

El ANTROPOCENO

En el sudeste del Uruguay:
Causas, indicadores y consecuencias



Hugo Inda

Tesis de Doctorado del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA) Área
Biología, Sub-área Ecología

Título: El Antropoceno en el sudeste del Uruguay: casas, indicadores y consecuencias

Autor: Hugo Inda

Tutores: Néstor Mazzeo – Adriana Blasi

Tribunal: Claudio Gaucher, José López Mazz, Eduardo Piovano

“...The earth does not belong to man, man belongs to the earth.

All things are connected like the blood that unites us all.

Man did not weave the web of life; he is merely a strand of it.

Whatever he does to the web, he does to himself...”

Carta del Jefe Noah Seahtl, Tribu Suquamish, al Presidente de Estados Unidos, 1852

Índice de Contenidos

Índice de Figuras.....	5
Índice de Tablas.....	7
Acrónimos y abreviaturas.....	8
Resumen.....	9
Introducción	12
El Antropoceno: una nueva época, un nuevo marco conceptual	17
El Antropoceno en el sudeste del Uruguay:	32
Antecedentes y Fundamentación de la propuesta	32
La Respuesta de los Grupos Humanos a la Dinámica Ambiental Holocena: el aporte de la Arqueología	32
La Génesis y Evolución de las Lagunas Costeras: el aporte de la Paleolimnología	35
La Gestión Ambiental y la Pérdida de Servicios Ecosistémicos: el aporte de otras disciplinas sobre el período actual.....	36
Fundamentación de la Propuesta.....	38
Hipótesis	43
Objetivos	44
Objetivo General.....	44
Objetivos específicos.....	44
Estrategia de Investigación	45
Módulo 1: Variabilidad ambiental holocena	46
Módulo 2: Presencia humana a través del Holoceno.....	46
Módulo 3: Impacto antrópico	47
Materiales y Métodos	48
Área de Estudio	48
Análisis Paleolimnológicos	57
Resultados	66
Laguna del Diario	66
Laguna de Clotilde.....	86
Laguna de Peña	106
Discusión	121
Laguna del Diario	121
Laguna de Clotilde.....	132
Laguna de Peña	140
Síntesis y Discusión General.....	146
Conclusiones	157
Perspectivas	163

Referencias Bibliográficas.....	166
Anexo.....	180

Índice de Figuras

Figura 1.- Escala de Tiempo Geológica del Período Cuaternario.	18
Figura 2.- Principales hitos sugeridos al Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno para ser tomados como inicio del período..	19
Figura 3.- Esquema de impacto de las acciones humanas sobre un sistema natural.....	26
Figura 4.- Principales métodos y técnicas empleados por la Paleolimnología para el estudio de cuencas hidrológicas.	28
Figura 5.- Principales métodos y técnicas implementados y/o desarrollados por la Arqueología.	30
Figura 6.- Esquema conceptual del abordaje interdisciplinar propuesto.....	40
Figura 7.- Vista general del área de estudio.	48
Figura 8.- Localización geográfica y límite del área de estudio Cuenca de Laguna del Diario.	49
Figura 9.- Localización geográfica y límite del área de estudio Laguna de Clotilde.....	52
Figura 10.- Localización geográfica y límite del área de estudio de Laguna de Peña.	55
Figura 11.- Unidades litológicas (izquierda) del testigo sedimentario de Laguna del Diario y proxies geoquímicos: materia orgánica (MO), carbonatos (CaCO ₃), nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT). 67	
Figura 12.- Distribución vertical de abundancias relativas de silicofitolitos, índice de temperatura (IT), de humedad (IH) y relación D:P para el testigo sedimentario de Laguna del Diario.....	70
Figura 13.- Distribución vertical de abundancias relativas de diatomeas y relación C:D para el testigo sedimentario de Laguna del Diario..	73
Figura 14.- Distribución vertical de abundancias relativas de polen y PNP para el testigo sedimentario de Laguna del Diario..	75
Figura 15.- Principales hitos de la presencia humana en el área de la Cuenca de Laguna del Diario.	77
Figura 16.- Primeras referencias cartográficas a la Laguna del Diario.	78
Figura 17.- Primeras plantaciones de Pinus sp. en el área adyacente a Laguna de Diario.	80
Figura 18.- Explotación de turba hacia fines del siglo XIX en la zona de La Aguada, Playa Mansa... 81	
Figura 19.- Detalle del fondo de la Laguna del Diario expuesto y agrietado durante un episodio de sequía.	82
Figura 20.- Carta de cobertura – usos del suelo para la cuenca de la Laguna del Diario.....	83
Figura 21.- Actividad medida de ¹³⁷ Cs (izquierda) y ²¹⁰ Pb (derecha) para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde.....	86
Figura 22.- Unidades litológicas identificadas y valores de materia orgánica para la secuencia sedimentaria de Laguna de Clotilde.....	88
Figura 23.- Distribución vertical de abundancias relativas de silicofitolitos, índice de temperatura (IT), de humedad (IH), relación D:P y SF:OSB para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde.	91

Figura 24.- Distribución vertical de abundancias relativas de diatomeas y relación C:D para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde.....	94
Figura 25.- Distribución vertical de abundancias relativas de polen y PNPs para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde.....	96
Figura 26.- Principales hitos de la presencia humana en el área de la Laguna de Clotilde y zonas adyacentes.....	98
Figura 27.- Francisco Oliveras durante una campaña de recolección de material arqueológico en la zona de Cabo Polonio, década de 1950.	100
Figura 28.- Aspecto de la costa próxima a la barra de Valizas en la década de 1950.....	101
Figura 29.- Pesca del tiburón o cazón en Valizas en la década de 1950.	102
Figura 30.- Carta de cobertura – usos del suelo para la cuenca de la Laguna de Clotilde.	104
Figura 31.- Unidades litológicas identificadas y valores de materia orgánica, carbono y nitrógeno para la secuencia sedimentaria de Laguna de Peña.	107
Figura 32.- Distribución vertical de abundancias relativas de silicofitolitos, índice de temperatura (IT), de humedad (IH), relación D:P y SF:OSB para el testigo sedimentario de Laguna de Peña.....	110
Figura 33.- Distribución vertical de abundancias relativas de diatomeas y relación C:D para el testigo sedimentario de Laguna de Peña.	112
Figura 34.- Principales hitos de la presencia humana en el área de la Laguna de Peña y zonas adyacentes.....	115
Figura 35.- Detalle de las obras de apertura del Canal N° 1.....	116
Figura 36.- Vista de la Fortaleza de Santa Teresa previo a las obras de restauración emprendidas por Arredondo.	116
Figura 37.- Vista de la Laguna de Peña previo a la forestación del Parque Nacional Santa Teresa.	117
Figura 38.- Carta de cobertura – usos del suelo para la cuenca de la Laguna de Peña.....	119
Figura 39.- Configuración inferida para Laguna del Diario desde el Máximo Transgresivo del Holoceno (MTH).....	123
Figura 40.- Clasificación esquemática de lagunas costeras sensu Kjerfve (1994)..	125
Figura 41.- Esquema de patrones de circulación y ubicación de canales de lagunas costeras de Phleger (1969) y ubicación del sitio de muestreo del testigo sedimentario de Laguna del Diario.....	127
Figura 42.- Esquema de la evolución desde el Holoceno medio de la cuenca de Laguna de Castillos y ubicación de los sitios arqueológicos.....	135
Figura 43.- Esquema de la evolución desde el Holoceno medio de la Laguna de Peña y ubicación de los sitios arqueológicos.....	141

Índice de Tablas

Tabla 1.- Edades radiocarbónicas del testigo sedimentario de Laguna del Diario.....	66
Tabla 2.- Cobertura – usos del suelo en la cuenca de la Laguna del Diario para 1939 y 2011.	84
Tabla 3.- Edad estimada para la secuencia sedimentaria de Laguna de Clotilde.	87
Tabla 4.- Cronología ¹⁴ C de los yacimientos arqueológicos excavados en Cabo Polonio y Laguna de Castillos	99
Tabla 5.- Cobertura – usos del suelo en el área de estudio de Laguna de Clotilde para 1978 y 2011.	103
Tabla 6.- Edades radiocarbónicas del testigo sedimentario de Laguna de Peña.....	106
Tabla 7.- Cronología ¹⁴ C de los yacimientos arqueológicos excavados en Punta Coronilla, La Moza y La Esmeralda.....	114
Tabla 8.- Cobertura – usos del suelo en el área de estudio de Laguna de Peña para 1948 y 2011.	118
Tabla 9.- Datos censales de población de las localidades de Aguas Dulces y Valizas desde 1963 hasta 2011.	137
Tabla 10.- Principales usos e impactos de la presencia humana para el período y las áreas de estudio.	147

Acrónimos y abreviaturas

aAP – años Antes del Presente

AC – Antes de Cristo

AD – *Anno Domini*, años calendario, equivalentes a años DC o después de Cristo

AMS – Accelerator Mass Spectrometry. Espectrometría de Masa por Acelerador

C - Carbono

C:D – Índice de relación entre cistos de crisofíceas y frústulos de diatomeas

DINOT – Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial

D:P – Índice de relación entre dicotiledóneas arbóreas y poáceas

ha - Hectárea

IH – Índice de Humedad

ISO – International Standarization Organization

IT – Índice de Temperatura

LOI – Loss On Ignition. Pérdida Por Ignición

MO – Materia Orgánica

MTH – Máximo Transgresivo del Holoceno

MVOTMA – Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

N - Nitrógeno

P - Fósforo

PNP – Palinomorfo No Polínico

RGB – Patrón colorimétrico Red, Green, Blue.

SF:OSB – relación entre silicofitolitos y otro sílice biogénico

SNAP – Sistema Nacional de Áreas Protegidas

TC – Carbono Total

TN – Nitrógeno Total

TP – Fósforo Total

UVPBLSD – Unión Vecinal de Punta Ballena y Lagunas del Sauce y del Diario

ZAD – Zonas de Asociación de Diatomeas

ZAP – Zonas de Asociación de Polen

ZAS – Zonas de Asociación de Silicofitolitos

El Antropoceno en el sudeste del Uruguay: indicadores, causas y consecuencias

Resumen

El presente trabajo pretende aportar elementos para identificar los procesos subyacentes a la interacción humano-ambiental en perspectiva diacrónica para el Holoceno en la región costera del sudeste del Uruguay. El énfasis de esta contribución está puesto en la discriminación entre variabilidad intrínseca a estos ambientes y aquella que es producto de la intervención antrópica, de forma tal de determinar las causas, cronología y principales consecuencias del Antropoceno en esta área.

Para lograr estos cometidos, se seleccionaron tres sistemas lacustres y sus cuencas o áreas de influencia, los cuales exhibieron diferentes características en génesis y evolución, así como diferentes formas de uso y gestión, por lo que constituyen en cierto modo una muestra que representa la variabilidad de los ambientes costeros de la región sudeste.

En estos sistemas seleccionados, se ensayó un enfoque interdisciplinario, el cual conjugó metodologías y conceptos extraídos de la Ecología, y Paleolimnología, los cuales fueron complementados con métodos, técnicas y conceptos provenientes de la Antropología y la Arqueología, entendida esta última como una suerte de abordaje diacrónico de la Ecología Humana.

En este marco, se tomaron testigos sedimentarios del fondo de las lagunas del Diario, de Clotilde y de Peña, los cuales fueron sometidos a una comprensiva batería de análisis que incluyó: análisis texturales, geocronológicos (^{14}C y ^{210}Pb - ^{137}Cs), geoquímicos (contenido de materia orgánica, carbonatos, fósforo, nitrógeno y carbono en sedimentos), biosilíceos (análisis diatomológicos y fitolíticos) y polínicos.

La interacción humano-ambiental en sentido diacrónico fue abordada a partir de la sistematización de información de investigaciones arqueológicas desarrolladas en el área de estudio, con énfasis en las formas de relacionamiento de las sociedades humanas con el entorno natural en términos de estrategia de subsistencia y sus consecuencias sobre los ambientes.

La evolución de la cobertura/usos del suelo para las áreas de estudio se implementó por medio de la georreferenciación y digitalización de información histórico-cartográfica, la cual fue comparada con la información actual disponible a partir de análisis de imágenes satelitales. Esta información fue relacionada con los principales procesos y acciones antrópicas en las áreas seleccionadas a partir de la sistematización de fuentes histórico-documentales.

Los resultados generados permitieron determinar que la relación entre ambientes costeros y sociedades humanas en el área de estudio comenzó al menos en el 2500 AC. Se identificaron diferentes formas de interacción humano-ambiental, las cuales permitieron identificar tres grandes períodos: un primer momento, que se extendió desde el Holoceno medio hasta el siglo XVI, caracterizado por un relacionamiento de baja densidad poblacional y movilidad residencial cíclica, la cual acompañó la disponibilidad estacional de recursos. No se detectaron impactos significativos sobre los ambientes naturales en los registros naturales atribuibles a este período.

Un segundo momento que se correspondió con el período colonial, el cual se caracterizó por un cambio en el relacionamiento con el entorno. Éste se basó en la extracción de recursos naturales para abastecer poblados permanentes, e incorporó la expansión del área geográfica de extracción, así como la producción de recursos en la estrategia. Los impactos esperables para este período no encontraron co-relato en los registros analizados, situación atribuible a la convergencia de las intervenciones humanas con un período climático desfavorable – la Pequeña Edad de Hielo – que habría enmascarado las señales de este impacto temprano.

Un tercer momento, correspondiente a la época moderna, caracterizado por extensas e intensas modificaciones de los ambientes costeros, materializada, a partir de fines del siglo XIX, en la introducción masiva de la forestación con arbóreas exóticas, la desecación y fragmentación de humedales y la modificación de drenajes naturales a partir de obras de infraestructura y la urbanización.

En función de lo expuesto, se identificó a la década de 1890 AD como el marcador cronológico del comienzo del proceso de impactos antrópicos que llevaron a los sistemas analizados más allá del rango de su variabilidad natural, lo cual es consistente con los preceptos en los que se basa la definición de Antropoceno propuesta originalmente por Crutzen y Stoermer (2000).

Introducción

Desde que Crutzen y Stoermer (2000) acuñaron el término “Antropoceno” para referirse al momento actual de la historia ambiental del planeta, en el cual el impacto humano sobre el sistema terrestre desencadenó cambios en ecosistemas y procesos ecosistémicos más allá del rango natural de los mismos, se suscitó un profundo y persistente debate respecto a la posición cronológica del límite, causas y principales consecuencias de este nuevo escenario. Este debate posee varias particularidades que le confieren un lugar preponderante en el contexto científico-académico que trascienden esta esfera y logran atraer la atención de agendas político-económicas y de la sociedad en general a través del globo, logrando lugares preponderantes en revistas científicas de primer orden como *Nature* y *Science*, o incluso con la aparición de revistas científicas específicas como *Anthropocene*, *The Anthropocene Review* o *Elementa – Science of the Anthropocene* y portadas en revistas no científicas de alta relevancia como sucedió en 2011 con *The Economist* (Bradje y Erlandson, 2013).

En primer lugar, lo que ha concitado la atención de un público tan amplio, es la constatación que el estado actual del sistema planetario no sólo está más allá de su rango natural, sino que los indicadores de este nuevo estado son perceptibles a escala planetaria (aumento del CO₂ y CH₄ en la atmósfera, aumento de la temperatura media global, acidificación de los océanos, derretimiento de casquetes polares y retrocesos glaciares) y sus consecuencias ponen en serio riesgo la sostenibilidad y conservación actual y futura de la humanidad (Bradje, 2015). El carácter mediático del Antropoceno podría constituirse en una ventana de oportunidad para que tomadores de decisiones y el público general aborden en profundidad la situación presente del sistema terrestre, la extensión del impacto humano y sus consecuencias más inmediatas y acuciantes para la humanidad. De este modo, será posible instrumentar acciones para comenzar a trascender la crisis ambiental actual.

No obstante, esta concepción del Antropoceno como un período y estado de crisis ambiental, plantea el riesgo de generar una percepción tan negativa del estado del planeta que lleve a considerar a este “camino a la extinción” como algo inevitable y, por ende, cuestionar la

relevancia de indagar sobre la antigüedad, extensión y ritmos de los procesos de impacto pretéritos en tanto serían irrelevantes para el futuro (Steffen et al., 2004). Más allá de este riesgo potencial, resulta claro que es tarea de Arqueólogos, Paleoecólogos y otros científicos que abordan procesos pretéritos demostrar la importancia de decodificar las complejas dinámicas de interacción milenaria entre hombre y ambiente y cómo estos datos pueden jugar un rol crítico en promover la capacidad de adaptación y resiliencia de los sistemas socio-ecológicos o facilitar la transformación de configuraciones no deseadas.

En segundo lugar, el Antropoceno ha logrado captar la atención de la comunidad científica como no lo ha hecho ningún otro tema desde, probablemente, la publicación de *The Origin of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* por parte de Charles Darwin en 1859. Esta atención derivó rápidamente en un profundo y perenne debate centrado particularmente en la posición del límite de inicio de este período y cuál o cuáles serían los marcadores cronológicos avalados por más datos empíricos. Este debate se encuentra en el origen de la conformación, en el año 2008, de un Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno (AWG, sigla en inglés de Anthropocene Working Group) dentro de la Comisión Internacional de Estratigrafía (ISC por su sigla en inglés) encargado de determinar si corresponde catalogar al Antropoceno como una nueva época y, de ser así, establecer su límite inferior - es decir, su cronología de inicio (Head y Gibbard, 2015). La propia configuración de este grupo de trabajo evidencia la importancia del tema para la comunidad científica, mientras que las definiciones de las subdivisiones formales de las unidades geocronológicas: Eras, Períodos y Épocas (atribución del ICS) se han realizado en su totalidad por el aporte de geólogos y paleontólogos, en la definición del Antropoceno intervienen además un Ecólogo, un Pedólogo, un Climatólogo, dos Arqueólogos, un Historiador Ambiental, un Abogado y un Periodista (Corlett, 2015).

Esta búsqueda centrada en la definición de la cronología del Antropoceno tiene, no obstante, un aspecto negativo. El interés en el Antropoceno como período geológico y unidad geocronológica, así como los criterios científicos tan rigurosos propuestos desplazaron el eje

de la discusión del lugar de partida iniciado en el siglo XIX: las consecuencias del antropocentrismo, la no sustentabilidad de las economías extractivas, la fe en la renovación *ad infinitum* de los recursos naturales. Al respecto, es alentador que desde la Antropología y la Ecología se esté abogando por investigar más profundamente los procesos mediante los cuales el hombre influencia las dinámicas naturales en lugar de centrarse en discutir el término Antropoceno o su comienzo, término que consideran ligado a un determinado desarrollo ideológico (Bradje, 2015).

