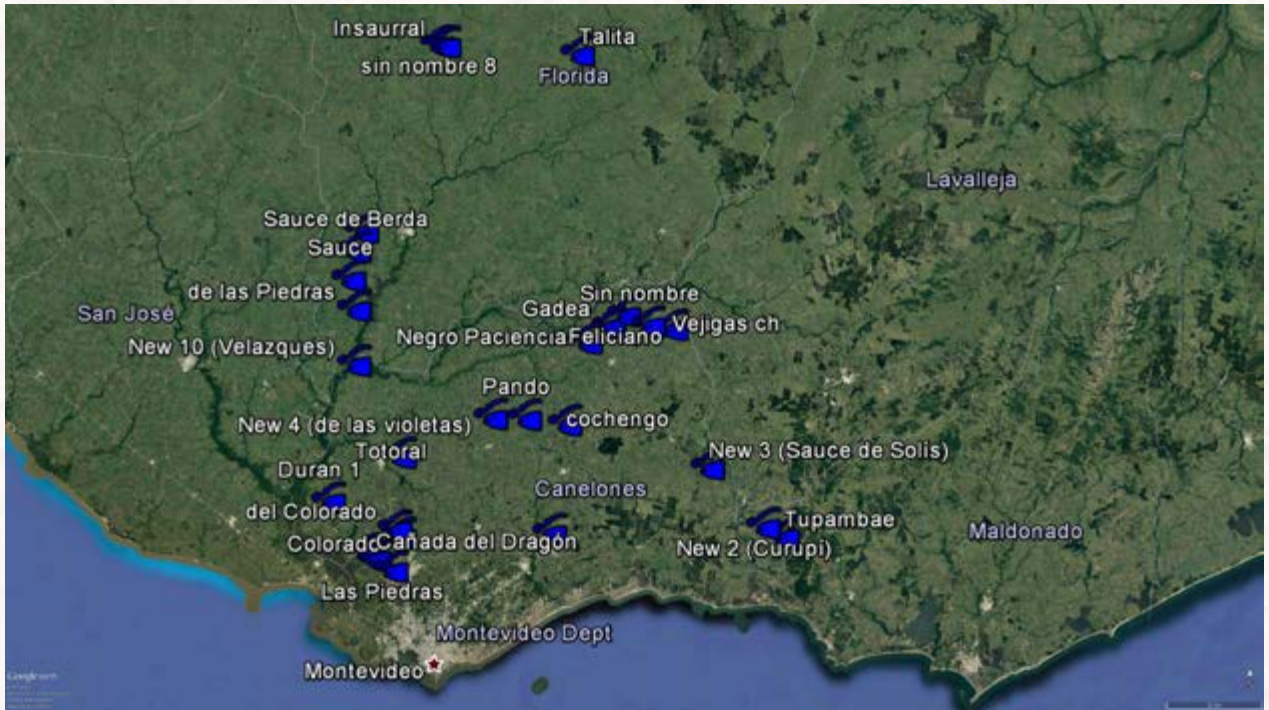


Fig. 15- Sitios muestreados para el desarrollo de biomarcadores basados en la comunidad de peces.

Si bien el procesamiento de muestras se encuentra en desarrollo aún en los laboratorios del CURE, algunos patrones ya han podido ser percibidos. Entre estos se ha detectado un franco dominio de la madrecita *Cnesterodon decemmaculatus* y pérdida de especies en los sitios más deteriorados. Estos resultados son concordantes con otros resultados obtenidos para otras zonas de Uruguay (Teixeira de Mello, 2007; Benejam et al. 2016; Casás 2017). Por otra parte, los muestreos realizados están permitiendo conocer

aspectos de la diversidad íctica del departamento de Canelones, la que ha sido muy poco estudiada.



Fig. 16- Desarrollo de conocimiento aplicable al biomonitorio en Canelones. Pesca eléctrica (izquierda): la captura se realiza de forma estandarizada, aplicando 50 pulsos eléctricos en un tramo de 50 metros. Procesamiento de muestras (derecha).

6.1.4. Evaluación de la salud ambiental de arroyos: desarrollo de un protocolo visual

Los protocolos visuales permiten aplicar procedimientos simplificados para evaluar la calidad o salud del ambiente sin requerir de equipamientos costosos o grandes inversiones. Los criterios técnicos subyacentes se contextualizan utilizando un formato y lenguaje comprensible que permita ser utilizado por la población en general. Dadas estas características, se pretende generar las condiciones necesarias para integrar a las distintas partes involucradas en las problemáticas en torno a los arroyos y cañadas, proporcionando un medio para profundizar en el entendimiento público de lo que es un impacto negativo en el medio ambiente. La utilización de estas herramientas de forma sistemática representa una forma útil para la identificación de cambios en el ecosistema a través del tiempo, fomentando además el desarrollo de planes de gestión y restauración participativa.

El proceso de adaptación del protocolo visual a las características de nuestros ecosistemas de aguas corrientes, se realizó a partir de una instancia de monitoreo participativo, y luego se aplicó en 38 cañadas del departamento de Canelones y cuencas compartidas en departamentos limítrofes. Los resultados obtenidos por la aplicación del protocolo visual fueron concordantes con los obtenidos a través de la evaluación de variables fisicoquímicas. Entre las principales afectaciones detectadas por la aplicación del protocolo visual se destaca la canalización y la rectificación del canal, el acceso del ganado al curso de agua, la pérdida de monte y la erosión de los bancos laterales.

6.2. Laguna del Cisne

La laguna del Cisne es la única laguna natural del departamento de Canelones. Su cuenca es parte del sector inferior de la cuenca del arroyo Pando y sus principales tributarios son los arroyos Piedra del toro y Cañada del cisne, desaguando por el arroyo Tropa Vieja. La misma es utilizada para el abastecimiento de agua potable de un amplio sector de la Costa de Oro desde el año 1970.

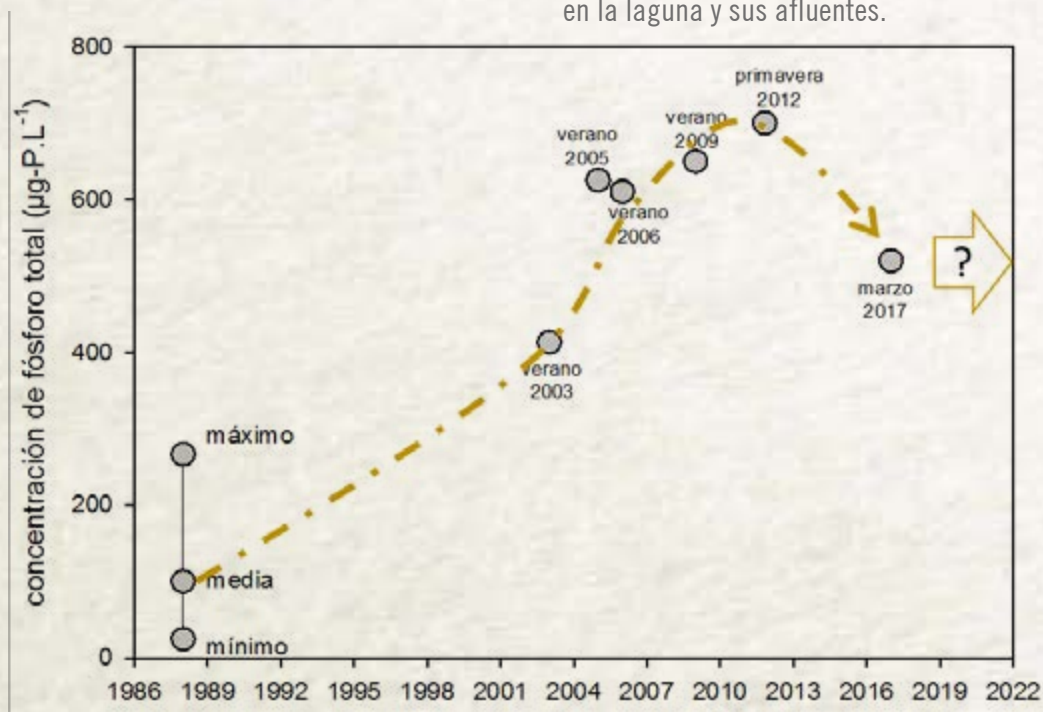
El sistema se encuentra bajo fuertes tensiones que integran la extracción de agua para potabilización y cambios del régimen del uso del suelo en dirección de la intensificación. Como consecuencia, la concentración promedio de fósforo total en el agua de la Laguna se incrementó desde aproximadamente 100 $\mu\text{g-P/L}$ al finalizar la década del 80, a 700 $\mu\text{g-P/L}$ en 2012 (Fig. 17). Lo acelerado del incremento ocurrido en pleno período de intensificación del uso del suelo en la cuenca, permite afirmar que las causas no fueron naturales.

Si bien el fósforo no genera efectos en la salud, niveles tan elevados establecen riesgos ambientales y sanitarios no despreciables (ver 6.1.2), poniendo en riesgo la continuidad del suministro de agua potable. De acuerdo a la información disponible, las típicas problemáticas de calidad de agua derivadas del proceso de eutrofización ocurrieron tardíamente al comenzarse a registrar eventos de floraciones cianobacterianas. Este retardo percibido, deriva de los relativamente bajos niveles de nitrógeno, los elevados de niveles compuestos orgánicos coloreados y la elevada turbidez del agua. Más información sobre el

conocimiento del funcionamiento de la laguna del Cisne puede ser consultada en el informe específico publicado en el año 2011.

La situación ambiental mencionada sumada a un intenso conflicto generado por el uso de plaguicidas en la cuenca, establecieron las bases para que, a iniciativa de la Comuna, se conformase la Comisión de la Cuenca de la Laguna del Cisne. En 2 años y medio de trabajo, este ámbito ha dado el marco para la interacción entre diversos actores institucionales y comunitarios involucrados, posibilitando la construcción colectiva en temas como el monitoreo o la reconversión productiva. A la fecha rigen, aprobadas por la Junta Departamental de Canelones la Categorización Cautelar, Medidas Cautelares y de Protección.

En el marco del Convenio de colaboración entre la Intendencia y el CURE se realizaron dos nuevas campañas de monitoreo, al comienzo de la primavera de 2016 y hacia el final del verano de 2017. La concentración de fósforo total media en la laguna fue de 429 en el primero de los muestreos y de 520 $\mu\text{g-P/L}$ en el más reciente (Fig. 17). Si bien estos datos resultan auspiciosos, no es posible concluir que el proceso de incremento de la carga de nutrientes se haya revertido. De todas formas debe tenerse en cuenta que los niveles registrados de fósforo se encuentran muchas veces por encima respecto a lo deseable para una Laguna fuente de agua para consumo humano. El avance más reciente del trabajo conjunto entre actores de la subcomisión de monitoreo involucra la presentación ante la DINAMA de una propuesta de monitoreo de plaguicidas que incluye la evaluación de las matrices agua, sedimentos y biota en la laguna y sus afluentes.



FFig. 17- Variación histórica del contenido de fósforo total en el agua de la Laguna del Cisne. Para la construcción de la gráfica se tomaron datos únicamente de los períodos cálidos.



6.3. Lagos urbanos

Los lagos artificiales forman parte del paisaje característico de la Ciudad de la Costa y Paso Carrasco (Fig. 18). Tal como sistemas similares de todo el mundo, estos se encuentran sujetos a presiones de origen antrópico como vertimiento de efluentes cloacales, derrames, escorrentía superficial y aportes subterráneos de nutrientes, aporte de coliformes fecales, entre otras.

Existen evidencias suficientes y consenso en la comunidad científica de que el problema ambiental generalizado en estos sistemas es la eutrofización (contaminación por nutrientes). Por lo tanto deben ser entendidos como sistemas ambientalmente degradados, con un franco deterioro durante las últimas décadas y pasibles de transitar por estados de muy baja calidad de agua asociados al desarrollo exacerbado de productores primarios. Son sistemas biológicamente poco diversos, donde ocurren mortandades masivas recurrentes de peces y otras especies sensibles, eventos de intensos malos olores, y presentan elevada probabilidad de desarrollo de floraciones potencialmente tóxicas, e interferencias significativas con diversos usos de los recursos acuáticos.