Más allá de esta búsqueda de marcadores cronológicos o indicadores de procesos globales para el inicio del Antropoceno, resulta de suma relevancia identificar cuáles son los principales procesos y cómo se manifiestan a escala local. Son estas respuestas, tanto naturales como culturales, locales las que determinan el grado de impacto sobre una determinada sociedad y un determinado ecosistema, su capacidad de resiliencia y su vulnerabilidad tanto actual como futura, de forma tal que sea posible diseñar e implementar medidas de conservación y/o mitigación de estos impactos.

El presente trabajo plantea aportar a la definición geocronológica y de los principales procesos e indicadores que permitan identificar el advenimiento del Antropoceno en la costa sudeste del Uruguay. La idea central es la de identificar los procesos (tecnológicos y conceptuales) a través de los cuales las sociedades humanas del área influyen en las dinámicas naturales y transforman procesos y servicios ecosistémicos más allá de su rango natural, de forma tal que se generan consecuencias (muchas veces no deseadas o perseguidas) para éstas, sus orígenes y principales características. En esta misma línea, se intentará determinar el tipo de respuesta adaptativa de los grupos humanos tanto a la variabilidad natural como respecto a aquella que encuentra su causa en los mecanismos de interacción y retroalimentación de la esfera natural y la cultural (Chin et al., 2016). Del mismo modo, se buscará identificar indicadores confiables de estos procesos, de forma tal que se constituyan una suerte de “postdictores” de cambio como piedra angular para el ulterior

desarrollo de señales de alerta temprana para esta u otras áreas que se encuentren en estadios menos avanzados del proceso de relación entre hombre y ambiente.

En este contexto, la costa sudeste del Uruguay deviene un espacio privilegiado para el abordaje del Antropoceno, tanto desde el punto de vista de su cronología como de los procesos humanos y naturales interactuantes. Como se expondrá más adelante, este espacio denota algunas de las señales que se definen como centrales del intervalo en cuestión, como grandes cambios en la cobertura del suelo (Armesto et al., 2010), provocados esencialmente por el aumento de poblaciones humanas, urbanización, consumo de agua dulce, extinción/disminución de especies autóctonas e introducción de especies exóticas, construcción de presas, desvío de ríos y modificación del paisaje acelerados; disminución de recursos naturales, humedales costeros y productividad de pesquerías (Crutzen y Stroesmer, 2000).

Desde el punto de vista de estudios de línea de base, cuenta con trabajos que captan o compilan la génesis y desarrollo de diversos procesos naturales y culturales que están acotados cronológicamente, como es el caso de la relación entre evolución de lagunas costeras y niveles marinos, así como el impacto humano sobre las lagunas (Bracco et al., 2011a; 2008b; 2005a; del Puerto et al., 2005; García-Rodríguez, 2002; García-Rodríguez et al., 2011; 2010; 2009; 2006; 2002a; 2002b; Inda, 2011; Inda y del Puerto, 2002; Inda et al., 2006a), evolución del clima durante el Holoceno y su relación con cuerpos de agua costeros (del Puerto, 2011; del Puerto e Inda, 2008; del Puerto et al., 2011; 2006), la respuesta humana a cambios naturales (Bracco y Ures, 1998; Bracco et al., 2011b; 2005b; 2000; del Puerto et al., 2013; Inda et al., 2006b), el impacto de procesos de antrópicos sobre ambientes costeros (de Álava, 2007; Gadino, 2011) y las consecuencias de los cambios en la cobertura del suelo sobre los balances de transporte, erosión y depositación de sedimentos (Fernández, 2011).

Por último, es relevante señalar que a nivel local y nacional existen indicios halagüeños del surgimiento de una voluntad socio-política para diseñar e implementar medidas de conservación y protección de servicios ecosistémicos claves (ver, por ejemplo, Steffen e Inda,

2010 respecto al manejo de la Laguna del Sauce, el ingreso de la Laguna de Rocha al Sistema Nacional de Áreas Protegidas bajo la categoría de Paisaje Protegido o la inclusión de la Laguna de Garzón en la categoría Área de Manejo de Hábitats y/o Especies del SNAP). Esta voluntad de acción es imprescindible ya que, de otro modo, por más esfuerzos que se desarrollen desde el plano científico, si los referentes y habitantes locales no se sienten involucrados en el tema, o bien perciben a la conservación como un aspecto periférico o incluso opuesto a otros intereses, las medidas a implementar estarán destinadas al fracaso, debido a que primarán intereses personales y/o políticos, así como una visión centrada en el lucro económico inmediato (Brook y Bradshaw, 2012). Esta ventana de oportunidad es la que pretende aprovechar esta contribución.

El Antropoceno: una nueva época, un nuevo marco conceptual

Si bien la introducción del término Antropoceno (Crutzen y Stroesmer, 2000) es nueva y constituye todo un hito respecto al involucramiento de una pléyade de disciplinas científicas en el debate sobre su inicio, causas y consecuencias, la discusión sobre el impacto del hombre sobre los sistemas terrestres puede rastrearse hasta el siglo XIX con la obra de Marsh (1864), siendo objeto de simposios y debates durante todo el siglo XX, como bien lo ejemplifican los trabajos de Brown et al. (2003), Butzer (1992), Russell (1997), Thomas (1956), Vitousek et al. (1997).

Como ya se mencionó, este debate genera, en el año 2008, la conformación de un Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno (Corlett, 2015) del Comité Internacional de Estratigrafía para establecer sí el mismo debe incluirse o no en la Escala de Tiempo Geológica (Figura 1). En segundo lugar, este grupo, cuya fecha límite para expedirse está fijada para el año en curso (2016), debe determinar sí el Antropoceno debe incluirse como Época (es decir, el mismo nivel jerárquico que el Pleistoceno o el Holoceno) o bien como Edad o Piso (ver Figura 1 para el detalle de la jerarquía de las subdivisiones). En el primer caso, esto implicaría que el Holoceno finalizó y comienza una Época nueva, en el segundo, se trata de una Edad dentro de la Época Holoceno.

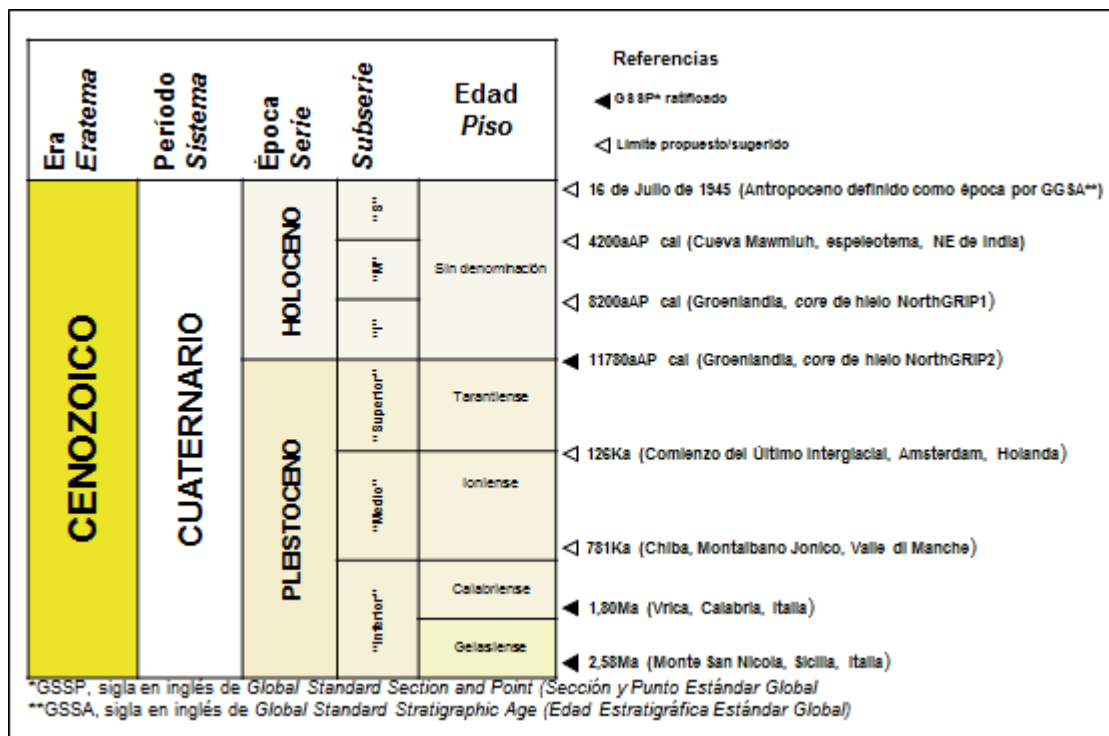


Figura 1.- Escala de Tiempo Geológica del Período Cuaternario. Basado en Head y Gibbard, 2015. Los colores responden al código RGB determinado por la Comisión para el Mapa Geológico del Mundo (CGMW por su sigla en inglés; Gradstein et al., 2012).

La discusión respecto al status del Antropoceno en la Escala de Tiempo Geológica es parte de la misión del Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno, el cual tiene los siguientes cometidos (Zalasiewicz, 2014):

- Determinar la existencia de un registro significativo y bien documentado para el Antropoceno en el cual basar su reconocimiento a escala global y definir un límite con el estrato Holoceno precedente.
- Determinar si la base del Antropoceno debe ser definida por medio de una sección física de referencia (GSSP) o en su lugar definirla por medio de una fecha numérica convenida (GSSA).
- Determinar si el Antropoceno es una unidad de la historia de la Tierra o de la historia de la Humanidad.

En función de estos cometidos, el debate se ha centrado en establecer la edad de comienzo de esta nueva Época o Edad. Es allí donde parecen existir posiciones muy disímiles, las que plantean diferentes hitos de la historia del *Homo sapiens* como el momento de comienzo del Antropoceno así como diferentes concepciones sobre como determinar el impacto humano sobre el sistema terrestre (Figura 2).

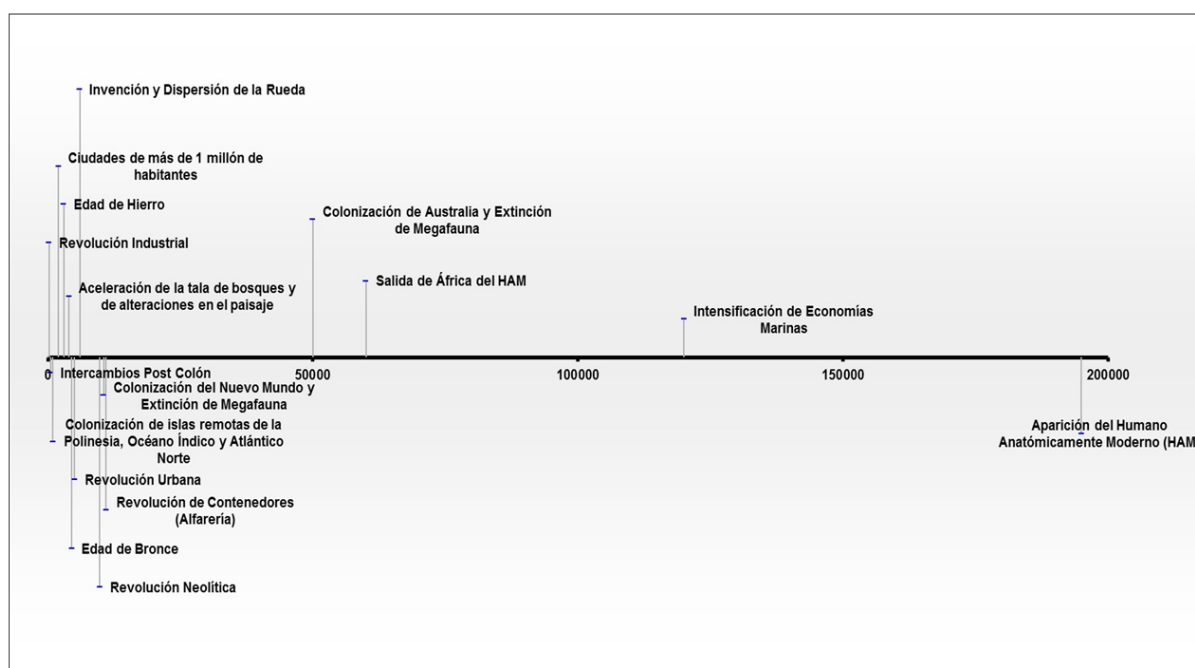


Figura 2.- Principales hitos sugeridos al Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno para ser tomados como inicio del período. Adaptado de Bradje y Erlandson, 2013.

Al respecto, como bien se observa en la Figura 2, existe una amplia gama de cronologías propuestas, esta amplitud, a su vez, responde al tipo de enfoque en el que se basa la definición de Antropoceno. Las cronologías más remotas, como la que vincula el concepto de Antropoceno con la aparición del *Homo sapiens* hace 200 mil años (Bradje y Erlandson, 2013) se basan en la capacidad de la especie de modificar su entorno, constituyéndose rápidamente en un predador clave, omnívoro de base amplia, lo que sería suficiente para separarlo claramente de lo “natural” precedente. Estas mismas apreciaciones son válidas para la propuesta de la fecha de 50 mil años antes del presente, momento del arribo de la especie a Australia o para aquellas que pretenden homologar el Holoceno con el Antropoceno (Smith y

Zeder, 2014). En este sentido, es importante señalar que la propia definición del Holoceno aparece como más débil que la de Antropoceno, en tanto la primera de estas épocas se define por indicadores de cambios climáticos y ambientales – el fin del *Younger Dryas* – a partir de un testigo de hielo de Groenlandia (Gradstein et al., 2012). Para ese entonces, el Antropoceno encontraría su comienzo marcado por varios hitos de importancia para la humanidad, como la aparición de la agricultura y de la domesticación de animales, la extinción de megafauna, la llegada del *Homo sapiens* a América (Bradje, 2015).

Esta “opción remotista” para el comienzo del Antropoceno tiene algunas fortalezas y debilidades que resulta pertinente señalar. En primer lugar, la propuesta se basa en el entendido que la acción de los humanos sobre el sistema terrestre es un proceso de larga data, no necesariamente dependiente de ningún hito particular. Por lo tanto, los marcadores temporales utilizados deben ser considerados como simples indicadores de la antigüedad de los procesos y no como umbrales de cambio particulares. Esta conceptualización procesualista implica un *continuum* de modificaciones menores, una suerte de estado de transición permanente de las sociedades en su relación con el ambiente, relación en la que ambas partes cambian a través de complejos procesos de retroalimentación (Chin et al., 2016). Esta posición tiene la ventaja que, por tratarse de procesos, la ausencia de un hito particular en la historia de una sociedad determinada no implica necesariamente que el proceso no se haya desarrollado (la ausencia de evidencias no es asimilable a la evidencia de ausencia) sino que este puede haber tenido características particulares debido a la configuración de la sociedad local, del clima, del relieve, etc. (Erlandson y Bradje, 2013).

El aspecto central de la concepción procesualista de un Antropoceno remoto, basado en procesos, es que considera al hombre como parte integral del sistema terrestre desde su aparición como especie y no como un mero agente forzante externo (Foley et al., 2013). Sin embargo, esta definición del Antropoceno por medio de procesos de interacción hombre – ambiente de larga data es opuesta a los requisitos básicos de Estratigrafía Geológica necesarios para ser incluido en la Escala de Tiempo Geológica. En primer lugar, la forma de

definición de una Época es a través de un Estrato Tipo y Punto Global (GSSP) que debe contar con una cronología precisa y aceptada y, además, tener una expresión estratigráfica sincrónica a escala planetaria (Gale y Hoare; 2012; Gradstein et al., 2012). Este hecho pone de manifiesto la dificultad de un Antropoceno de edad remota, debido principalmente a que muchos de los procesos referidos anteriormente tienen una cronología muy disímil a través del globo (la llegada del *Homo sapiens* a Europa, por ejemplo, sucede hace al menos 60 mil años, mientras que algunas islas del Pacífico recién son habitadas en el último milenio) y además, no necesariamente tendrán una expresión estratigráfica clara. Es posible entonces, atendiendo a los requisitos señalados, que lo más adecuado sea denominar a este período de influencia humana temprana como Paleantropoceno y utilizar un marcador del tipo Edad Estratigráfica Estándar Global (GSSA) que remite al uso de una fecha convenida en lugar de un estrato tipo (Bradje y Erlandson, 2013; Gale y Hoare, 2012). Se debe remarcar, no obstante, que esta necesidad de sincronía global y expresión estratigráfica clara son requisitos impuestos por la Geología, no compartidos por la Arqueología o Paleoantropología, disciplinas acostumbradas a tratar con cambios diacrónicos, efectos diferidos en espacio y tiempo para ciertos cambios, débil o nula expresión estratigráfica de cambios considerados fundamentales, procesos de invención independientes (Bradje, 2015).

La capacidad de identificar este Paleantropoceno está vinculada con la capacidad de detectar el impacto de sociedades humanas sobre ambientes en fechas remotas. Para la presencia humana en el límite Pleistoceno – Holoceno (*circa* 11800 años AP) existen ciertas dificultades para determinar el grado de impacto sobre los ambientes, como, por ejemplo:

- Grupos humanos de tamaño reducido (bandas de cazadores colectores) cuya huella ambiental es igualmente restringida;
- Cambios acotados en el espacio y efímeros en el tiempo, por lo que son rápidamente obliterados por la sucesión ecológica.

Estas constricciones están actualmente siendo subsanadas por investigaciones arqueológicas desarrolladas en contextos otrora considerados como prístinos o con

intervención humana mínima y/o reciente. En tal sentido, nuevos hallazgos sostienen que la selva amazónica, lejos de ser un ambiente prístino, encierra evidencias de manejo humano desde al menos 13000 años AP (Roosevelt, 2013). Estos hallazgos parecen estar avalados por la relación entre la distribución de ciertas especies vegetales – *Bertholletia excelsa*, la nuez de Brasil, por ejemplo – y las *terras pretas do índio* o antrosoles (Ortiz, 2002). Estudios etnoarqueológicos en la amazonia colombiana destacan el rol activo de los grupos humanos en el manejo de especies vegetales, afectando su distribución natural (al descartar semillas en el entorno de los campamentos) y favoreciendo con el tiempo ciertos atributos preferidos, lo que lleva a la paulatina transformación de la “selva natural” en una suerte de floresta manejada (Politis et al., 1997).

En otras partes del globo, las señales de este Paleoantropoceno son más conspicuas, como es el caso del surgimiento de la agricultura, la domesticación de animales y el advenimiento de las primeras experiencias de vida sedentaria en el Valle del Éufrates (Borrell et al., 2015) para periodos tempranos. En otros casos, el impacto humano antiguo sobre sistemas naturales se encuentra bien documentado e incluso está a la base de la explicación del colapso de ciertas sociedades, como es el caso de la región de Yucatán en América Central (Beach et al., 2015). Para esa región, los investigadores acuñaron el término “Mayaceno” para distinguir el impacto antiguo de aquel provocado por las sociedades post europeas.

Más allá de poner en evidencia la antigüedad de la interacción hombre – ambiente a través del globo y su potencial como agente de modificación de sistemas y procesos naturales, este cuadro presentado por los remotistas llama la atención sobre la necesidad de considerar que muchos procesos o incluso componentes de los sistemas otrora considerados prístinos bien pueden ser el resultado de *feedbacks* milenarios, poniendo en tela de juicio la ya de por sí frágil frontera entre lo natural y la esfera humana. Además, la constatación de la antigüedad de la influencia humana sobre el planeta pone en jaque el mito del buen salvaje, de sociedades pretéritas capaces de perdurar por milenios en armonía con el ambiente circundante. Con la era de los grandes descubrimientos iniciada en el Siglo XV, el arribo de

los europeos a los más recónditos rincones del planeta puso en manifiesto que, en muchos lugares del globo, las sociedades locales ya habían alterado su entorno en forma significativa y en muchos casos irreversible (Crumley, 1994).

Sin embargo, existe un aspecto crítico que no debe ser perdido de vista a la hora de considerar el valor de esta opción. Lo medular de esta propuesta es su énfasis en los procesos por sobre los hitos puntuales, pero esto conlleva, como lo expresa la propia fundamentación, a la existencia de un *continuum* milenario jalonado por una acumulación de hechos que devienen, con el tiempo, en una trayectoria coherente (tal es el caso del proceso de domesticación de plantas y animales, por ejemplo). La debilidad inherente a esta concepción radica en la dificultad de determinar la existencia de ese *continuum*, en tanto la existencia de esa trama parece depender más de un dogma basado en la continuidad de la evolución tanto biológica como cultural que en los hechos (Bar-Yosef, 2015). Según este autor, esta continuidad, por el contrario, parece estar signada por cambios abruptos más que por transiciones (como los grandes cambios en la tecnología lítica, por ejemplo) y éstas, a su vez, son más congruentes con remplazos de poblaciones y/o pautas culturales (procesos de asimilación o aculturación) que por un hilo conductor de larga data.

La segunda postura respecto al Antropoceno se caracteriza por proponer un comienzo relativamente reciente para esta Época. Esta es, de hecho, la propuesta que hace eco del artículo original de Crutzen y Stoermer (2000) que acuña el término Antropoceno. La noción central de esta propuesta es que tanto un Marcador Estratigráfico Global claro y preciso, así como una Edad Estándar Global convenida solo son identificables en períodos recientes. Dentro de estos cambios, los autores señalan aspectos tales como el aumento global del CO₂ atmosférico, el aumento de la tasa de extinción de especies, la deforestación a escala global o la homogenización del *pool* de especies a escala planetaria.

Si bien el inicio de algunos de estos procesos puede rastrearse hasta el comienzo de los viajes de descubrimiento en el Siglo XV (los intercambios post-colombinos que implican la introducción masiva de especies exóticas de plantas y animales alrededor del planeta; Bradje,

2015), los efectos medibles arriba aludidos son particularmente conspicuos a partir del Siglo XIX. En ese entonces, el advenimiento de la Revolución Industrial (favorecida por la invención de la máquina de vapor en 1784) provoca una tala masiva de bosques y la extracción de ingentes cantidades de carbón mineral para abastecer este nuevo tipo de usinas, prontamente incorporadas a los usos más diversos, desde ingenios industriales hasta propulsores de navíos y trenes. Esta fecha ha sido propuesta como la Edad Estratigráfica Estándar Global Convenida para el comienzo del Antropoceno (Bradje, 2015).

Como en el caso de la definición del Paleoantropoceno, pese a que los cambios a partir de la Revolución Industrial son más rápidos y de mayor extensión que cualquier cambio precedente, su reflejo estratigráfico no es del todo inequívoco ni global. En tal sentido, se señala que existen incrementos en, por ejemplo, el CO₂ atmosférico muy anteriores a la Revolución Industrial – en el entorno de los 5000 años AP - igualmente relacionados con actividades humanas que ponen en tela de juicio la validez de este marcador tardío (Ruddiman, 2013). En la búsqueda de un Estrato Tipo y Punto Global, la propuesta actualmente bajo consideración por parte del Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno incluye la fecha de 1945 como el momento en que la humanidad comienza a producir radionucleidos artificiales a partir del lanzamiento de bombas nucleares (Smith y Zeder, 2014). La presencia del isótopo ¹³⁷Cs de innegable origen antrópico se encuentra bien documentada a escala global y, por lo tanto, su ubicuidad le asigna un alto valor de “Estrato Tipo”. No obstante, pese a que la concentración atmosférica de este radionucleido y su depositación en la superficie terrestre son hechos globales, es discutible la globalidad de los procesos inherentes a la creación misma de la energía nuclear.

Una propuesta más conceptual dentro de la postura recentista sostiene que la fecha de comienzo del Antropoceno debería ser aquella en la que se acuña el término, el año 2000. La fundamentación de esta postura radica en dos aspectos principales, el primero es que es la fecha en que la humanidad logra identificar su huella inequívocamente en el registro geológico más allá de la variabilidad natural por medio de varios indicadores; el segundo, que

existe el suficiente grado de avance tecnológico y conceptual como para reconocer que este desvío de trayectoria es un riesgo a la sostenibilidad de la especie humana y del planeta (Bradje y Erlandson, 2013).

Más allá del grado de aceptación de una Época Geológica denominada Antropoceno con un origen milenario o reciente, el valor heurístico conceptual de la misma trasciende largamente esta discusión. La principal reflexión a la que motiva este debate gira entorno a que toda sociedad humana, independientemente de su antigüedad, tamaño y capacidad tecnológica, tiene el potencial de impactar negativamente en el sistema natural con el que interactúa. El estudio de sociedades pretéritas ha llamado la atención sobre el carácter no sostenible de economías fuertemente extractivas, como lo documentan los trabajos de Beach et al. (2015) sobre el colapso de los Mayas. Del mismo modo, la Revolución Industrial, más que constituir un hito de una Época geológica, constituye un nuevo pulso de intensificación de esta economía extractiva, más tecnológica y más global, por ende, más ávida de recursos y capaz de forzar la capacidad de resiliencia del sistema terrestre a umbrales no conocidos.

Es precisamente esta toma de conciencia sobre la no sostenibilidad de la concepción actual y pretérita de la relación de las sociedades humanas con su entorno la que – además de concitar la atención de numerosas disciplinas en el estudio del Antropoceno – propugna por un cambio en el enfoque desde el cual abordar este fenómeno. En primer lugar, se percibe la necesidad de abordar la profundidad temporal de los procesos actuales para desentrañar la génesis y consecuencias de los mismos (Bradje y Erlandson, 2013). Entre éstas, se destaca la preocupación por que la influencia humana sea tal y de tan larga data que haya implicado la aparición de ecosistemas completamente nuevos para la historia del planeta (Figura 3; Chin et al., 2016). Sí este *worst case scenario* se toma como válido, en un futuro cercano incluso los Principios del Uniformismo o Actualismo (Hutton, 1788; Lyell, 1830; 1833) serán puestos en tela de juicio, en tanto los parámetros actuales no serían homologables a ningún momento del pasado (Knight y Harris, 2014).

La tendencia actual en este nuevo marco centrado en procesos es la de recurrir a aquellas disciplinas capaces de aportar desde lo conceptual y metodológico al estudio de procesos diacrónicos extensos, como la Arqueología, la Geología, la Historia, la Paleoantropología, la Ecología Histórica y la Geografía Histórica (Balée y Erikson, 2006; Crumley, 1994).

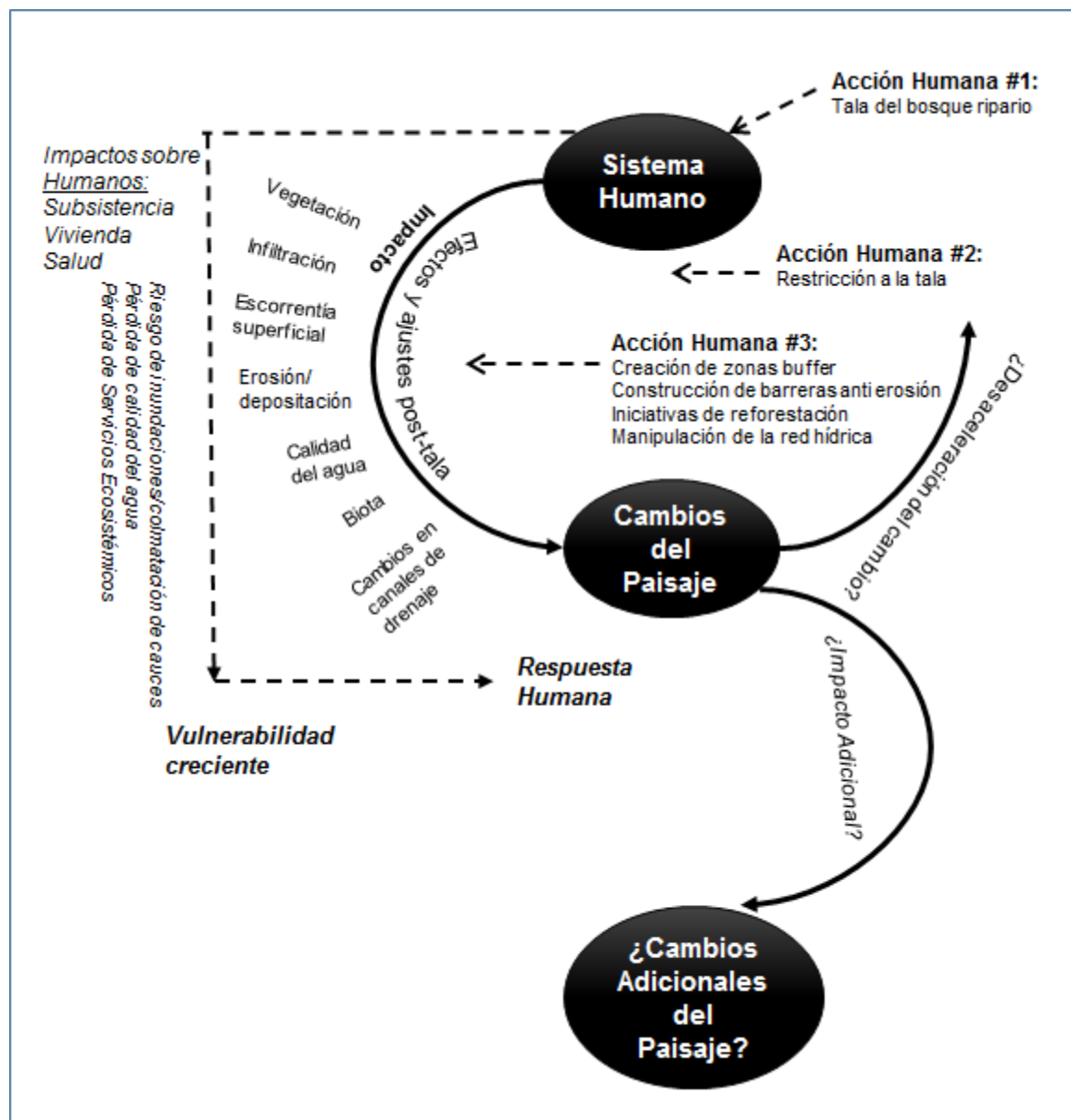


Figura 3.- Esquema de impacto de las acciones humanas sobre un sistema natural. Basado en Chin et al. (2016); el ejemplo de la tala histórica del bosque ripario nativo está basado en Gautreau (2006).

Sin embargo, el abordaje de procesos diacrónicos presenta enormes desafíos, vinculados particularmente a dos aspectos fundamentales: la inexistencia de registros instrumentales sobre atributos ambientales del pasado y la dificultad de acceder al punto de vista *emic* (la ideología detrás de una tecnología) de una sociedad del pasado a través de registros históricos o su cultura material.

En el primero de los casos, dependiendo del rango temporal y espacial abordado, existen varios indicadores indirectos de parámetros ambientales pretéritos y de la influencia humana sobre los mismos. En este sentido, la Paleolimnología, por ejemplo, se ha servido de un conjunto de indicadores biológicos (*proxies* en inglés) como diatomeas y cistos de crisofitas para determinar la evolución tanto de la configuración como de los procesos ecosistémicos de lagos y lagunas (García-Rodríguez, 2002; 2006; Inda, 2011; Smol, 1985; Smol et al., 1995; Stoermer y Smol, 1999). La vegetación de cuerpos de agua y cuencas hidrográficas o incluso regiones más extensas puede ser reconstruida a partir de granos de polen (Bennett y Willis, 2001; Mourelle, 2015) silicofitolitos (del Puerto, 2011; Piperno, 2001) o macro-restos vegetales (tejidos y raíces, leños y restos carbonizados; Birks, 2001; Inda y del Puerto, 2007).

Entre los indicadores indirectos geoquímicos se destaca el uso de técnicas radiométricas para establecer en forma precisa la antigüedad de los testigos sedimentarios y, por lo tanto, poder determinar la secuencia de información en ellos comprendida. Dentro de estas técnicas se destaca la estimación de edad numérica a partir de ^{14}C , Termoluminiscencia y estimaciones relativas por medio de la relación entre ^{210}Pb – ^{137}Cs (Appleby, 2001). Otras técnicas ampliamente difundidas incluyen análisis del tamaño, color y composición mineralógica de partículas, isótopos estables, contenido de materia orgánica y carbonatos, metales pesados (Figura 4; Last y Smol, 2001).

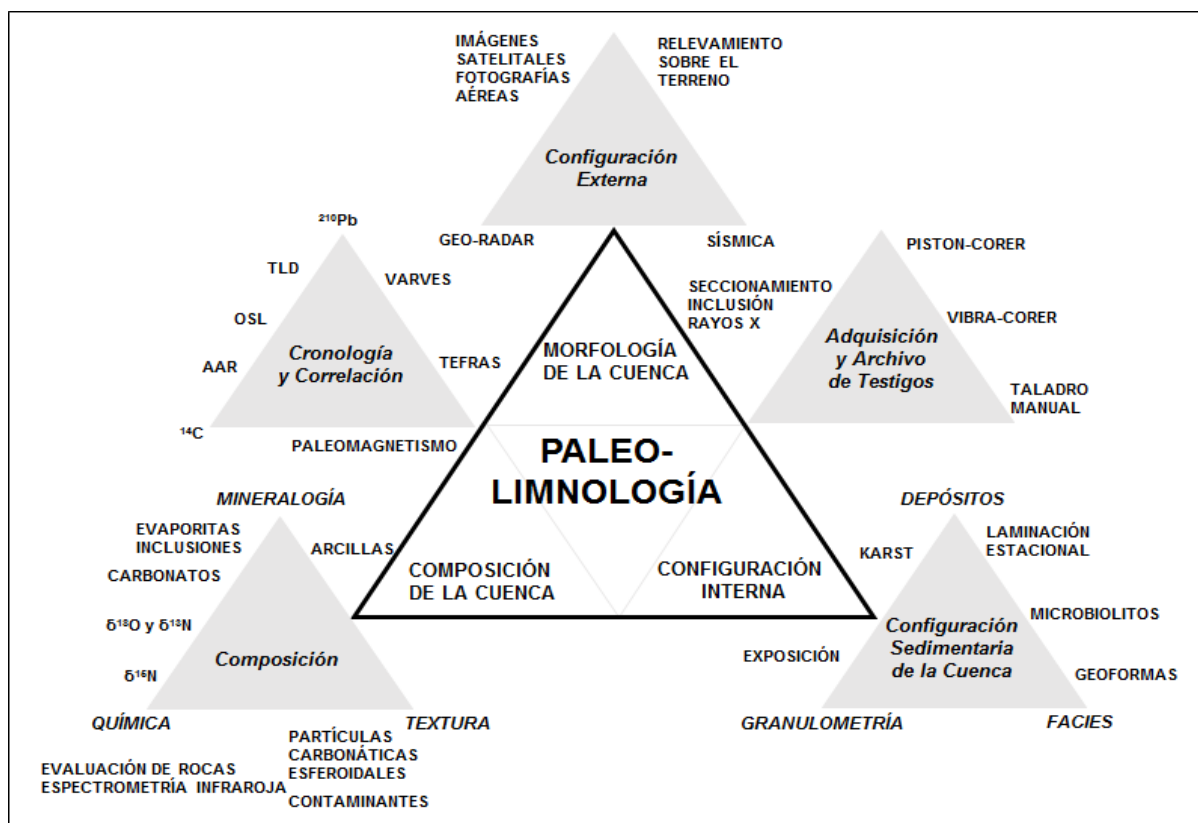


Figura 4.- Principales métodos y técnicas empleados por la Paleolimnología para el estudio de cuencas hidrológicas. Fuente: adaptado de Last y Smol (2001).

Así como la Paleolimnología es en gran medida responsable de la estandarización del uso de varias de las técnicas arriba mencionadas, la Arqueología es la disciplina científica responsable del desarrollo y la implementación de diferentes métodos y técnicas destinados a abordar el estudio de sociedades pretéritas. En este caso, el abordaje de grupos humanos implica dificultades adicionales inherentes a la capacidad de toma de decisiones de la especie que trascienden la mera respuesta adaptativa esperable en otros organismos. Por lo tanto, la Arqueología ha debido superar la fase inicial centrada en la descripción de vestigios culturales y su periodización en una secuencia evolutiva para abordar la tarea de reconstruir el modo de vida de las poblaciones humanas responsables de producir esos vestigios materiales, su organización y su interacción con el entorno (Binford, 1983). Un aspecto importante del enfoque arqueológico es el temprano reconocimiento del *Homo sapiens* como parte integral del sistema terrestre (Renfrew y Bahn, 1991) por lo que el estudio de sus patrones de

asentamiento (gestión del territorio y sus recursos, ciclos estacionales en grupos nómades, distancia a recursos críticos en grupos sedentarios), estrategias de subsistencia (caza, recolección, pesca, producción de alimentos, domesticación de plantas y animales) y tecnología disponible (capacidad de modificación de ambientes y paisajes) se integraron en un enfoque holístico con una fuerte impronta ecológica (Trigger, 1989).