Desde hace unos años se dispone de una batería de opciones de intervención ecosistémica fundamentadas en el desarrollo científico de la ecología de lagos. Sustentadas en un adecuado diagnóstico, es posible modificar la estructura y funcionamiento sistémico, rehabilitando los sistemas de forma que cumplan con estándares mínimos pretendidos. Sin embargo, ninguna inversión o intervención única, permitirá

solucionar la problemática definitivamente. Una vez comenzados, los planes de rehabilitación deben ser seguidos y sostenidos en el tiempo, con la misma lógica que involucra el mantenimiento de un jardín u otro espacio público verde, la recolección de residuos o la eliminación de basurales endémicos. En muchos casos será más adecuado o necesario implementar una combinación de alternativas más que medidas aisladas y, en todos los casos, cualquier opción deberá estar enmarcada en un plan de monitoreo adecuado. El plan de acción debe ser incremental, tener capacidad de aprendizaje y ajuste adaptativo. Sólo implementando un sistema de gestión sobre ese supuesto es que se lograrán los objetivos perseguidos. Si bien en un primer análisis puede suponerse que la dificultad es técnica, la clave del éxito está en encontrar el diseño organizacional más adecuado, las vías de financiamiento sostenibles en el tiempo y desarrollar las capacidades humanas y de infraestructura indispensables. Con el objetivo de avanzar en ese sentido es que la Comuna Canaria viene trabajando en conjunto con la Universidad de la República desde hace casi 10 años. En ese marco en el año 2014 se produjo un documento donde se resumieron las bases técnicas para el establecimiento planes de gestión ambiental de los lagos. El trabajo desarrollado ofreció una visión comprehensiva de la situación, sus causas y problemas asociados, y una referencia extensa de fundamentos y procedimientos pasibles de ser aplicados a priori. A continuación se resumen los avances realizados en el último año y medio de trabajo, desarrollo que persigue el objetivo de realizar propuestas a medida para la gestión de las principales problemáticas ambientales de lagos.



Fig. 18- Lagos de Paso Carrasco y la zona oeste de Ciudad de la Costa (arriba) y de la zona central de Ciudad de la Costa (abajo). Estos últimos fueron construidos recientemente con el objetivo de retener pluviales.



6.3.1. Bases teóricas y avances del conocimiento aplicable a la gestión ambiental

Los sistemas lénticos (lacustres) son por naturaleza sumideros/acumuladores de la materia. Así, a medida que los lagos envejecen, van aumentando su carga interna de sustancias (ej. nutrientes, etc.). La calidad de agua depende entonces fuertemente de la historia del lago y de las actividades que se desarrollan en su entorno. Depende también de como circulen entre componentes del sistema, particularmente entre la columna de agua y los sedimentos.

Un aspecto funcional particularmente relevante en la circulación interna en los lagos profundos, es la estra-

tificación vertical de origen térmico (Fig. 19). Durante la estación cálida la radiación solar es capaz de calentar la masa de agua superficial, disminuyendo la densidad del agua. La capa profunda del lago permanece oscura, más fría y densa. La estabilidad de la estratificación térmica depende del volumen de cada capa de agua y de la diferencia de temperatura entre ambas (además de la forma de la cubeta, su superficie y orientación respecto a los vientos predominantes), y suele ser suficiente para ser el factor determinante de la distribución vertical de sustancias (como nutrientes) y partículas y organismos.

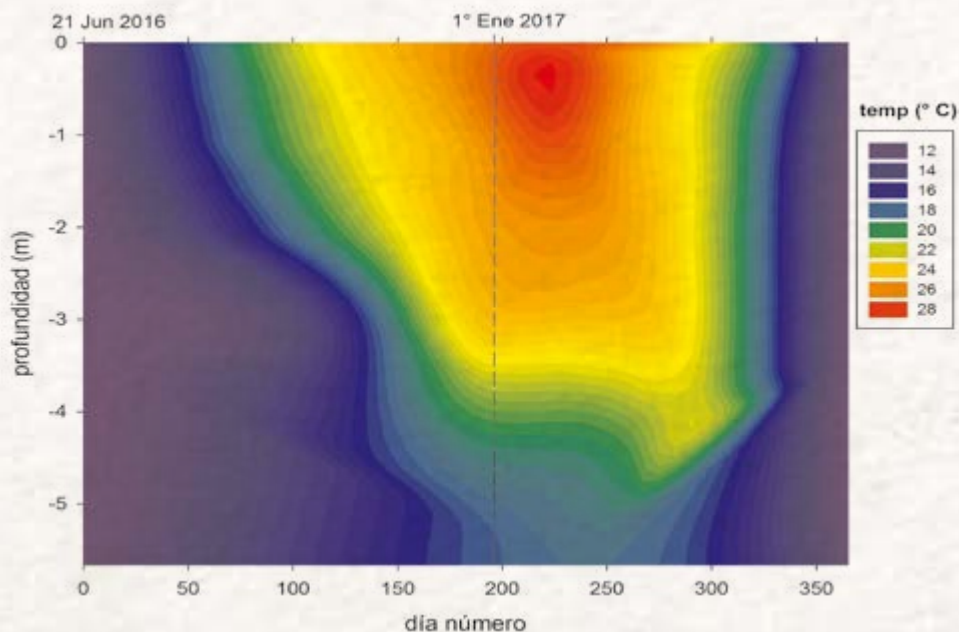


Fig. 19- Variabilidad vertical y temporal de la temperatura de la columna de agua en el lago Jardín de Lagomar (otoño 2016-otoño 2017). Puede observarse como en invierno la temperatura resulta homogénea verticalmente, mientras en verano existe una fuerte diferencia vertical de temperatura, (estratificación térmica).

Mientras perdure la estratificación, la fotosíntesis únicamente puede ocurrir en la capa superficial iluminada, y el transporte vertical de materia es básicamente descendente condicionado por la gravedad. Como consecuencia, en la capa oscura y profunda no se produce oxígeno por fotosíntesis y a medida que la estratificación transcurre, el contenido de materia orgánica y nutrientes aumenta y el oxígeno disponible se consume (Fig. 20). La intensidad de la unión del fósforo a los sedimentos es dependiente de la interacción entre la concentración de oxígeno en la interfase agua-sedimentos y el contenido de metales del sedimento. Esto se debe a que el fósforo de los sedimentos se libera del hierro y pasa a la columna de agua en condiciones de bajos niveles de oxígeno.

Puede comprenderse entonces el funcionamiento de un lago profundo estratificado térmicamente, como un lago iluminado, cálido y relativamente poco denso, que interactúa con la atmósfera y que va perdiendo paulatinamente su fósforo hacia el fondo, flotando sobre un lago oscuro, más frío y denso, que interactúa con los sedimentos y que cada vez es más rico en nutrientes. Los eventos de mezcla de la columna de agua ocasionados al final del verano, determinan la homogenización vertical de la columna de agua (desestratificación), pudiendo hacer disponible nuevamente los nutrientes (o contaminantes) en las capas superficiales, iluminadas y productivas biológicamente (Fig. 19 y 20).