Para lograr el cometido de interpretar cómo los grupos humanos interactuaron con los ambientes a través de mecanismos de adaptación y transformación, la Arqueología ha desarrollado y/o utilizado un conjunto de técnicas muy amplio (Figura 5). Entre estas, se destacan los relevamientos a gran escala de distribución de yacimientos arqueológicos (prospección arqueológica con sensores remotos o sobre el terreno; Aston, 1985; Wiseman y El-Baz, 2007), las excavaciones y relevamientos no intrusivos con técnicas de sensores láser u ópticos (von Schwerin et al., 2016; Renfrew y Bahn, 2001) para determinar patrones de asentamiento y la estructura interna de los sitios. Respecto a la identificación de aspectos relacionados con la subsistencia, las técnicas incluyen la identificación de vestigios macro y microscópicos de vegetales silvestres y domesticados (Dimbleby, 1980; Piperno, 1988; Western, 1980; Yarnell, 1980), la determinación de los restos de fauna hallados en los yacimientos (Herre, 1980; Reitz y Wing, 2008) y el análisis de isótopos estables en restos esqueléticos humanos (Pollard et al., 2007). Las cronologías en Arqueología se establecen en forma relativa a través de seriaciones, donde la presencia de determinados rasgos o innovaciones tecnológicas permite establecer una edad relativa a un yacimiento a estrato arqueológico (Harris, 1989) y a través de métodos de estimación de edad numérica como el ^{14}C y la Termoluminiscencia, con la salvedad que las edades pueden obtenerse tanto de materiales contenidos en los sedimentos (tanto vestigios culturales como naturales) como de restos esqueléticos humanos u objetos producidos por el hombre (alfarerías, utensilios de madera o hueso; Appleby, 2001).

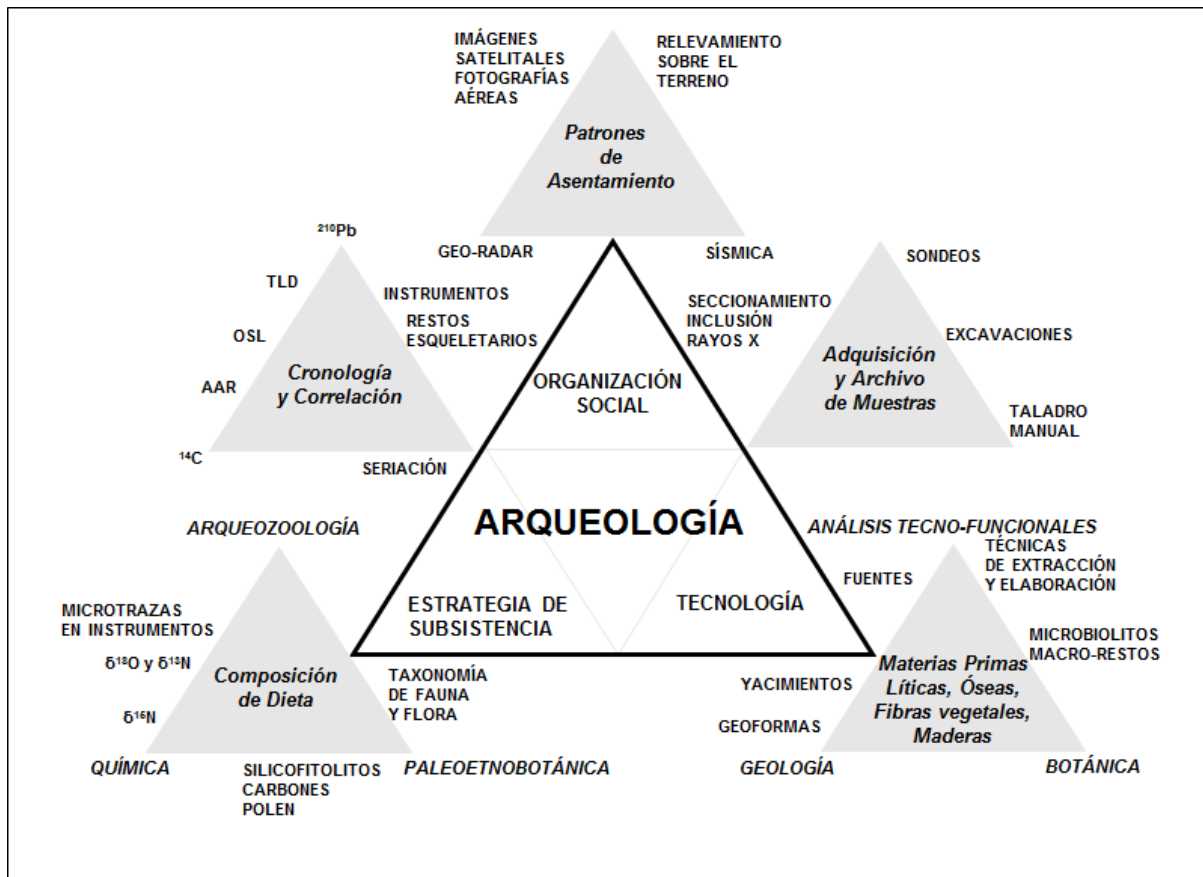


Figura 5.- Principales métodos y técnicas implementados y/o desarrollados por la Arqueología.

Por último, resulta sumamente relevante señalar que tanto la Paleolimnología como la Arqueología han incorporado un importante conjunto de métodos y técnicas originados en otras disciplinas (Geografía, Biología, Botánica, Zoología, Geología, Química, Física, etc.) y este ejercicio ha implicado considerar, cuando no adoptar, algunas de las premisas conceptuales básicas de tales saberes. En tal sentido, esta amplitud y apertura originada en una necesidad de generar conocimiento extremadamente especializado ha redundado en dos aspectos fundamentales: un espíritu de trabajo en grupos interdisciplinarios con las concomitantes ventajas del *feedback* permanente entre disciplinas, trascendiendo la visión uni-sectorial compartimentada, capaz de lograr que el abordaje del objeto de estudio sea holístico e integral, por sobre una suma de partes otrora inconexas. En segundo lugar, en base al reconocimiento de lo remoto de la relación entre grupos humanos y su entorno, se ha logrado desarrollar una concepción de un sistema terrestre donde la humanidad no se concibe

como un agente forzante externo, sino como parte integral del mismo, ya sea a través de propuestas como la de Sistemas Humanos y Naturales Acoplados (CHANS, por su sigla en inglés; Liu et al., 2007) o bien considerando al objeto de estudio de la Arqueología como una versión diacrónica de la Ecología Humana (Butzer, 1982).

El Antropoceno en el sudeste del Uruguay:

Antecedentes y Fundamentación de la propuesta

Como se mencionó brevemente en la Introducción a este trabajo, existen en Uruguay, particularmente en la región sudeste, varias investigaciones antecedentes que dan cuenta de la presencia e impacto de las sociedades humanas sobre diferentes ambientes desde al menos el Holoceno medio. Sin embargo, la mayoría de estos trabajos enfatizan diferentes aspectos de la relación hombre – ambiente sin adentrarse en profundidad en el núcleo del concepto de Antropoceno: la influencia humana sobre la variabilidad natural como un proceso vinculado a un tipo particular de concepción de manejo del ambiente. Si bien esto es explicable en parte por lo reciente del propio concepto, también debe señalarse que fueron otros los imperativos conceptuales y, por lo tanto, también el abordaje metodológico de tales propuestas.

Atendiendo a lo expuesto, los antecedentes se dividen en tres grandes categorías, basadas las mismas en el enfoque prevalente: Respuesta Humana a Dinámica Ambiental Holocena; Respuesta de Sistemas Acuáticos Lenticos a Dinámica Climática y Eustática Holocena; y Efectos de Modificaciones Antrópicas Recientes sobre “Sistemas Naturales”:

La Respuesta de los Grupos Humanos a la Dinámica Ambiental Holocena: el aporte de la Arqueología

La Arqueología es, sin lugar a dudas, la disciplina que reconoce más tempranamente la relación entre la dinámica ambiental y la respuesta cultural de las poblaciones prehistóricas para la región Este del Uruguay. En su “Viaje al San Luis”, Arechavaleta (1892) propone que los túmulos de tierra o “cerritos” de las zonas de humedales de Rocha constituyen una adaptación de los grupos humanos para habitar en zonas estacional o permanentemente inundadas, mientras Figueira (1892) reconoce que los grupos humanos que habitaron la costa

oceánica y estuarina prefirieron zonas rocosas elevadas por sus ventajas estratégicas y lagunas en virtud de la concentración de recursos para la subsistencia. Si bien estos abordajes tempranos adolecen de la falta de rigor crítico en virtud que es el trabajo realizado por aficionados a la Arqueología – la disciplina se consolidaría como oferta académica recién en la década de 1980 – la información que aportan respecto al emplazamiento y configuración de varios yacimientos es la única fuente de información disponible. Del mismo modo, las descripciones del entorno físico de la región Este para fines del siglo XIX y comienzos del XX aporta valiosos datos sobre la flora y la fauna de la costa, la sierra y las zonas de humedales (Maeso, 1977).

Esta región fue una de las primeras abordadas por la Arqueología como disciplina académica, la cual se centró en los túmulos o “cerritos de indios” de las zonas de humedales de Rocha y en yacimientos costeros del Atlántico (Bracco y López, 1992a; 1992b; Cabrera y Femenías, 1992; Chagas, 1995; Femenías et al., 1992; López, 1995a; 1995b; López et al., 1997; Mañosa, 1995). En ese entonces, el registro humano de la zona de humedales fue abordado desde la premisa de considerar a los “cerritos” como una suerte de plataformas rituales (cementerios y/o lugares de alta connotación simbólica) sin profundizar en la estrategia de subsistencia de los grupos ni en la respuesta de estas sociedades a los cambios en la configuración ambiental a través del Holoceno medio y tardío. Los sitios costeros, por su parte, fueron abordados en forma separada, no implícitamente relacionados con las áreas interiores, apuntando entonces a determinar los recursos explotados y la logística de ocupación de la costa.

Posteriormente, el eje interpretativo se desplazó hacia la necesidad de incluir a estos grupos humanos del sudeste del Uruguay dentro del esquema evolutivo desarrollado por la Arqueología norteamericana (Willey y Phillips, 1957). Este esquema propone la existencia de cinco períodos o estadios en América, los cuales se suceden cronológicamente y, además, se caracterizan por un “avance continuo” de los grupos humanos. Los períodos son el Paleoindio (12000 a 5500 aAP); el Arcaico (5500 a 3800 aAP); el Formativo o Preclásico

(4000 a 1800 aAP); el Clásico (1800 a 1200 aAP) y el Posclásico (1200 a 400 aAP). De acuerdo a las cronologías disponibles, los sitios costeros y de humedales fueron asignados al Período Formativo y la investigación se centró en buscar evidencias (e interpretar todo el registro material) de ese período: presencia de plantas domesticadas, agrupamiento de poblaciones en aldeas permanentes o semi-permanentes, producción especializada de bienes, estratificación social y división del trabajo (ver, por ejemplo, Iriarte, 2006; Iriarte et al., 2004).

En forma simultánea a este proceso de extrapolación acrítica de un modelo de interpretación de la dinámica cultural desarrollado para Mesoamérica, un grupo de investigadores comenzó a indagar la respuesta humana a la dinámica ambiental desde dos aspectos centrales: primero, cómo la dinámica del clima y de los niveles marinos desde el Holoceno medio afectaron a estas sociedades y, segundo, determinar la eventual existencia de ciclos de gestión de territorios de amplia escala, en base a la oferta diferencial de recursos a través del tiempo (estacionalidad y ciclicidad de recursos). Gracias a estos trabajos, se puso de manifiesto que estos grupos humanos del “Formativo”, lejos de constituirse como habitantes de una transición entre el “salvajismo” y la “civilización” mantuvieron durante milenios una estructura social cohesiva pero no jerárquica, capaz de incorporar ajustes menores a su estrategia de subsistencia para compensar variaciones ambientales (ampliación de la base recursos consumidos, incorporación de vegetales domesticados pero no de agricultura) sin solución de continuidad evidente hasta el contacto con el europeo (Blasi et al., 2005; Bracco y Ures, 1998; Bracco et al., 2011b; 2010; 2005b; 2008a; 2000; Capdepont et al., 2005; del Puerto e Inda, 2008; del Puerto et al., 2013a; Inda y del Puerto, 2007; 2002; Inda et al., 2006b).

La Génesis y Evolución de las Lagunas Costeras: el aporte de la Paleolimnología

El desarrollo de la Paleolimnología en Uruguay se encuentra estrechamente vinculado a la Arqueología de tierras bajas del sudeste del Uruguay. Hacia fines de la década de 1990, el estudio de la relación entre las culturas prehistóricas del Este respecto a la dinámica ambiental de la región (ver sección anterior) con investigaciones basadas primordialmente en geoformas asociadas a costas de lagunas y litoral oceánico (Bracco y Ures, 1998; Bracco et al., 2000) encontraba la limitación impuesta por la existencia de relieves de configuraciones pretéritas con niveles positivos que, además, remitían a eventos puntuales que no permitían develar la respuesta local de esos sistemas a procesos y fenómenos globales. Por otra parte, la Limnología generó en ese entonces el interés por conferirle profundidad temporal al estudio de la dinámica de las lagunas costeras del sudeste, particularmente en relación a la ciclicidad de estados alternativos de lagos someros y efectos diferidos en el tiempo de algunas modificaciones antrópicas.

Esta disciplina contaba con el conocimiento sobre taxonomía de algunos *proxies* relevantes para reconstrucciones de estado trófico, salinidad y otros parámetros, particularmente respecto a la flora diatomológica (García-Rodríguez, 2002), mientras que la Arqueología ofrecía otro conjunto de *proxies* con alto potencial de preservación e información: los silicofitolitos (Campos et al., 2001). De este modo, se conforma un grupo de trabajo multidisciplinario que analiza múltiples testigos sedimentarios de lagunas costeras, dando lugar a una serie de publicaciones sobre la evolución de los niveles marinos y su impacto en la génesis y evolución de los sistemas someros, la variación del estado trófico de las lagunas, el clima durante el Holoceno y la composición general de la flora de los sistemas estudiados (Bracco et al., 2011a; 2008b; 2005a; del Puerto, 2011; del Puerto e Inda, 2008; del Puerto et al., 2013b; 2011; 2006; 2005; García-Rodríguez et al., 2010; 2009; 2006; 2002a; 2002b; Inda, 2011; Inda y del Puerto, 2002; Inda et al., 2006a) que consolidan esta línea de investigación.

No obstante, se debe señalar que, si bien el avance ha sido sostenido, incorporando a cada paso nuevos *proxies* o mejorando la capacidad de obtención de datos de los ya existentes, estos trabajos han restringido su alcance postdictivo a la configuración del sistema analizado (la laguna) sin profundizar en como los fenómenos y dinámicas se sucedieron a lo largo de la unidad natural que comprende a estos sistemas, la cuenca. Algunos de los *proxies* utilizados aportan *per se* información de un área geográfica amplia, como es el caso del polen, pero otros, como fitolitos o diatomeas, no permiten establecer con el mismo grado de certeza su lugar de proveniencia o bien reflejan con mayor fidelidad las condiciones *in situ* que las extracuencales.

La Gestión Ambiental y la Pérdida de Servicios Ecosistémicos: el aporte de otras disciplinas sobre el período actual

La creciente toma de conciencia sobre la pérdida de varios servicios ecosistémicos clave para las sociedades humanas en los ambientes costeros del sudeste del Uruguay (deterioro de calidad de agua y de espacios de recreación, primordialmente) determinó que tanto tomadores de decisiones como varias disciplinas del ámbito académico centraran sus esfuerzos en abordar esta problemática. Desde la esfera política, se desarrollaron medidas de protección de ambientes y de gestión sustentable de recursos naturales, entre los que se destacan para la región la creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas a través de la Ley N° 17234 del año 2000; las Directrices Departamentales de Maldonado, Artículos 108 y 109 del año 2010 y Rocha a través del Decreto 03/14 del año 2014; el Plan y Evaluación Ambiental Estratégica Entre Lagunas, entre la Laguna Jose Ignacio y la Laguna Garzón; el ingreso de la Laguna de Garzón al SNAP a partir del 20/01/2016; la creación del Parque Nacional Cabo Polonio y del Paisaje Protegido Laguna de Rocha por parte del SNAP; la creación de la Comisión de Cuenca de la Laguna del Sauce a partir del Decreto N° 18610 de 2010 y la aplicación prioritaria del Plan de Uso, Manejo y Conservación de Suelos de

(PUMACO) de la Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables (RENARE-MGAP) en dicha cuenca.

Desde el ámbito académico, se crearon ofertas de grado y posgrado con un fuerte énfasis en la Gestión Ambiental (Licenciatura en Gestión Ambiental del Centro Universitario Regional Este, Maestría en Ciencias Ambientales de la Facultad de Ciencias) de los ambientes costeros (Maestría en Manejo Costero Integrado del Cono Sur, Espacio Interdisciplinario que integra a Facultad de Ciencias, Facultad de Arquitectura, Facultad de Ingeniería y Facultad de Sociología). Estas iniciativas dieron lugar a numerosos estudios sobre varios aspectos del impacto de las actividades humanas sobre el medio para la región (de Álava, 2007), como es el caso de actividades productivas (Acosta, 2001), composición y estructura de ictiofauna (Marchand, 2002), gestión sostenible de fuentes de agua potable (Blanco, 2003), evolución del estado trófico de lagunas costeras (Rodríguez, 2006), procesos de erosión (Fernández, 2011; Pesce, 2009), análisis de limitantes para la conservación de servicios ecosistémicos en sistemas acuáticos (Steffen, 2012) y su relación con la planificación territorial (Nin, 2013). En este contexto, es particularmente relevante el surgimiento de iniciativas conjuntas entre el ámbito político y el académico, como la compilación de estudios de línea de base y análisis de las barreras socio-económicas para la implementación de una Gestión Ambiental Sustentable en la Cuenca de la Laguna del Sauce (Steffen e Inda, 2010) o el análisis de la vulnerabilidad de los sistemas productivos a la luz de la variabilidad climática actual (Bidegain et al., 2012).

De lo expuesto en este apartado resulta evidente que desde hace al menos una década existe un saludable acercamiento entre los tomadores de decisiones a nivel departamental (Maldonado y Rocha) y nacional con el ámbito académico. Este hecho ha permitido que, por primera vez en la historia regional, la gestión ambiental y territorial encuentre una línea de base de conocimiento técnico que le permite tomar decisiones informadas y habilita a pensar en acciones que trasciendan el perenne y omnipresente paradigma de Comando y Control

vertical de corte político por un esquema de Manejo Integrado, o incluso avizorar ensayos de Manejo Adaptativo para algunas áreas y situaciones.

Sin embargo, es necesario tener presente que este derrotero compartido entre el sector político y académico no involucra ni a todos los ámbitos de gestión ni a todos los actores del sistema. La coyuntura política que permitió este desarrollo “piloto” ya se ha modificado en el ámbito local y, en tanto no se encuentren mecanismos para trascender visiones sectoriales (conservación de servicios ecosistémicos versus productivismo o extractivismo) o vinculadas a los plazos políticos o a la lógica de mercado, las relaciones “simbióticas” retornarán a su estado previo de barreras a la gestión sustentable (Steffen, 2012).

Fundamentación de la Propuesta

La comprensión del potencial impacto de los cambios ambientales sobre las sociedades humanas es uno de los puntos centrales de la agenda científica de la actualidad (Anderson et al., 2007). De acuerdo al estado actual del conocimiento sobre los cambios climáticos para el futuro, el corto plazo estaría signado por cambios a escala global, los cuales podrían acarrear graves consecuencias para las poblaciones humanas. Entre éstos, se destacan la vulnerabilidad de centros poblados costeros (por ascenso del nivel del mar), la pérdida o disminución de rendimiento de los sistemas de producción de alimentos (por disminución o cambio en el régimen de precipitaciones), la pérdida de fuentes de agua potable (por eutrofización, salinización y/o contaminación), así como el aumento de pandemias (por cambios en la distribución de especies que actúan como vectores de enfermedades) (Oldfield y Alverson 2003; Ravindranath y Sathaye 2002).

El impacto de un cambio sobre una sociedad humana depende tanto de factores intrínsecos a la dinámica natural como de aspectos que son particulares de esa sociedad humana (Estévez 2005, Leroy 2006). Dentro de los primeros, se pueden referir la magnitud,

frecuencia, rapidez y duración del fenómeno natural (erupciones volcánicas, terremotos, ascenso del nivel del mar, retroceso o avance glaciario, etc.). Dentro de los segundos, se destacan variables como el tipo de organización económica, tecnología y capital invertidos en la producción, tipo y distribución de los recursos explotados, organización política y complejidad social, experiencia previa y/o memoria de eventos similares, densidad y distribución espacial de la población.

Por lo expuesto, comprender la intrincada relación entre factores naturales y antrópicos intervinientes en el cambio y sus impactos requiere un abordaje que contemple tanto las causas como los procesos y las relaciones entre las variables naturales y aquellas de origen humano. En este sentido, deviene fundamental el desarrollo de una perspectiva diacrónica de largo plazo, para lograr dimensionar la magnitud de la escala de los cambios que están ocurriendo y evaluar sus eventuales impactos o consecuencias en las poblaciones humanas. De este modo, se apunta a develar la capacidad de respuesta de la sociedad humana frente a los factores de cambio, modelando posibles escenarios futuros de forma tal que exista un margen para modificar decisiones y acciones del presente (Oldfield y Alverson, 2003).

A partir de los principales antecedentes relevados en el transcurso de esta investigación resulta evidente la existencia de una extensa y creciente base de información para la región y período en la que enmarca la propuesta. Este comprehensivo *background* conceptual y metodológico constituye un buen punto de partida para profundizar el conocimiento de la relación entre sociedades humanas y ambientes desde el Holoceno medio hasta la actualidad, con un fuerte énfasis en las causas que motivan que la acción humana modifique la trayectoria natural de los sistemas con los que interactúa (la ideología detrás de la acción modificadora), sus principales consecuencias y, no menos importante, la identificación de los principales indicadores de esos procesos (Figura 6).

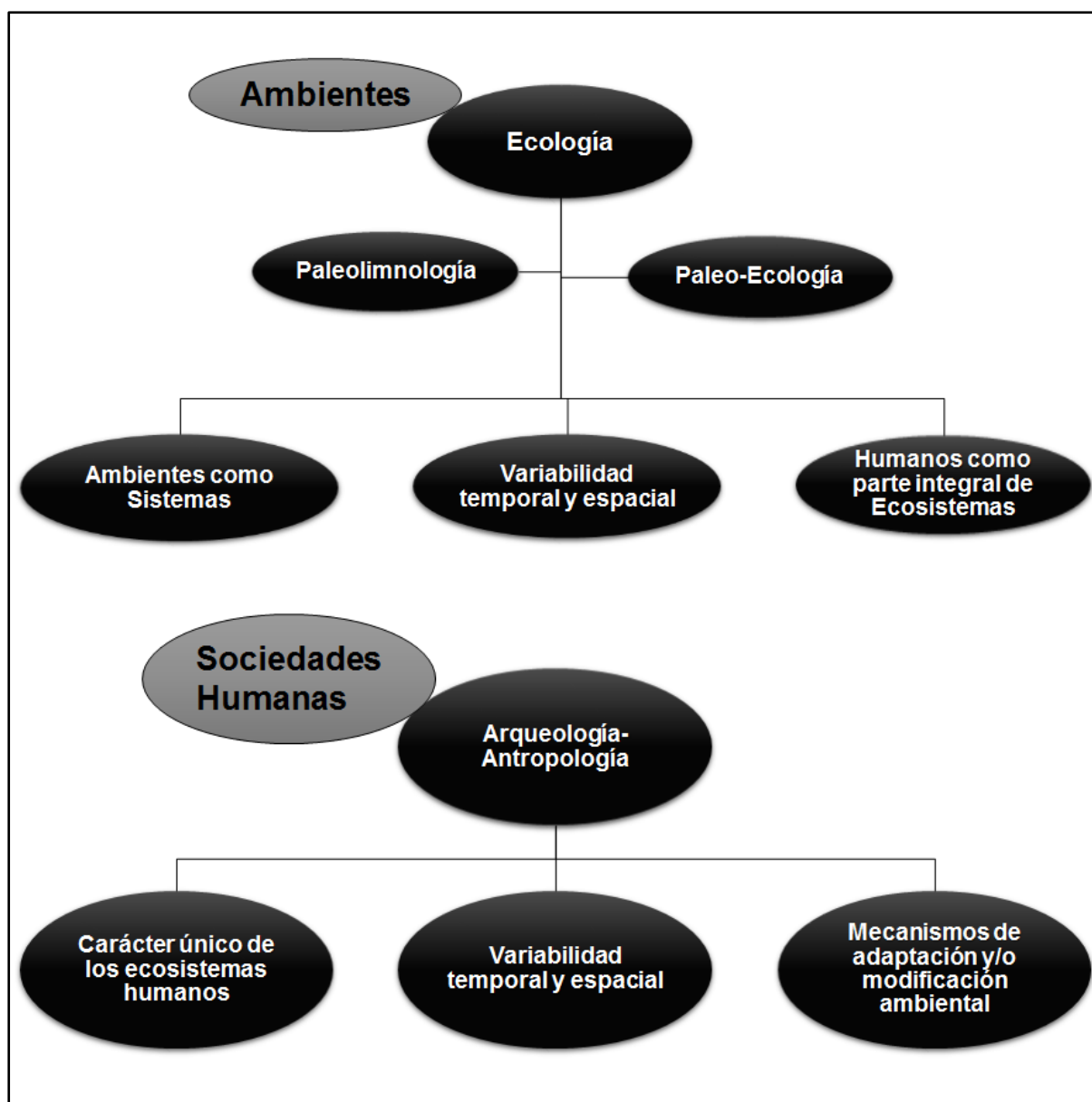


Figura 6.- Esquema conceptual del abordaje interdisciplinar propuesto.

Para determinar cuándo y cómo la influencia humana sobre los ambientes desvía a los mismos de su trayectoria natural es imprescindible considerar esta inter-relación a partir de un marco temporal amplio. Desde los estudios con un abordaje diacrónico de la relación hombre-ambiente se ha indagado la respuesta humana a la variabilidad climática y ambiental durante el Holoceno medio y tardío, particularmente bajo la forma de respuestas adaptativas que introdujeron modificaciones en las estrategias de subsistencia y, por ende, en ciertos aspectos de la configuración social de esos grupos humanos (Bracco et al., 2000; 2005b;

2008a; Campos et al., 2001; del Puerto e Inda, 2008; del Puerto, 2015; del Puerto et al., 2013a; Inda y del Puerto, 2002; Inda et al., 2006b). Sin embargo, estas investigaciones no consideraron el impacto de esas sociedades (ni de los cambios que las mismas implementaron) sobre los ambientes con los que interactuaron sino en forma muy sucinta.

El otro aspecto que esta aparente dicotomía debe abordar la génesis y evolución de sistemas naturales (lagunas costeras). Los antecedentes al respecto han proporcionado información muy detallada respecto a la relación entre eventos transgresivos y regresivos del mar de expresión global durante el Holoceno y la respuesta de los sistemas locales, en términos de cambios de salinidad, estado trófico o incluso de configuración hidro-geomorfológica (cambios de estado entre laguna y ensenada o bahía, por ejemplo; Bracco et al., 2011a; 2008b; 2005a; del Puerto et al., 2005; García-Rodríguez, 2002; García-Rodríguez et al., 2010; 2009; 2006; 2002a; Inda, 2011). Del mismo modo, las reconstrucciones del clima a través del Holoceno han permitido descifrar la variabilidad climática del período, su influencia en la configuración de los sistemas acuáticos y la respuesta cultural asociada (Bracco et al., 2011b; 2010; 2005a; 2005b; del Puerto, 2015; 2011; del Puerto e Inda, 2008; del Puerto et al., 2013a; 2013b; 2011; 2006; Inda y del Puerto, 2002; Inda et al., 2006a).

Por lo tanto, este trabajo propone indagar el eventual impacto de las sociedades humanas pretéritas sobre los ambientes (antigüedad del Antropoceno o existencia de un Paleoantropoceno), a partir del estudio de los patrones de asentamiento (gestión del territorio, determinando áreas específicas de redundancia espacial y recurrencia temporal de la presencia humana, modificación de geoformas e interferencia en procesos naturales.

Para evaluar como la dinámica ambiental en sus diferentes configuraciones a través del Holoceno medio y tardío puede haberles conferido a determinados sistemas y/o áreas particulares un estatus de atractor diferencial, se propone la reconstrucción de la configuración pretérita de los sistemas acuáticos estudiados, incluyendo la localización espacial de las ocupaciones humanas en tales escenarios y su relación con la estrategia de subsistencia y de gestión del territorio del grupo.

Respecto al período reciente o histórico, en el cual se concentran las propuestas del comienzo del Antropoceno a escala global (Bradje, 2015; Corlett, 2015; Crutzen y Stoermer, 2000; Erlandson y Bradje, 2013; Gale y Hoare, 2012; Gradsteein et al. 2012; Head y Gibbard, 2015; Ruddiman, 2013; Smith et al., 2014; Zalasiewicz, 2014) los antecedentes para la región se han centrado cronológicamente en el período actual (segunda mitad del siglo XX y siglo XXI) con énfasis en la pérdida de servicios ecosistémicos o modificación de procesos naturales debido al impacto humano (Blanco, 2003; de Álava, 2007; Fernández, 2011; Gadino, 2011; Nin, 2013; Pesce, 2009; Rodríguez, 2006; Steffen, 2012). Debido a esta concepción carente de profundidad temporal, son extremadamente escasas las referencias de utilización de *proxies* para determinar el impacto humano en el pasado (García-Rodríguez et al., 2002b) así como respecto a la ideología – la concepción de la relación hombre-ambiente – subyacente a la acción que produce el impacto (Gautreau, 2006). Debido a esta visión centrada en el impacto por sobre el proceso, la amplitud espacial considerada no necesariamente es la adecuada para explicar la génesis de la problemática, no al menos cuando se lo considera desde el contexto diacrónico que lo contiene.

En virtud de lo expuesto, este trabajo propone un enfoque diacrónico de los impactos, los cuales se determinarán a partir de un enfoque que conjugue varias metodologías utilizando varios *proxies* y registros directos para dar cuenta de la cronología y principales consecuencias de los procesos de antropización del ambiente. En esta misma línea argumental, se propone profundizar en los aspectos conceptuales e ideológicos subyacentes a la acción antrópica a partir del análisis discursivo, para generar conocimiento respecto a la visión imperante sobre la gestión de territorios y ambientes, mecanismos de apropiación y producción de recursos, la percepción de “lo natural” y la relación entre antropización del ambiente y la percepción del grado de “progreso” de las sociedades humanas.

Hipótesis

- La interacción humano – ambiental desde la prehistoria en el área costera del Sudeste del Uruguay implicó diferentes grados e intensidad de impacto sobre los ambientes.
- Solo a partir del establecimiento de la sociedad moderna (desde el Siglo XIX), el impacto sobre los ambientes estudiados es discernible por sobre la variabilidad natural holocena en los sistemas estudiados, lo que constituye el marcador del comienzo del Antropoceno para la región.
- Existen indicadores indirectos (*proxies*) en el registro paleolimnológico de las modificaciones humanas y es posible determinar, a partir de éstos, la cronología de los procesos, su trayectoria y consecuencias.

Objetivos

Objetivo General

- Determinar la cronología del comienzo del Antropoceno para la costa sudeste del Uruguay, los procesos subyacentes y principales consecuencias discernibles en el registro paleolimnológico.

Objetivos específicos

- Relevar y sistematizar información arqueológica e histórica que permita identificar las diferentes formas de interacción entre grupos humanos y ambientes para el Holoceno de la costa Sudeste del Uruguay y sus potenciales impactos.
- Reconstruir la evolución paleolimnológica para el Holoceno medio y tardío en tres sistemas lénticos costeros del sudeste del Uruguay.
- Discriminar la variabilidad natural de la antrópicamente inducida en el registro paleolimnológico.
- Identificar las principales modificaciones antrópicas en los sistemas costeros analizados y su visibilidad en el registro paleolimnológico.
- Determinar los indicadores más conspicuos para la identificación de los procesos de antropización.
- Integrar la información arqueológica, histórica y paleolimnológico para discutir la concepción de la naturaleza subyacente al advenimiento del Antropoceno en los sistemas estudiados, sus consecuencias y perspectivas de gestión.

Estrategia de Investigación

A partir de una estrategia concebida desde lo ambiental y lo cultural como un sistema integrado, se pretende profundizar en el conocimiento de la interacción humano ambiental, pasible de impactar en la configuración de los ambientes a diferentes escalas espaciales (globales, regionales, locales) y a diferentes ritmos (escalas geológicas, escala humana). Al profundizar en el conocimiento de esta inter-relación hombre/ambiente, será posible no sólo develar cambios culturales y ambientales, sino desarrollar modelos adaptativos eventualmente aplicables a escenarios de cambios climáticos y ambientales futuros con pertinencia para el contexto socio-económico regional (desde emplazamientos con menor riesgo de afectación frente a cambios en los ambientes hasta el desarrollo de actividades económicas de relevancia para pobladores locales). A su vez, al trazar líneas temporales amplias (miles de años) de la evolución conjunta de hombres y ambientes, se facilitará la detección temprana de evidencias de impacto humano en los sistemas. Esto resulta fundamental para ponderar cuáles son las principales actividades antrópicas que afectan a los ambientes, habilitando la mejor comprensión de los mecanismos intervinientes y la elaboración e implementación de medidas de mitigación, corrección y/o restauración que contemplen la particular conjunción de la variabilidad natural sobre-impuesta a la inducida por el hombre.

Para cumplir con los objetivos previstos, el trabajo de investigación se desarrolló en función de diferentes módulos temáticos inter-relacionados. La idea rectora es la de maximizar la obtención de información por unidad de tiempo (muestreos con propósitos múltiples, actividades simultáneas sobre el terreno) sin perder de vista la especificidad de ciertos datos y la complementariedad o relación de otros.

Módulo 1: Variabilidad ambiental holocena

Para la profundización en el conocimiento de la dinámica ambiental de la región Sudeste, se muestrearon cuerpos de agua someros, ponderando particularmente aquellos que se denotaron situaciones actuales diferentes respecto a impacto humano y cobertura del suelo de su área de influencia. Por otra parte, se determinó la antigüedad de los depósitos a través de métodos radiométricos (^{14}C , ^{210}Pb - ^{137}Cs) para establecer relaciones temporales entre cambios ambientales o de origen antrópico con otras variables de interés. Del mismo modo, se implementaron análisis geoquímicos, pero por primera vez vinculados a exhaustivos estudios físico-texturales de los testigos sedimentarios, de forma tal de poder discernir si la dinámica constatada responde a variables naturales de aportes de cuencas en términos de productividad primaria natural, en términos granulométricos (por tiempos de residencia media diferencial de la materia orgánica) o bien en términos de la incidencia antrópica sobre los sistemas (aportes de nutrientes por fuentes puntuales y/o difusas). La variación diacrónica y sincrónica (intra e inter cuerpos de agua) de las variables ambientales se determinó a través de indicadores biológicos (*proxies*) de alta sensibilidad. En este sentido, se realizaron estudios del contenido de diatomeas, crisofitas, silicofitolitos y polen en los testigos obtenidos.

Módulo 2: Presencia humana a través del Holoceno

En cuanto a la esfera cultural, se referenciaron espacialmente yacimientos arqueológicos del área de estudio. Cuando se consideró necesario, se recabó información contextual que aportó indicios de la cronología de los asentamientos humanos (modos o materiales de construcción) para establecer su antigüedad y situarlos así en el contexto ambiental pertinente. En forma simultánea, se prevé una descripción densa con criterios arqueológicos de tales yacimientos, de forma tal que los datos recabados puedan ser incorporados a los inventarios estatales o paraestatales con injerencia en la gestión y preservación del patrimonio cultural. A su vez, se

relevó información de fuentes documentales y acervos museísticos que fue incorporada como insumo a esta investigación.