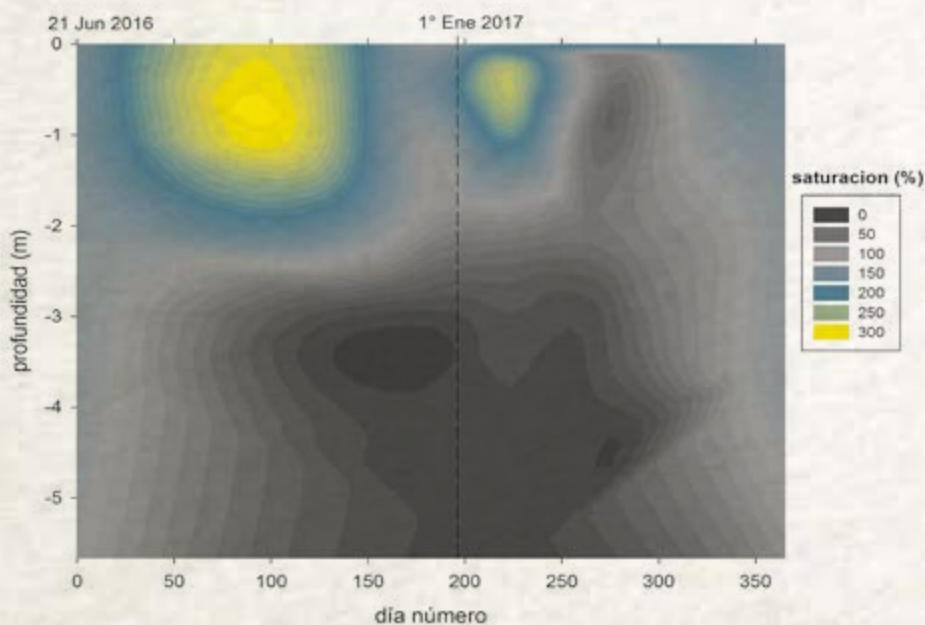


Fig. 20- Variabilidad vertical y temporal de la concentración de oxígeno disuelto en el lago Jardín de Lagomar (otoño 2016-otoño 2017). Puede observarse como durante el verano la concentración de oxígeno disuelto en las capas profundas del lago disminuye mucho y en algunos momentos, se hace cero. Obsérvese que al final del verano, cuando se pierde la estratificación térmica (ver Fig. 19), la concentración de oxígeno baja mucho en toda la columna de agua. Ese momento fue coincidente con fenómenos de mortandades masivas de peces en 2 lagos y una muy intensa floración cianobacteriana potencialmente tóxica en un tercero.



Desde la segunda mitad de 2016 y 2017, se vienen desarrollando estudios para estimar la carga interna de nutrientes para 4 de los lagos con el objetivo de evaluar la factibilidad de su inmovilización mediante la utilización de secuestrantes específicos. La estrategia seguida incluye la realización de relevamientos batimétricos (perfil de profundidades; Fig. 21), dirigidos al cálculo del volumen total de agua del sistema. Este dato, en conjunto con el conocimiento los niveles de nutrientes en las capas superficiales y profundas (Fig. 22), permitirán estimar la carga interna (cantidad total) de nutrientes asociada a la columna de agua.

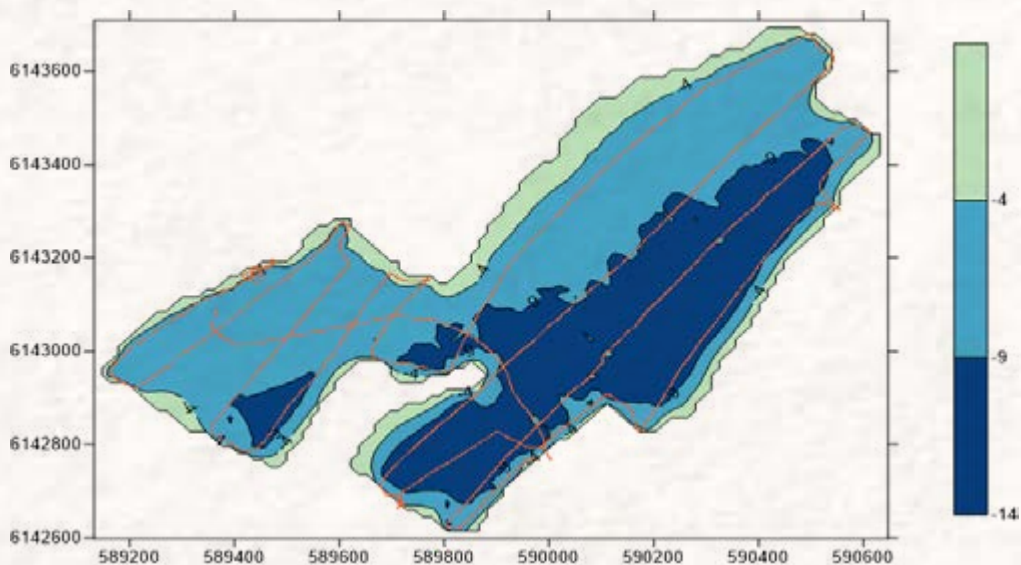


Fig. 21- Relevamiento batimétrico del lago Botavara (Ciudad de la Costa), la línea roja representa el recorrido realizado con la sonda, en los ejes se muestra las coordenadas y el color indica la profundidad en metros.

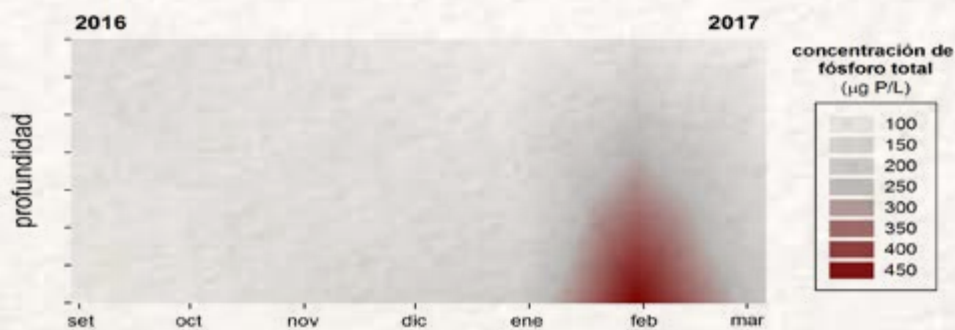


Fig. 22- Variación del contenido de fósforo total respecto a la profundidad en el lago Botavara. Puede observarse como aumenta la concentración de fósforo total en la zona profunda durante el período de mayor intensidad de la estratificación térmica (ver Fig. 19 y 20).