Módulo 3: Impacto antrópico

En este módulo se abordaron los aspectos relativos al impacto de la presencia humana en los sistemas naturales. Se prestó particular atención a la antigüedad de la presencia humana en el área de los sistemas escogidos para análisis contemplando los siguientes aspectos: actividades que modificaron el medio (actividades productivas, urbanización, recreación, etc.), grado de modificación de los ambientes (implantación de especies exóticas y su efecto, extracción de especies nativas, modificación de desagües naturales, modificación de geoformas relevantes, etc.) a través de estudios diacrónicos de cobertura del suelo. Del mismo modo, se exploró la relación entre las modificaciones antrópicas y la variabilidad natural (cambio de dirección de tendencias naturales o intensificación de las mismas).

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El área de estudio fue dividida en tres sub-áreas que corresponden a lagunas costeras y sus áreas de influencia (cuencas hidrográficas y/o límites impuestos por condiciones de sustratos, de usos del suelo, de gestión o una combinación de los mismos) de los departamentos de Maldonado y Rocha (Figura 7) que reunieron las condiciones para análisis referidas en la Estrategia de Investigación.

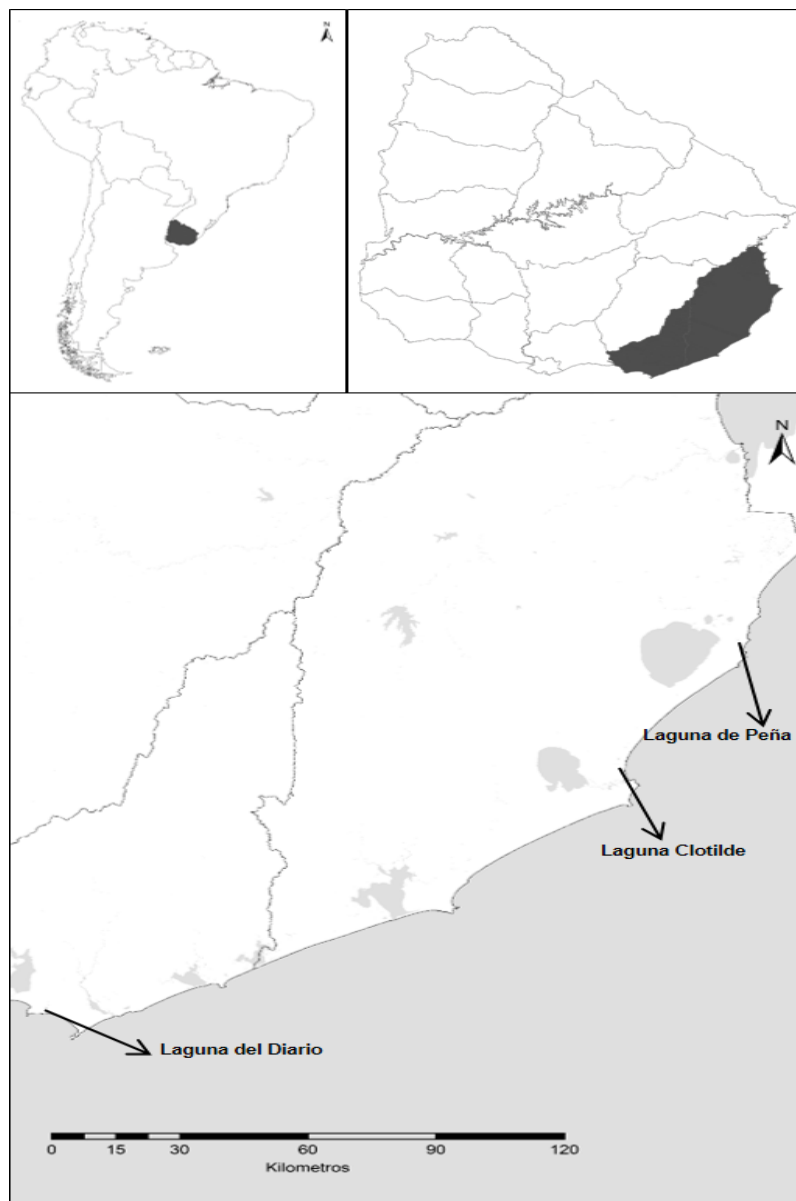


Figura 7.- Vista general del área de estudio. Abajo se señalan las lagunas analizadas en este trabajo.

Laguna del Diario

La Laguna del Diario ($34^{\circ} 54'S - 55^{\circ} 00'O$) posee un espejo de agua que cubre una superficie de 52 hectáreas, mientras que su cuenca abarca 1987 hectáreas (Figura 8). La profundidad media es de 1,4m y la máxima de 2,3m. Los suelos de la cuenca son predominantemente limo-arcillosos de la Unidad José Pedro Varela (basamento cristalino y removilizaciones) en la porción norte y arenosos de la Unidad Angostura (Arenosol ócrico Ar y Planosol dístrico ócrico ArFr) correspondiente a dunas edafizadas en la porción sur (Marchesi y Durán, 1969).

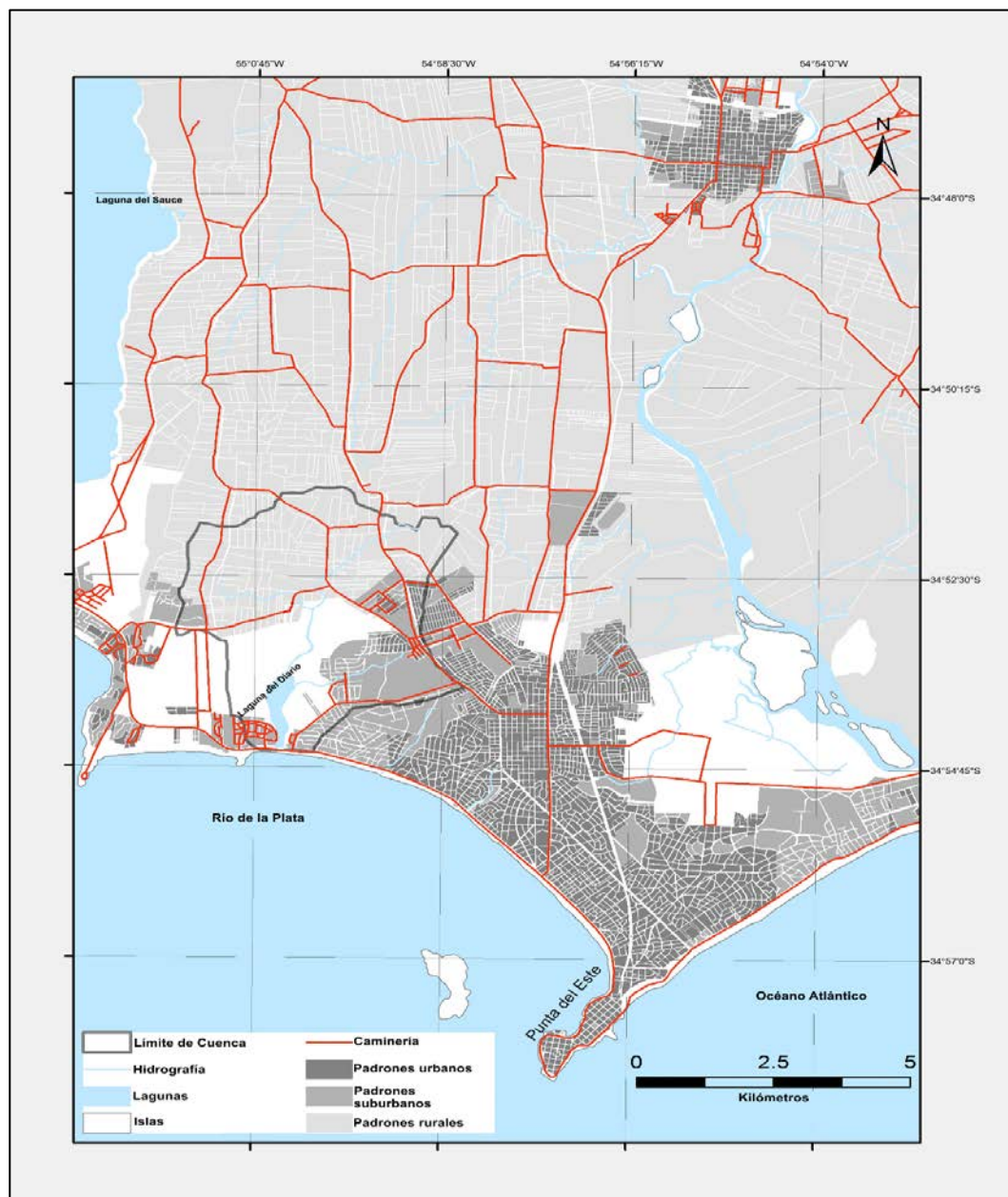


Figura 8.- Localización geográfica y límite del área de estudio Cuenca de Laguna del Diario.

La cobertura vegetal está caracterizada por praderas, pequeños parches de frutales y viñedos en el norte, mientras que la porción sur está dominada por plantaciones de arbóreas exóticas (principalmente del género *Pinus*) introducidas a partir de la década de 1890 (Morey y Porcile, 1992; Villegas, 1941).

El canal de desagüe natural de la laguna costera que conectaba a ésta con el estuario del Plata fue artificialmente obstruido en el año 1955, debido a la construcción del acceso oeste hacia Punta del Este (continuación de Ruta 10). Esta alteración implicó que la laguna se transformara de allí en adelante en un reservorio de agua dulce, razón por la cual funcionó como fuente bruta de agua para potabilización y abastecimiento de Maldonado – Punta del Este entre 1967 y 1968 (Inda, 2011).

Además de este uso puntual arriba mencionado, la laguna también fue utilizada para recreación (pesca deportiva, wind-surfing y canotaje). Actualmente, su entorno alberga propiedades inmobiliarias de alto valor, particularmente en la porción sur. El resto de la cuenca es utilizado para pastoreo de ganado (tanto en praderas como en humedales) y pequeñas plantaciones de frutales y viñedos, actividades que pierden rápidamente terreno frente a la expansión urbana.

Laguna de Clotilde

La Laguna de Clotilde o de Bioso (34°17'S – 53°48'O) posee un espejo de agua de 17.16 hectáreas (Scasso, 2002) y, debido a su génesis, posee una cuenca de aporte reducida – 286 hectáreas – sin afluentes (Figura 9). La profundidad máxima es de 3,7 metros (Kruk et al., 2006). Los suelos del área son arenosos, correspondientes a la Unidad Angostura (Arenosol ócrico Ar y Planosol dístico ócrico ArFr) correspondiente a dunas edafizadas y dunas activas (Marchesi y Durán, 1969).

La cobertura vegetal está caracterizada por la presencia de pajonales (compuestos por *Typha* sp. primordialmente) y humedales hacia el sur-oeste la laguna y extensas plantaciones de *Eucalyptus* sp. en el entorno circundante (Morey y Porcile, 1992; Scasso, 2002). Estas plantaciones forman parte del Parque Forestal de Aguas Dulces, actualmente propiedad del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca quien ostenta la propiedad del padrón en el que se encuentra la laguna (Figura 9).

Los principales usos de la laguna son de carácter recreativo, consistiendo en cabalgatas por sus márgenes, canotaje y buceo en el cuerpo de agua (ver, por ejemplo, información fotográfica de tales actividades en www.panoramio.com/map/#lt=-34.294331&ln=-53.805416&z=0&k=2&a=1&tab=1&pl=all).

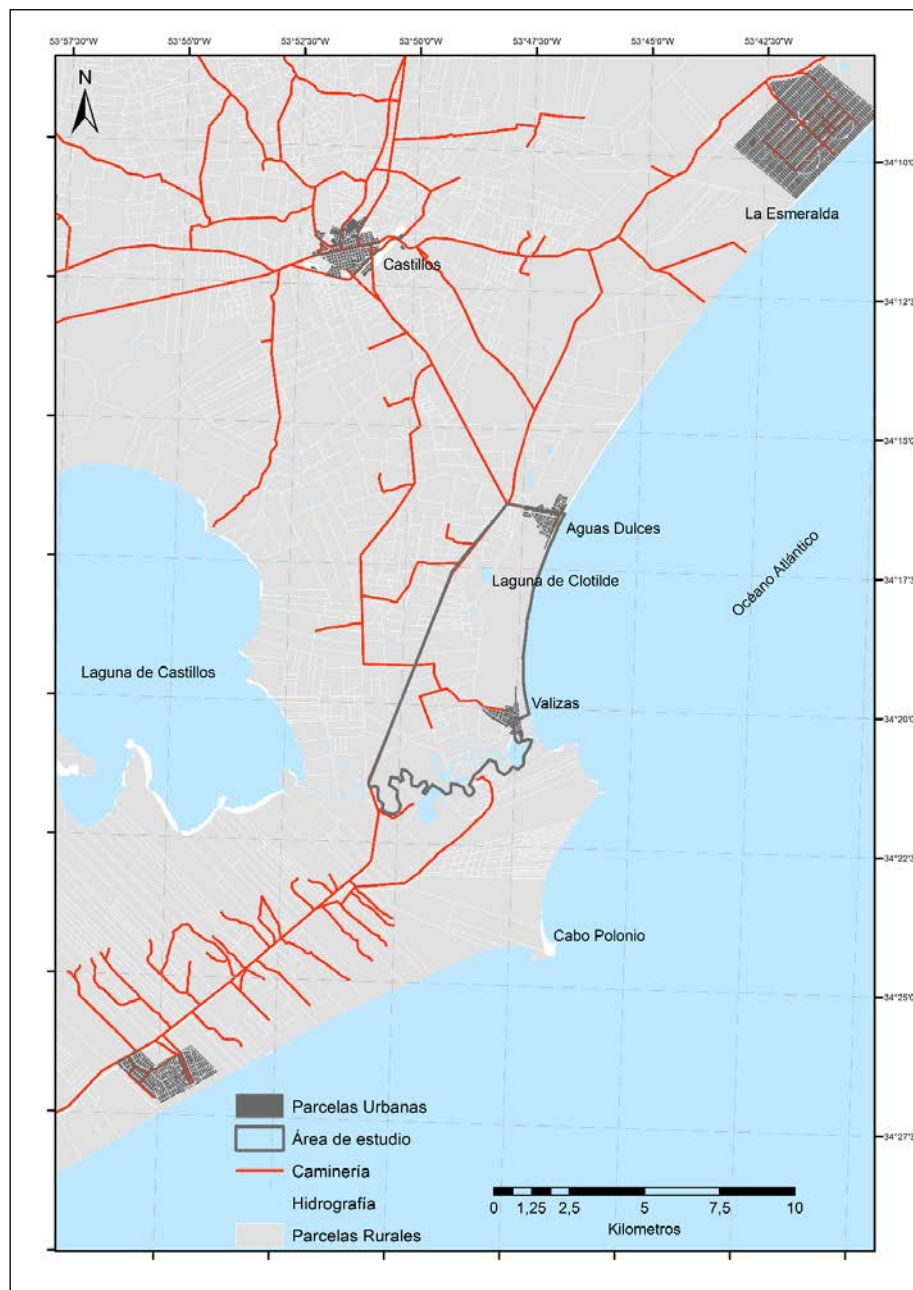


Figura 9.- Localización geográfica y límite del área de estudio Laguna de Clotilde.

De acuerdo a las investigaciones paleolimnológicas desarrolladas en la región (ver, por ejemplo, Inda, 2011) y en la Laguna de Castillos en particular (Bracco et al., 2011a; Bracco y Ures, 1998), la Laguna de Clotilde constituye una “Laguna Guacha”. Esta denominación alude a un cuerpo de agua cuya génesis se encuentra vinculada a un evento transgresivo (el Máximo Transgresivo del Holoceno, MTH de aquí en adelante) y el posterior descenso del

nivel de base implica que esa laguna pierda conexión con su cuenca de aporte, pasando a comportarse como una laguna aislada. En el caso de Laguna Clotilde, la misma formó parte de la Laguna de Castillos durante el MTH y posiblemente durante parte del Holoceno tardío, mientras el nivel de base permaneció por sobre el nivel actual y el cuerpo de agua estuvo vinculado por el mar bajo la forma de un golfo o ensenada (Kjerfve, 1994). El posterior descenso que implicó la transformación de la ensenada en una planicie mareal en la que se configura y entalla el arroyo Valizas como emisario, aisló a Laguna de Clotilde del cuerpo mayor (Laguna de Castillos) aunque permanece conectada con el océano en forma semi-permanente a través de un pequeño curso que se pierde en el humedal que desagua hacia el Valizas en estiaje, pero recibe agua de este durante eventos de vientos fuertes que implican un ascenso temporal del nivel de base.

Por lo expuesto, se tomó como área de estudio el área que comprende un polígono desde la localidad de Aguas Dulces, la ruta de acceso al poblado hasta su intersección con la Ruta Nacional N°10 por el Norte, el trazado de la mencionada ruta hasta su intersección con el arroyo Valizas por el Oeste, el propio arroyo Valizas como límite Sur hasta su desembocadura en el océano Atlántico, siendo éste último el límite Este (Figura 9). De este modo, se cubrió un área representativa de las dinámicas ambientales y antrópicas que influyeron en la configuración pretérita y situación actual de la Laguna de Clotilde.

Laguna de Peña

La Laguna de Peña (34°00'S – 53°33'O) posee un cuerpo de agua con una superficie de 5 hectáreas (Figura 10) en una cuenca de 50 hectáreas sin afluentes y la profundidad máxima es de 1,8 metros (del Puerto et al., 2013b). Los suelos del área son arenosos, correspondientes a la Unidad Angostura (Arenosol ócrico Ar y Planosol dístrico ócrico ArFr) correspondiente a dunas edafizadas (Marchesi y Durán, 1969).

La cobertura vegetal responde a los objetivos vinculados a la creación del Parque Nacional Santa Teresa, de 300 hectáreas (en las cuales se incluye la laguna y su cuenca) en la segunda mitad del siglo XX (Arredondo, 1958), actualmente administrado por el Servicio de Parques del Ejército, Ministerio de Defensa Nacional. La misma consiste en 250 especies vegetales, 64 de las cuales son especies nativas y 186 exóticas, entre estas últimas, preponderan extensas plantaciones de *Eucalyptus* sp. y *Pinus* sp. (Arredondo, 1958).

Los principales usos de la cuenca se relacionan con el turismo estival de sol y playa en el Parque Santa Teresa.