La estimación de la fracción de la carga interna asociada a los sedimentos presenta dificultades específicas, ya que es más relevante estimar la carga potencialmente liberable hacia la columna de agua, que conocer el contenido total de nutrientes de los sedimentos. La estimación involucra entonces la realización de experimentos de laboratorio, donde se incuban tubos de sedimento en condiciones de ausencia de oxígeno (Fig. 23). Extrapolando la carga liberada por unidad de superficie a la superficie total del lago, y sumándole la carga de nutrientes de la columna de agua, podrá determinarse las dosis adecuadas de productos específicos aplicables para fijar

irreversiblemente el fósforo. La eficiencia de diferentes alternativas para la inmovilización química de fósforo será evaluada experimentalmente durante el invierno de 2017. Adicionalmente se vienen realizando estudios sobre los componente biológicos de los lagos (ej. comunidades de peces, cobertura de plantas acuáticas).

El plan de investigación diseñado pretende generar las piezas de conocimiento imprescindibles que permita la realización de propuestas de planes de gestión específicos.



Fig. 23- Experimentos de liberación de nutrientes desde los sedimentos. Corers de sedimento de 4 lagos de la Ciudad de la Costa y Paso Carrasco utilizados para realizar experimentos de liberación de nutrientes hacia la columna de agua (experimento en desarrollo en junio 2017).



6.4. Balneabilidad de playas

La mayoría de las enfermedades infecciosas transmitidas a través del agua, están causadas por microorganismos eliminados al medio con las excretas de las personas o animales. Los coliformes termotolerantes son microorganismos que están presentes en el intestino de los animales de sangre caliente y se utilizan como indicador de contaminación de microorganismos patógenos. En particular éste es el estándar utilizado en Uruguay para determinar la aptitud para uso recreativo de las playas.

La Intendencia de Canelones realiza durante la temporada estival un monitoreo semanal en playas del Río de la Plata, desembocaduras de arroyos costeros y Río Santa Lucía, con el objetivo de informar a la población sobre la calidad del agua de las playas del Departamento.

De acuerdo a la normativa vigente (Decreto 253/79 y resolución ministerial 99/2005), el estándar establecido para determinar la aptitud para baño de un cuerpo de agua, es que la media geométrica móvil de la concentración de coliformes termotolerantes de 5 muestras consecutivas no supere el valor de 1000 UFC/100mL; UFC: unidades formadoras de colonias).

En el año 2008, el grupo Interinstitucional GESTA-Agua, coordinado por DINAMA, propuso la modificación del decreto que establece los estándares de calidad de agua. En dicha propuesta, se mantiene el criterio de aptitud para uso recreativo, pero se clasifica además las playas aptas en 3 categorías en función del estándar. Si bien la modificación no ha sido aprobada, actualmente se utiliza esta propuesta de clasificación (Tabla 2) y se reportan los datos de la temporada veraniega 2016-2017.

Tabla 2. Categorías de clasificación de playas de acuerdo a propuesta grupo GESTA-Agua.

CATEGORÍA	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (ufc/100mL)
Excelente	$CT \leq 250$
Muy Buena	$250 < CT \leq 500$
Satisfactoria	$500 < CT \leq 1000$
No apta	$CT > 1000$

6.4.1. Resultados de la temporada 2016-2017

6.4.1.1. Río de la Plata y desembocaduras de arroyos costeros

Durante la temporada 2016-2017 todas las playas monitoreadas del Río de la Plata cumplieron con el estándar de aptitud establecido por la normativa vigente (Fig. 24 y 25). Las desembocaduras de los arroyos costeros, por su parte, tuvieron un comportamiento dispar (Fig. 24). El Arroyo Carrasco se man-

tuvo, como todos los años anteriores, con valores muy altos de concentración durante todo el período de muestreo. Los Arroyos Solís Chico y Solís Grande, por su parte, presentaron buena calidad de agua toda la temporada. Los Arroyos Pando y Tropa Vieja alternaron entre períodos aptos y no aptos.

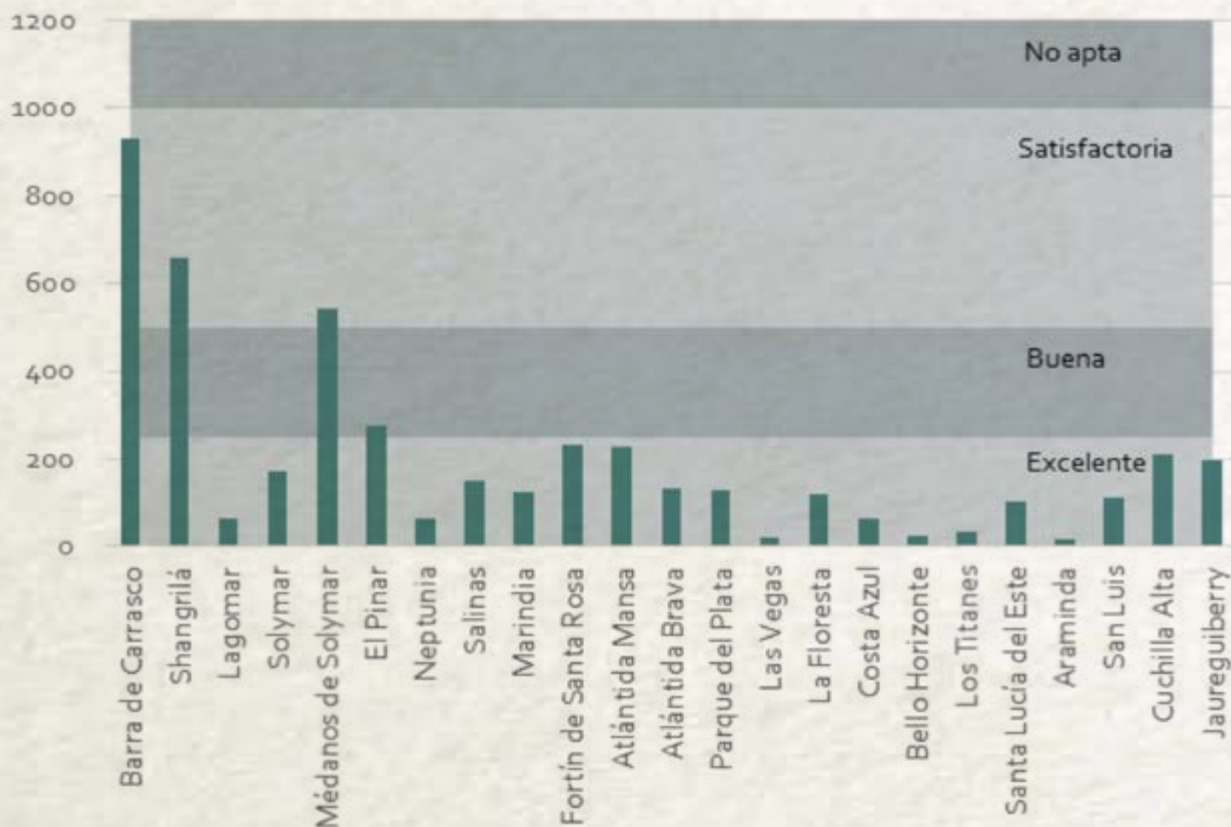


Fig. 24. Resultados promedio calidad de agua de playas del Río de la Plata, temporada 2016-2017.