La Laguna de Peña se ubica en una estribación sedimentaria denominada “La Angostura”, la cual forma parte de la fisiografía de la planicie costera entre el océano Atlántico y la cuenca de la Laguna Negra, siendo esta el extremo meridional de la macro cuenca de la Laguna Merín (del Puerto et al., 2013b). Los rasgos geológicos y geomorfológicos de esta planicie costera durante el Holoceno estuvieron controlados por la topografía y litología antecedentes, vinculadas a las variaciones eustáticas del Pleistoceno que conformaron la Laguna Merín (Tomazelli et al., 2000).

De acuerdo a investigaciones desarrolladas en el litoral brasileiro (Tomazelli y Villwock, 2000; Villwock et al., 1986) la planicie costera se desarrolló debido a la yuxtaposición lateral de cuatro sistemas depositacionales de laguna-barrera, formados durante eventos transgresivos-regresivos del Cuaternario (sistemas de Laguna-Barrera I, II, III y IV).

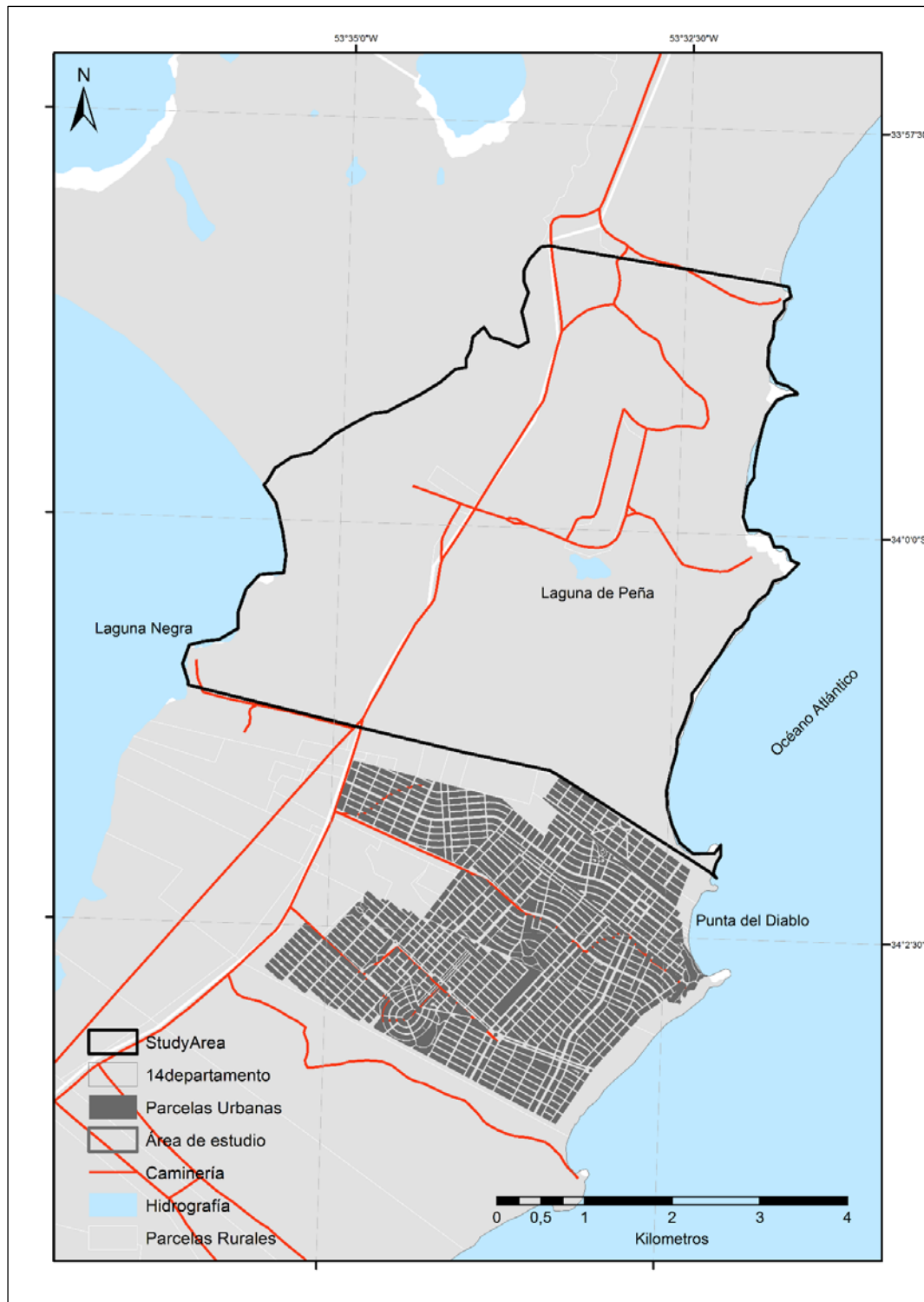


Figura 10.- Localización geográfica y límite del área de estudio de Laguna de Peña.

Respecto a la paleogeografía del Holoceno, dos de tales sistemas se enmarcan en este período: el primero de ellos corresponde al sistema de laguna-barrera II (co-relacionado a partir de altimetría) desarrollado a partir de afloramientos del basamento cristalino (granitos

metamórficos del Paleozoico); el segundo corresponde al sistema de dunas holocenas, localizado hacia el este de la playa oceánica actual (del Puerto et al., 2013b). Más allá de estas consideraciones, la Laguna de Peña forma parte de un conjunto de pequeños lagos de tercer orden (de acuerdo a la definición de Kjerfve, 1994) que se emplazan entre las cotas topográficas de 10 y 20 metros sobre el cero oficial (Kruk et al., 2006). Su posición topográfica evidencia que, a diferencia de la mayoría de las lagunas costeras de la costa estuarina y oceánica del Uruguay, su formación no se relaciona directamente con la ingresión del mar, en tanto el máximo nivel alcanzado durante el Holoceno no superó los 6 metros sobre el nivel del mar actual (Bracco et al., 2011a; Cavalotto et al., 2004; Inda, 2011; Isla, 1989; Martín y Suguio, 1992).

Por lo expuesto, se tomó como área de estudio un polígono que comprende todos los padrones actualmente manejados por el Servicio de Parques del Ejército, Ministerio de Defensa Nacional (Figura 10). Esta delimitación responde a varios factores: se trata de un área que supera ampliamente la extensión de la cuenca de la laguna (un total de 2624 hectáreas frente a las tan solo 50 hectáreas de la cuenca) en las cuales existe una única autoridad de gestión; los procesos de transformación al interior de este espacio han sido homogéneos y sincrónicos y; es representativo de las dinámicas ambientales naturales y territoriales antrópicas para el período y espacio considerados.

Análisis Paleolimnológicos

Muestreos

A efectos de realizar los diferentes análisis paleolimnológicos, fueron tomados testigos sedimentarios en sub-ambientes centrales de las tres lagunas objeto de estudio. En la Laguna del Diario se obtuvo un testigo sedimentario de 110 cm de potencia por medio de un *hand corer* de 5 cm de diámetro. En la Laguna de Clotilde se obtuvo, con el mismo instrumento, un testigo sedimentario de 52 cm de potencia y 5 cm de diámetro. En la Laguna de Peña se obtuvieron un testigo sedimentario de 95 cm, con un diámetro de 6 cm, utilizando un *piston corer*.

En todos los casos, los testigos sedimentarios fueron inmediatamente sellados para evitar ulterior contaminación ambiental y mantenidos en ambiente oscuro a temperatura constante de 4°C hasta las etapas posteriores de análisis.

Litología

Las unidades litológicas de los testigos sedimentarios fueron identificadas a través de cambios en la cloración de los sedimentos (por medio de Tabla Munsell Soil Color Chart) y los colores convertidos a patrones de color RGB (Hoffman, 2009) para la elaboración de las salidas gráficas. La textura y presencia de elementos vegetales o malacológicos. La clasificación textural se desarrolló a través de análisis mecánicos por el método de la pipeta para la fracción pelítica (limos y arcillas), mientras que la fracción arenosa fue separada y clasificada utilizando una columna de tamices dispuesta a intervalos phi preestablecidos (un grado de phi, escala Udden (1914) – Wentworth (1922) y las frecuencias de los tamaños de sedimentos fueron evaluadas estadísticamente de acuerdo a Folk (1954).

Se calculó la tasa de sedimentación en cada cuerpo de agua para las diferentes secciones identificadas en cada testigo sedimentario. Para la estimación se tuvieron en cuenta los

límites de las secciones y las correspondientes cronologías a partir de edades de estimación relativa o numérica.

Geoquímica

Nitrógeno y fósforo totales fueron determinados de acuerdo a estándares ISO y DIN (Deutsches Institut fuer Normung). Para nitrógeno total, las muestras fueron analizadas con un vario-EL-CNS elemental analyzer (ISO 25663, 1984). El fósforo total fue medido siguiendo el método DIN (38414-S21; 1986), el cual oxida los diferentes compuestos de fósforo y los transforma en fosfatos, la que permite la determinación de sus concentraciones totales por técnicas espectrofotométricas (García-Rodríguez et al., 2004). En el caso de Laguna de Peña, se analizó el contenido de C y N de la materia orgánica del testigo sedimentario en el Centro de Aplicaciones de Tecnología Nuclear en Agricultura Sostenible (CATNAS) de la Facultad de Agronomía, Uruguay. Se tomó una alícuota de 1-20 mg de sedimento y las muestras fueron analizadas con un analizador elemental Flash EA 112 (Milán, Italia) acoplado a un espectrómetro de masa Finnigan MAT DELTAplus XL para determinar TC y TN.

El contenido de materia orgánica fue determinado por medio del método de pérdida por ignición (Loss on Ignition, referido por su sigla LOI en el mundo angloparlante) sometiendo las muestras a 550°C durante dos horas de acuerdo a Heiri et al. (2001). El contenido de carbonatos, a su vez, fue determinado por el método LOI a 980°C durante dos horas y el contenido de carbonatos estimado multiplicando la pérdida de peso por 1,36 (Heiri et al, 2001).

Dataciones

Métodos de Estimación Relativa de Edad ^{210}Pb - ^{137}Cs

Las muestras del testigo de Laguna de Clotilde fueron analizadas por este método en el Laboratorio de Química Inorgânica Marinha del Instituto Oceanográfico de la Universidade de Sao Paulo, Brasil.

En el testigo de Laguna de Clotilde, se tomaron muestras cada 2 cm para mediciones de radiación gama con un espectrómetro gama EG&G ORTEC® low-background (HPGe, modelo GMX25190P), caracterizado por una resolución media de 1.97keV para el fotopico de 1332.35 keV ^{60}Co . El análisis del espectro gama fue realizado con el software Maestro (versión 5) de EG&G ORTEC®.

Los perfiles verticales de ^{137}Cs , ^{226}Ra y ^{210}Pb fueron determinados por espectrometría gama directa (^{210}Pb , 47 keV, ^{226}Ra , 609 keV, ^{137}Cs , 662 keV). El marcador estratigráfico de ^{137}Cs para el pico máximo global de precipitación de este elemento en 1963 debido a pruebas nucleares, así como la cronología relativa de ^{210}Pb fueron determinadas utilizando en modelo de Concentración Inicial Constante (CIC) a través de una regresión lineal entre el ^{210}Pb excedente ($^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$) y la profundidad del testigo sedimentario (Appleby y Oldfield 1978), lo que permitió la estimación de la edad relativa de las muestras.

Métodos de Estimación Numérica Absoluta de Edad ^{14}C y ^{14}C AMS

En los testigos sedimentarios de Laguna del Diario y Laguna de Peña la edad de los sedimentos fue determinada a partir del contenido de materia orgánica sedimentaria y restos biogénicos (conchas de *Heleobia* sp.). en los casos en que fue posible obtener una cantidad adecuada de muestra (más de 5 gramos de sedimento o restos biogénicos) las muestras fueron datadas por el método de ^{14}C convencional en el Laboratorio de ^{14}C , Cátedra de Radioquímica, Facultad de Química, Uruguay. Cuando las muestras no llegaron a los

guarismos arriba mencionados, las muestras fueron datadas a través del método de ^{14}C AMS en Beta Analytic Radiocarbon Laboratory, Florida, Estados Unidos.

En el caso de la datación del contenido de materia orgánica sedimentaria por el método radiocarbónico convencional, las muestras fueron tratadas con HCl al 8% durante 24 horas para la remoción de carbonatos y ácidos húmicos. La selección de la fracción a ser datada se realizó luego de cribar el sedimento tratado a través de una malla de 0,5 mm. La materia orgánica fue convertida en benceno y su actividad ^{14}C fue medida con un espectrómetro de centelleo líquido Packard 1600 TR.

La edad obtenida para las muestras se expresó en años convencionales ^{14}C aAP (años antes del presente), corregidos respecto a fraccionamiento isotópico por normalización de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ valores de -25‰, error intrínseco ($\pm 1\sigma$) lo que contempla incertidumbres en las estadísticas de conteo. En el caso de los restos malacológicos datados por el método radiocarbónico convencional, las muestras siguieron un tratamiento ácido con ácido acético y peróxido de hidrógeno al 30% para remover la superficie exterior de las conchas (donde es más probable que suceda la contaminación con el medio circundante) y la superficie interior expuesta fue triturada y analizada de acuerdo al procedimiento arriba mencionado. Es pertinente señalar que el error causado por el denominado “efecto reservorio” para estimaciones de edad numérica sobre muestras de material biogénico costero es ínfimo (Bracco et al., 1999; Angulo et al., 2005) y menor al error intrínseco del método.

Las edades radiocarbónicas obtenidas mediante ambos métodos descriptos fueron calibradas utilizando el software libre CALIB 7.01 (<http://calib.qub.ac.uk/calib/calib.html>) con la base de datos SHCAL13 elaborada para el Hemisferio Sur (Hogg et al., 2013) y las edades corregidas obtenidas se expresaron en años Antes de Cristo (aAC) y aquellas que proporcionaron una edad moderna (post 1950 AD) fueron calibradas utilizando el software libre CALIBOMB (<http://calib.qub.ac.uk/CALIBomb/>) con la base de datos SHZ1_Z2 para el Hemisferio Sur (Hua et al., 2013) y las edades corregidas obtenidas se expresaron en años

AD (Anno Domini, que refiere al calendario Gregoriano) de forma tal de expresar el conjunto total de edades en la misma escala cronológica.

Análisis de Silicofitolitos

Se seleccionaron muestras a intervalos regulares (2 cm o 4 cm dependiendo del testigo sedimentario) las cuales fueron tratadas con HCl al 35% para la remoción de carbonatos y luego lavadas con agua destilada en cinco ciclos consecutivos. La materia orgánica fue removida a través del agregado de 10 ml de peróxido de hidrógeno al 30% llevando las muestras a ebullición durante cuatro horas y luego lavadas con agua destilada en cinco ciclos consecutivos. Se montaron preparados permanentes con Naphrax® para el conteo e identificación de partículas. Se contabilizaron al menos 1000 partículas biosilíceas por preparado a una magnificación de 1000X. La identificación de silicofitolitos se realizó de acuerdo a Bozarth (1992), Twiss (1992), Fredlund y Tieszen (1994), Zucol (1998, 2000, 2001), Gallego y Distel (2004), Fernández Honaine et al. (2006), del Puerto et al. (2006), del Puerto (2011) y del Puerto et al. (2013b).

Las Zonas de Asociación de Silicofitolitos (ZAS de aquí en adelante) fueron determinadas con el software libre PAST 3.11 por medio de un análisis de clúster con constricción estratigráfica utilizando el método Morisita de acuerdo a las indicaciones de Hammer et al. (2001). Los índices de temperatura (IT de aquí en adelante) y de humedad (IH de aquí en adelante) fueron calculados de acuerdo a Twiss (1992) en base a la relación entre morfotipos de células cortas de gramíneas. Adicionalmente, también se determinó la relación entre silicofitolitos de dicotiledóneas leñosas y poáceas (D:P de aquí en adelante) de acuerdo a Alexandre et al. (1997) modificado (calibrado) para el este de Uruguay por del Puerto (2011) y la relación entre silicofitolitos y otro sílice biogénico (SF:OSB de aquí en adelante; del Puerto, 2015).

Análisis de Diatomeas y Cistos de Crisofitas

Las muestras para estos análisis fueron seleccionadas y tratadas de la misma forma descrita para los análisis de silicofitolitos. Al menos 500 valvas de diatomeas fueron contadas por preparado a 1000x de magnificación utilizando un microscopio óptico trinocular Nikon Eclipse 50i. la identificación taxonómica se llevó a cabo de acuerdo a Frenguelli (1941, 1945), Witkowski et al. (2000), Metzeltin y García-Rodríguez (2003), y Metzeltin et al. (2005). Las Zonas de Asociación de Diatomeas (ZAD de aquí en adelante) fueron determinadas siguiendo el mismo procedimiento descrito arriba para silicofitolitos. Los cistos de crisofitas fueron contadas y su relación respecto a la cantidad de frústulos de diatomeas expresada como el índice C:D de acuerdo a Smol (1985) y Smol et al. (1995).

Análisis de Polen

Los análisis polínicos se realizaron en el Laboratorio de Palinología, Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina (Laguna del Diario) y en el Laboratorio de Palinología, Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias, Uruguay (Laguna de Clotilde).

Las muestras para análisis polínicos fueron seleccionadas en los mismos intervalos utilizados para análisis de silicofitolitos y diatomeas. El procedimiento para la recuperación de los granos de polen y palinomorfos no polínicos (PNP de aquí en adelante) es el descrito por Faegri e Iversen (1992). Al menos 300 granos de polen fueron contabilizados en cada muestra. Las abundancias relativas de polen fueron calculadas sobre la suma total de granos de polen, las abundancias relativas de PNPs y esporas fueron calculadas sobre una suma que incluyó polen y PNPs y polen y esporas respectivamente.

La identificación taxonómica de los granos de polen se llevó a cabo de acuerdo con Heuser (1971), Markgraf y D'Antoni (1978) y las colecciones de referencia de la UNMdP (Universidad Nacional de Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina) y de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Las Zonas de Asociación de Polen (ZAP de aquí en adelante) fueron calculadas siguiendo los procedimientos arriba descriptos para silicofitolitos y diatomeas.