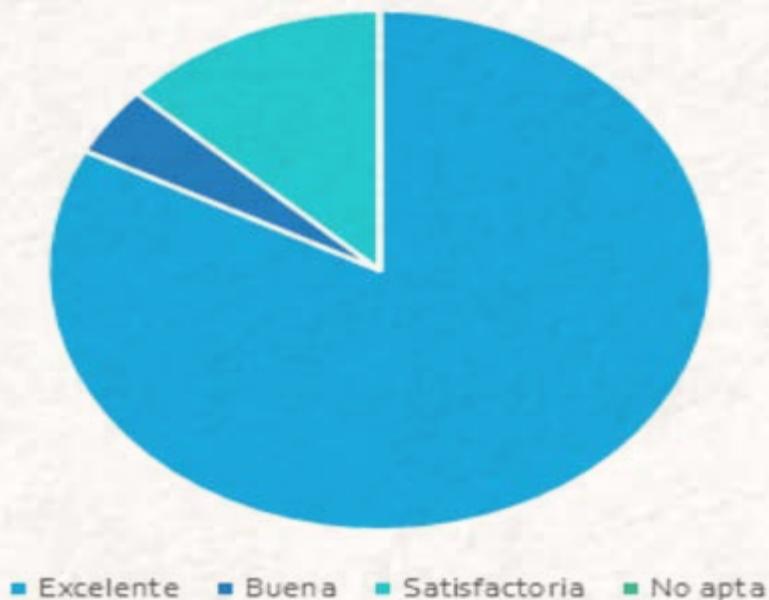


Fig. 25. Porcentaje de clasificación de playas del Río de la Plata, temporada 2016-2017

Arroyo	Concentración de coliformes termotolerantes (ufc/100mL)	Clasificación
Carrasco	16290	No apta
Pando	1657	No apta
Tropa Vieja	951	Satisfactoria
Solís Chico	260	Buena
Solís Grande	188	Excelente

Tabla 3 - Valor Promedio de las medias geométricas de la concentración de coliformes termotolerantes de la temporada 2016-2017

La calidad del agua de los arroyos costeros mejora a medida que se alejan de las zonas más densamente pobladas (Tabla 3). Debido a las altas concentraciones de coliformes termotolerantes que existen en el Arroyo Carrasco, la zona de la costa desde su desembocadura hasta la calle Racine está inhabilitada de forma permanente.

En los últimos años se han registrado además varios eventos de floraciones de cianobacterias durante la temporada estival, tanto en la costa del Río de la Plata como en los arroyos costeros.

6.4.1.2. Río Santa Lucía

En el Río Santa Lucía se monitorean las playas de Aguas Corrientes, Parador Tajos, Aguas Corrientes y Santa Lucía. Durante esta temporada, las playas de Aguas Corrientes, Santa Lucía y Parador Tajos permanecieron inhabilitadas durante algunos períodos, debido a que los resultados analíticos de las muestras tomadas semanalmente superaron el estándar de la normativa (Tabla 4).

Playa	Concentración de coliformes termotolerantes (ufc/100mL)	Clasificación
Parador Tajos	980	Satisfactoria
Aguas Corrientes	1542	No apta
Santa Lucía	1082	No apta
San Ramón	307	Buena

Tabla 4 - Valor promedio de las medias geométricas de la concentración de coliformes termotolerantes de la temporada 2016-2017

Los resultados elevados en estas playas estuvieron asociados a eventos de lluvia intensa. Si bien esta situación se da en todas las playas del Departamento, por lo que se recomienda no utilizar las playas en las 24 horas posteriores a lluvias, en el Río Santa Lucía se pudo observar durante esta temporada que el tiempo de recuperación de las condiciones normales del curso de agua es mayor.



7. Conclusiones

Canelones está lejos de ser un departamento representativo, estando sometido a presiones antrópicas de gran magnitud. Contribuye a esto la población residente de algo más de medio millón de habitantes, más un cúmulo de actividades de corte industrial y agrícola intensivo sobre un contexto natural altamente modificado y sometido a un uso histórico no sustentable. En consecuencia, los sistemas acuáticos canarios se encuentran bajo perturbaciones tales como contaminación orgánica, fecal y por nutrientes, además de fuertes cambios en el régimen de flujo. No en vano la totalidad de los sitios monitoreados presentaron incumplimientos respecto a los estándares ambientales, y el 95.5% de los puntos de ríos y arroyos, fueron clasificados como eutróficos, supereutróficos o hipereutróficos. A pesar de esto, los sistemas acuáticos canarios deben continuar proveyendo cantidades incrementales de agua de buena calidad para baños, riego, consumo animal y humano, entre otros usos.

Los impactos de mayor magnitud sobre la salud de los ecosistemas acuáticos canarios, son respuesta a una lógica que trasciende sus fronteras políticas y refleja claramente el fenómeno metropolitano. Este patrón contrastante centralidad-periferia se expresa en el hecho de que son las cuencas del A° Colorado/Las Piedras, Carrasco y Canelón Chico las que presentaron los mayores niveles de incumplimiento respecto a la normativa de calidad de agua, y que a medida que se consideran cursos de agua más alejados de la zona metropolitana, mejor es el desempeño en términos generales de los indicadores seleccionados. La situación de los lagos de Ciudad de la Costa y Paso Carrasco, Laguna del Cisne y playas, responden al mismo patrón.

El gobierno de Canelones reafirma su compromiso de ser factor de cambio significativo de la realidad ambiental departamental. En lo que refiere a sistemas acuáticos y calidad de agua, se ha definido hace ya ocho años el Plan Estratégico de Calidad de Agua. En este marco, el primer hito cumplido fue la puesta en funcionamiento de un Plan Permanente de Monitoreo de calidad de agua, que ya lleva 11 campañas realizadas. Una gestión ambiental moderna debe sustentarse en una evaluación adecuada del estado de situación, y debe ser capaz de evaluar objetivamente el resultado de las medidas de gestión implementadas y a implementar. La generación de conocimiento es así uno de los insumos fundamentales para la generación de políticas departamentales, convicción por la que se ha apostado a estrechar vínculos con la academia mediante realización de convenios de colaboración.

De la mano con esto se han logrado avances realmente importantes en al menos tres áreas:

1. **Control y Vigilancia Ambiental**, en conjunto con diferentes áreas del gobierno nacional (Ministerios de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Defensa, Ganadería Agricultura y Pesca, Interior, etc.), con los Municipios y fundamentalmente con organizaciones de vecinos se consolidó un amplio Plan de Control y Vigilancia Ambiental que incluye recorridos aéreas con importante periodicidad, recorridos por agua en cursos navegables, recorridos por tierra, uso de imágenes satelitales y especialmente un programa de control social.

2. **Nuevas Reglas de Juego**, en un marco de trabajo conjunto con la Junta Departamental de Canelones se comenzó un proceso de revisión y aprobación de un conjunto de normativa ambiental, que en temas tan diversos y complejos como los residuos, la ges-

ción costera, los lagos o el arbolado del departamento, incorpore en conocimiento y los objetivos de este siglo.

3. **Ordenamiento Territorial**, a partir de la aprobación de la Ley de Ordenamiento Territorial Canelones ha sido uno de los departamentos que más énfasis ha puesto en las políticas de ordenamiento territorial, aprobando las Directrices Departamentales y avanzando en la planificación de extensas zonas a través de planes como Costaplan, Ruta 5 Sur, Costa de Oro, etc. En el momento que se publiquen esta serie de informes Canelones estará avanzando en un plan novedoso y realmente complejo como sin dudas es el de Ordenamiento del Suelo Rural.



8. Referencias

Benejam, L.; Teixeira de Mello, F.; Meerhoff, M.; Loureiro, M.; Jepessen, E. & Brucet, S. (2016) Assessing effects of change in land use on size-related variables of fish in subtropical streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73: 547 - 556.

Benzano, F., Emmer, V., González, M.J. (2016) Cuantificación de residuos generados en sectores agroindustriales uruguayos. *Unidad de Gestión de Proyecto Biovalor*, p. 27.

Carlson, R.E., 1977. A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography* 22, 361-369.

Casás, C. (2017). Biomonitorio de peces como herramienta de evaluación de impacto en arroyos de Uruguay. Tesina de Grado. Licenciatura en Gestión Ambiental. CURE-UdelaR. 25pp.

DIEA (2015) Regiones agropecuarias del Uruguay. Estadísticas agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Pesca. 38pp.

DINAMA (2017) Geoservicios <https://www.dinama.gub.uy/geoservicios/> (accedido 25/05/2017).

Evia G. y E. Gudynas (2000) Ecología del paisaje del Uruguay. Aportes para la conservación de la diversidad biológica. MVOTMA, AECL. 173 pp.

Keddy, P.A. 2000. *Wetland ecology: principles and conservation*. Cambridge University Press.

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 (disponible on-line)

MGAP (2010) Carta de suelos de prioridad forestal. <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/descarga/suelos-de-prioridad-forestal-2010>. (accedido 25/05/2017).

RENARE (2005) Carta de erosión antrópica. "Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía. 1:500.000. Ministerio de Agricultura y Pesca.

SIT-MVOTMA (2015) Atlas de Cobertura del Suelo del Uruguay. Cobertura del Suelo y Detección de Cambios 2000-2011. FAO. Proyecto Fortalecimiento del conocimiento y la generación de Instrumentos de Ordenamiento Territorial Componente Cobertura del Suelo. Proyecto TCP/URU/3401

Teixeira de Mello, F. (2007) Efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y las comunidades de peces en sistemas lóticos de la cuenca baja del río Santa Lucía (Uruguay). Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, 53 pp.

Teixeira de Mello, F., Kristensen, E.A., Meerhoff, M., Gonzalez-Bergonzoni, I., Baatrup-Pedersen, A., Iglesias, C., Kristensen, P.B., Mazzeo, N. & Jeppesen, E. (2014) Monitoring fish communities in wadeable lowland streams: comparing the efficiency of electrofishing methods at contrasting fish assemblages. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(3): 1665-77.



Informes ambientales publicados previamente

Año 2009

Geo-Canelones.

PNUMA, Comuna Canaria, MVOTMA, CLAES.

Año 2011

Informe Desarrollo de Línea de Base sobre Calidad de Agua 2008-2009. Plan Estratégico Departamental de Calidad de Agua (PEDCA). Diagnóstico del Estado Ambiental de los Sistemas Acuáticos Superficiales del Departamento de Canelones.

- Volumen I: Ríos y Arroyos.
- Volumen II: Lagos del Sector Suroeste del Departamento.
- Volumen III: Laguna del Cisne.

Comuna Canaria; UDELAR; Asociación Civil Investigación y Desarrollo.

Año 2012

Reporte Ambiental 2012

Comuna Canaria

Año 2014

Bases técnicas para el establecimiento de un plan de gestión ambiental de los lagos de la Ciudad de la Costa y zonas aledañas.

CURE-UDELAR; Comuna Canaria.

9. Anexos

9.1. Anexo 1- set de datos utilizado para la estimación del ICOFEn

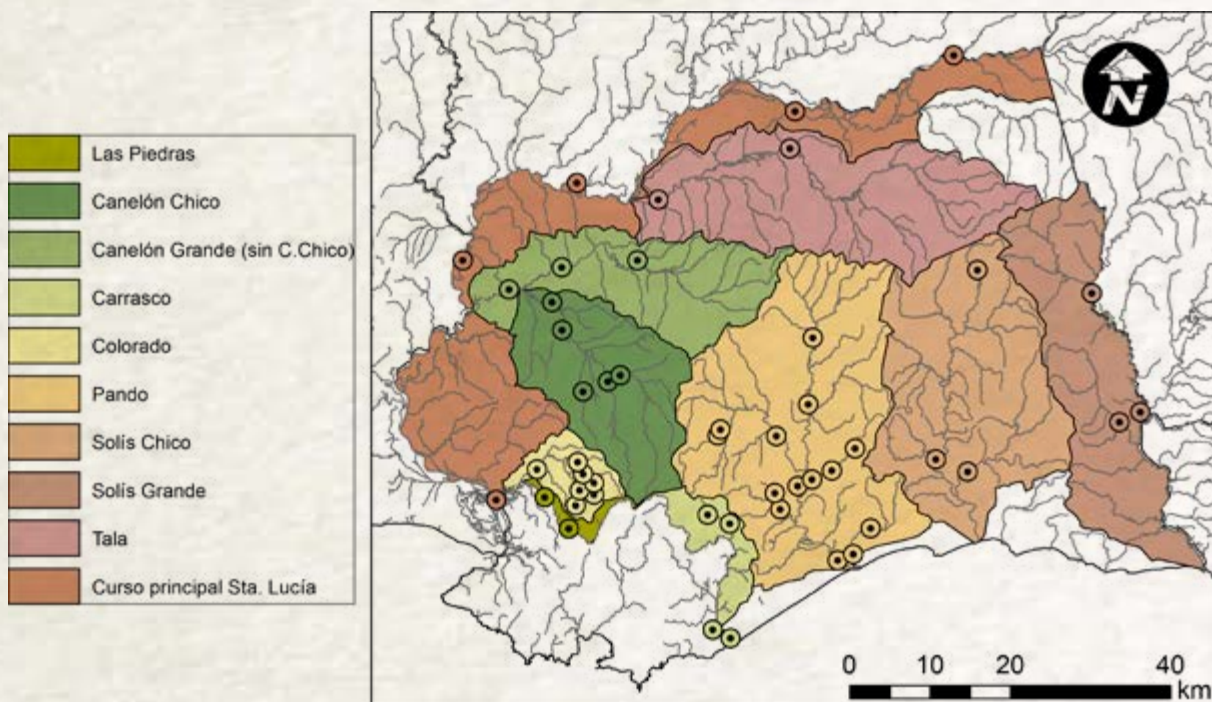


Fig. A1- Ubicación de los puntos de muestreo utilizados en el presente informe para la estimación del ICOFEn. El patrón de colores muestra la correspondencia con las subcuencas Canarias.

Datos generados por la Intendencia de Canelones en el marco del PEDCA utilizados para la estimación del ICOFEn.

- **Invierno 2008. Muestreo Línea de Base:** Muestreo de 118 puntos distribuidos en todo el territorio del departamento, las fechas de muestreo se encuentran comprendidas entre el 3 de setiembre y el 2 de octubre de 2008.

- **Verano 2008-2009. Muestreo Línea de Base:** Se muestrearon 123 puntos del departamento de Canelones, el muestreo se realizó entre el 12 de febrero y el 21 de marzo de 2009.

- **Invierno 2009. Muestreo Plan Permanente de Monitoreo:** Se tomaron datos de 62 puntos, incluyendo lagos de la zona de Costa de Oro (9) y arroyos (53) del Departamento de Canelones en el período comprendido entre el 3 de agosto de 2009 y el 4 de setiembre de 2009.

- **Verano 2010. Muestreo Plan Permanente de Monitoreo:** Datos de 46 puntos de muestreo, 6 en lagos de la zona de Costa de Oro y 40 en arroyos del Departamento de Canelones, el período de muestreo se encontró comprendido entre el 3 de marzo al 13 de mayo de 2010.

- **Invierno 2011. Muestreo Plan Permanente de Monitoreo:** Datos de 52 puntos de muestreo, todos correspondientes a sistemas lóticos, muestreados entre el 22 de junio y 5 de agosto de 2011.

- **Verano 2012. Muestreo Plan Permanente de Monitoreo:** 42 puntos, en su totalidad arroyos monitoreados entre el 9 de febrero y el 14 de junio de 2012.

- **Invierno 2012. Muestreo Plan Permanente de Monitoreo:** 45 puntos, arroyos en su totalidad. Los puntos fueron muestreados entre el 5 de setiembre y el 15 de noviembre de 2012.

- **Invierno 2014. Muestreo Línea de Base:** Muestreo de 104 sitios realizado entre el 13 de agosto y el 21 de octubre de 2014.

- **Invierno 2015. Muestreo Plan Permanente de Monitoreo:** 47 puntos, todos correspondientes a arroyos del Departamento de Canelones, este muestreo se realizó entre el día 5 de agosto y el día 16 de setiembre de 2015.

- **Invierno 2016. Muestreo Plan Permanente de Monitoreo:** Muestreo de 50 sitios, realizado entre el 2 de junio de 2016 y el 11 de agosto del mismo año.

- Se han realizado otros muestreos en el marco del PEDCA de los que no hacen referencia en el presente informe (entre los Muestreo Plan Permanente de Monitoreo, Verano 2017).

9.2. Anexo 2- set de datos utilizado para la estimación del IET

Datos utilizados para la estimación del IET (Lamparelli 2004).

- datos generados por la Intendencia de Canelones (Plan Permanente de Monitoreo y Muestreos de Línea de Base)

A° Bagre: 5 muestreos realizados entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

A° Sarandí: 5 muestreos realizados entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

Canelón Grande (sin incluir la subcuenca del Canelón Chico): 5 muestreos de 5 sitios realizados entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

Canelón Chico: 5 muestreos de 3 sitios realizados entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

Carrasco: 6 muestreos, los tres primeros (Setiembre 2008 a Setiembre 2009) datos de 6 sitios y desde agosto 2014 hasta agosto de 2016 datos de 2 sitios.

Colorado (sin incluir la subcuenca de Las Piedras): 5 muestreos de 6 y 7 sitios entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

Las Piedras: 3 muestreos de 3 a 6 sitios entre setiembre de 2008 y setiembre de 2009

Pando: 5 muestreos de 13 a 15 sitios entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

Santa Lucía: 5 muestreos de entre 7 y 9 sitios entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

Solís Chico: 5 muestreos de 3 sitios entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

Solís Grande: 4 muestreos de 3 sitios entre setiembre de 2008 y agosto de 2016

- datos brindados por DINAMA (de diversas fuentes)

Carrasco: 18 muestreos de 6 sitios limítrofes muestreados entre diciembre de 2004 y agosto de 2007.

Las Piedras: 51 muestreos de 5 sitios entre enero de 2005 y noviembre de 2014.

Canelón Grande (sin incluir la subcuenca del Canelón Chico): 8 muestreos de 1 sitio realizados entre diciembre de 2004 y enero de 2007. 27 muestreos de 1 sitio realizados entre enero de 2011 y abril de 2016

Canelón chico: 8 muestreos de 1 sitio realizados entre diciembre de 2004 y enero de 2007. 27 muestreos de 2 sitios realizados entre enero de 2011 y abril de 2016

Pando: 8 muestreos de 2 sitios entre diciembre de 2004 y setiembre de 2006

Santa Lucía: 8 muestreos de 2 sitios entre diciembre de 2004 y enero de 2007. 27 muestreos de 3 sitios realizados entre enero de 2011 y abril de 2016

- datos recopilados (búsqueda bibliográfica)

Aubriot, L., Piccini, C. & Machín, E. Calidad de agua del Arroyo Canelón Chico (2011-12)

Canelón chico: 2 muestreos de 1 sitio realizados en junio de 2011 y setiembre de 2012





Gobierno de Canelones