Fuentes Históricas y Arqueológicas

La información histórica respecto al poblamiento europeo y su relación con el entorno natural y las poblaciones originarias, el proceso de colonización de la región, la transformación del entorno, la introducción de especies exóticas animales y vegetales, la creación, consolidación y expansión de áreas urbanas, las características del medio biótico y abiótico regional, se obtuvieron a partir de la consulta de fuentes historiográficas publicadas (Alonso, 1994; Arredondo, 1958; 1956; 1929; Barrán y Nahum, 1972; 1971; 1967; Bauzá, 1929; Bracco,

2005; Chebataroff, 1969; Deschamps et al., 2003; Gautreau, 2006; Gelman y Garavaglia, 1995; Lezama, 2006; Plá, 2012; Saint-Hilaire, 1887; Seijo, 1945; Subiza et al., 2012; Umpiérrez, 2012; Viera, 2011; entre otros), o a través de consultas a acervos documentales (Archivo General de la Nación, Municipios, Museos) o cartográficos (planos históricos y cartografía a escala 1:50.000 del Instituto Cartográfico Nacional).

Las fuentes para el período pre-histórico se basaron en información arqueológica sobre el poblamiento, estrategia de subsistencia y patrones de asentamiento de las poblaciones originarias, tanto proveniente de investigaciones recientes como producto de recolecciones efectuadas por aficionados del período pre-académico (Arechavaleta, 1892; Blasi et al., 2005; Bracco y López, 1992a; 1992b; Bracco y Ures, 1998; Bracco et al., 2011b; 2010; 2008a; 2005b; 2000; Cabrera y Femenías, 1992; Capdepon et al., 2005; Chagas, 1995; De María, 1933; 1932; del Puerto, 2015; del Puerto e Inda, 2008; del Puerto et al., 2013a; Femenías et al., 1992; Ferrés, 1927; Figueira, 1892; Inda y del Puerto, 2007; 2002; Inda et al., 2006b; Iriarte, 2006; Iriarte et al., 2004; López, 1995a; 1995b; López et al., 1997; Maeso, 1977; Mañosa, 1995; entre otros). Del mismo modo, se recurrió a la inspección de acervos arqueológicos museísticos ubicados tanto en instituciones públicas como en colecciones privadas.

Los principales hallazgos (hitos o marcadores temporales) para el período pre, proto e histórico fueron condensados en una línea de tiempo que muestra el evento y su cronología inferida.

Análisis Diacrónico de Cobertura – Usos del Suelo

Para el análisis de la cobertura del suelo actual, se recurrió a la información generada por la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial (DINOT-MVOTMA) la cual realizó una clasificación de coberturas de uso del suelo en base a imágenes Landsat 7 del año 2011 siguiendo las recomendaciones para el establecimiento de las diferentes categorías de Di

Gregorio (2005). Esta información (presentada en formato vectorial con extensión de archivo de ESRI “.shp”) fue ingresada a un Sistema de Información Geográfica y acotada a las áreas de estudio pre-definidas con el software ArcMap 10.3 de ESRI.

Para analizar la variación temporal de la cobertura de usos del suelo, se optó, previo análisis de la información disponible para las áreas de estudio, por recurrir a la cartografía escala 1:50.000 del entonces Instituto Geográfico Militar (actualmente remplazado por el Servicio Geográfico Militar del Ejército Nacional, Ministerio de Defensa Nacional). Esta cartografía, desarrollada a partir de la década de 1930 hasta la de 1970 se destaca por un exhaustivo relevamiento de la cobertura del suelo, con énfasis en los usos del mismo. Esta cartografía fue geo-referenciada con el módulo Georeferencing de ArcMap y posteriormente se vectorizaron los usos mediante el software ArcScan de ESRI y por medio de digitalización manual en ArcMap. Los datos sobre la cobertura del suelo fueron asignados a categorías siguiendo los lineamientos de Di Gregorio (2005) y las pautas desarrolladas por DINOT para Uruguay.

La información de 2011 y del período pretérito fue elaborada como cartografía temática dentro del Sistema de Información Geográfica y la extensión espacial de cada uso-cobertura expresada como porcentaje del total de cada área de estudio en una tabla. Dicha tabla, además, expresa el porcentaje de cobertura de cada categoría para ambos períodos, de forma tal que permite una rápida lectura de las principales variaciones sucedidas.

Resultados

Laguna del Diario

Dataciones

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las dataciones radiocarbónicas para el testigo sedimentario de Laguna del Diario, incluyendo el intervalo seleccionado, el material procesado, el número de laboratorio, la edad convencional obtenida y la edad calibrada.

Tabla 1.- Edades radiocarbónicas del testigo sedimentario de Laguna del Diario.

Número de Laboratorio	Intervalo (cm)	Fuente	Edad Radiocarbónica Convencional	Edad Calibrada (2 σ)
Beta – 428714	19-20	Materia orgánica	F ¹⁴ C: 1.035 $\pm$ 0.003	1956.30 - 1956.5 (p=0.551) AD
Beta – 428713	39-40	Heleobia	4850 $\pm$ 30 AP	3656 - 3520 (p=1) AC
URU – 0504	49-62	Materia orgánica	4000 $\pm$ 70 AP	2638 - 2267 (p=0.939) AC
URU – 0505	100-110	Heleobia	5300 $\pm$ 80 AP	4273 - 3943 (p=0.956) AC

Litología y Geoquímica

De acuerdo a los análisis texturales, se identificaron diez unidades litológicas en el testigo sedimentario (Figura 11). La descripción, desde la base hasta el tope de la secuencia sedimentaria, incluyendo la distribución de los *proxies* geoquímicos, es la siguiente:

Unidad I (110-99 cm): Arcilla gris oliva claro (5Y 6/2) con conchas de *Heleobia* sp. La materia orgánica osciló entorno al 8%, mientras que los carbonatos exhibieron un valor máximo de 7% en esta unidad. El Nitrógeno y el fósforo mostraron un comportamiento similar, con un valor de partida en el centro del rango medido y una disminución hacia el centro de la unidad.

Unidad II (99 – 91 cm): Fango gris oliva claro (5Y 6/2) que presentó algunas laminaciones. La materia orgánica disminuyó hasta 6% y los carbonatos incrementaron hasta 12%. Nitrógeno y fósforo presentaron valores menores que en la unidad precedente.

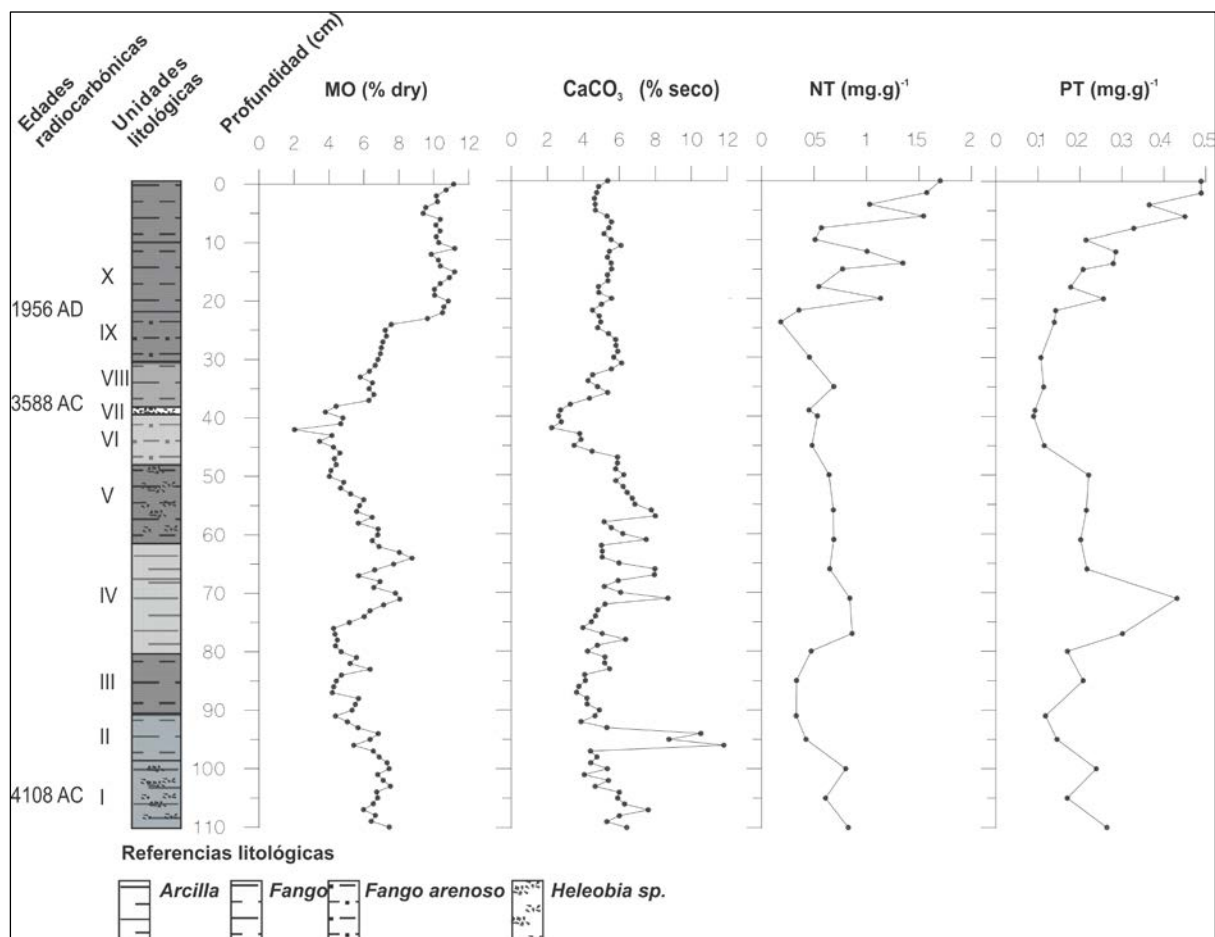


Figura 11.- Unidades litológicas (izquierda) del testigo sedimentario de Laguna del Diario y proxies geoquímicos: materia orgánica (MO), carbonatos (CaCO₃), nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT).

Unidad III (91 – 79 cm): fango gris oscuro (5Y 4/1). La materia orgánica disminuyó hasta 8% y los carbonatos hasta 7%. El nitrógeno y el fósforo continuaron exhibiendo valores bajos, aunque el fósforo denotó un incremento en la porción media de esta unidad.

Unidad IV (79 – 62 cm): arcilla gris claro (5Y 7/2). La materia orgánica y los carbonatos alcanzaron el 10% en esta unidad. El nitrógeno denotó un incremento a través de todo el tramo estudiado y el fósforo exhibió un marcado incremento entorno a los 70 cm de profundidad.

Unidad V (62 – 49 cm): fango gris oscuro (5Y 4/1) con conchas de *Heleobia* sp. la materia orgánica llegó a 8% cerca de la base de la unidad al igual que los carbonatos. Los valores de nitrógeno y fósforo permanecieron constantes a través de la unidad, presentando valores similares al topo de la unidad precedente.

Unidad VI (49 – 40 cm): fango arenoso gris claro (5Y 7/1). La materia orgánica y los carbonatos disminuyeron a cerca del 2%. El nitrógeno y el fósforo exhibieron los menores valores de toda la secuencia en esta unidad.

Unidad VII (40 – 39 cm): unidad compuesta de conchas enteras de *Heleobia* sp. en una matriz arenosa.

Unidad VIII (39 – 31 cm): fango gris (5Y 5/1). La materia orgánica alcanzó el 8% cerca del tope de la unidad, mientras que los carbonatos llegaron al 6%. El nitrógeno exhibió valores cercanos a la mitad de su rango, mientras que el fósforo continuó presentando valores bajos.

Unidad IX (31 – 22 cm): fango arenoso gris oscuro (5 Y 4/1). Esta unidad registró un débil incremento en el contenido de materia orgánica y carbonatos. El nitrógeno exhibió una marcada disminución hacia el tope de la unidad.

Unidad X (22 – 0 cm): fango gris oscuro (5 Y 4/1). La materia orgánica incrementó desde la base hacia el tope de la unidad, alcanzando 11,8% en la superficie del testigo. Los carbonatos, a su vez, variaron entre 4% y 5,8%. El nitrógeno y el fósforo exhibieron un patrón

en zig-zag en esta unidad, dentro de una tendencia a valores mayores. El tope de esta unidad exhibió los mayores valores absolutos de toda la secuencia.

Tasa de Sedimentación

Se identificaron tres tasas de sedimentación diferentes en el perfil sedimentario:

- desde 110 cm a 40 cm la tasa de acumulación de sedimento fue calculada en 0,13 mm/año.
- desde 39 cm a 20 cm la tasa de acumulación de sedimento fue calculada en 0,05 mm/año.
- desde 20 cm a 0 cm la tasa de acumulación de sedimento fue calculada en 0,40 mm/año.

Silicofitolitos

Los resultados de los análisis de silicofitolitos se presentan en la Figura 12. Se identificaron cuatro ZAS, se calcularon los índices de temperatura (IT) y humedad (IH) y la relación D:P para toda la secuencia sedimentaria. La descripción de los resultados, desde la base al tope del testigo sedimentario, es la siguiente:

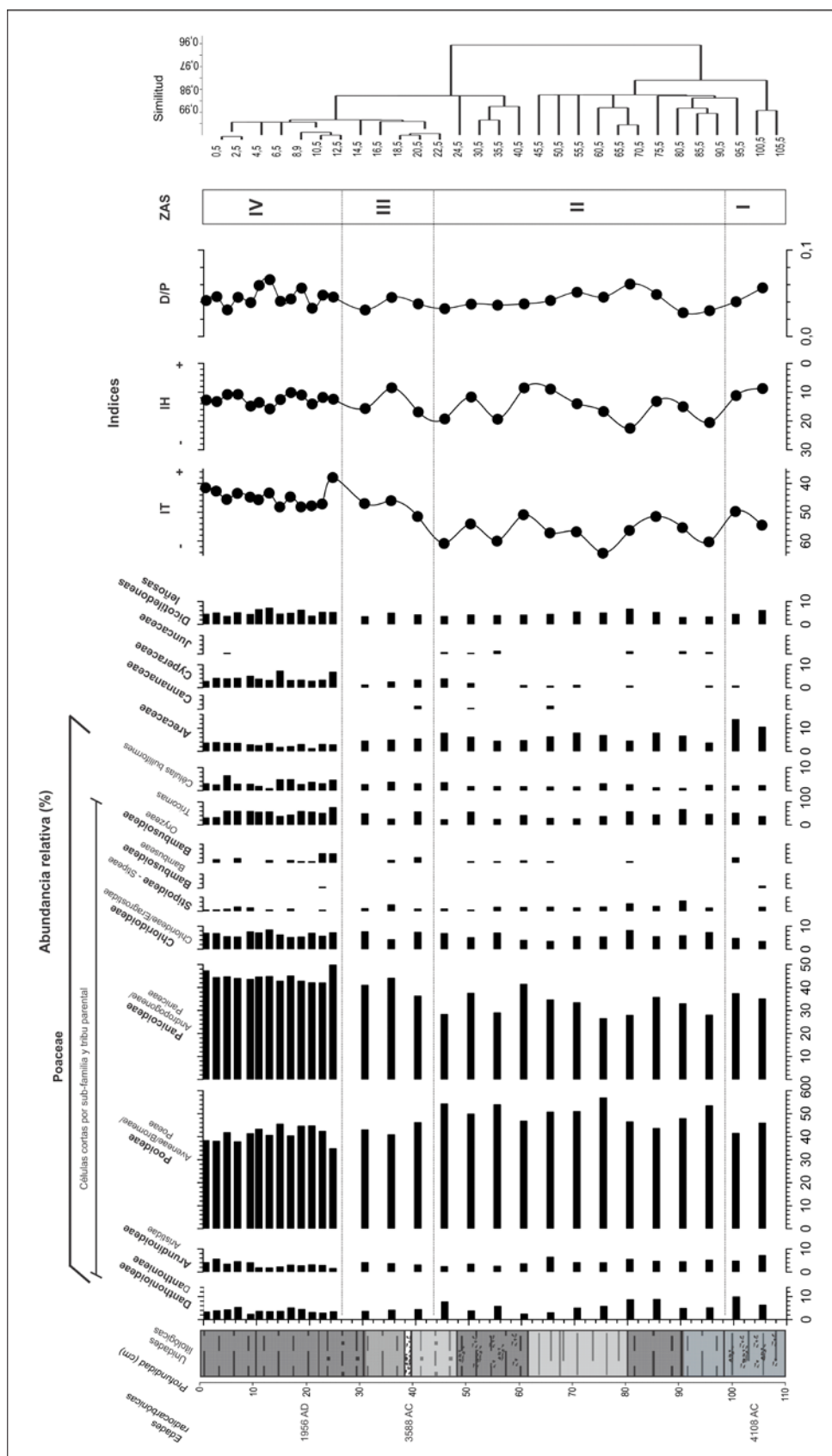


Figura 12.- Distribución vertical de abundancias relativas de silicofitolitos, índice de temperatura (IT), de humedad (IH) y relación D:P para el testigo sedimentario de Laguna del Diario. Las edades radiocarbónicas y la litología del testigo se presentan a la izquierda del gráfico.

ZAS I (110 – 99 cm): esta zona estuvo dominada por fitolitos de gramíneas, con una co-prevalencia de aquellos de grupos estivales e invernales. Esta co-dominancia también se evidenció a través de los valores medios del IT. En esta zona se registró una baja abundancia relativa de fitolitos chloridoides. Más allá de la dominancia de las gramíneas, es destacable la alta proporción de fitolitos de palmeras y dicotiledóneas leñosas.

ZAS II (99 – 24 cm): esta zona comprendió una gran sección del perfil sedimentario y estuvo caracterizada por la dominancia de fitolitos de gramíneas microtérnicas (principalmente de las tribus Aveneae, Bromeae y Poeae) asociada a un incremento en los valores del IT. También se registró un incremento de fitolitos chloridoides (dentro del grupo megatérmico) así como una disminución de fitolitos de palmeras y dicotiledóneas leñosas.

ZAS III (24 – 13 cm): el incremento registrado en gramíneas megatérmicas y la subsecuente disminución del grupo microtérnico implicaron también menores valores del IT. El índice de humedad (IH) también disminuyó en comparación con la ZAS precedente, debido a una menor abundancia de fitolitos chloridoides en esta zona. Los fitolitos de palmeras y dicotiledóneas leñosas aumentaron en esta zona. Se registró igualmente un incremento de los fitolitos de cyperaceae y oryzeae.

ZAS IV (13 – 0 cm): se observó un marcado incremento de gramíneas microtérnicas en la base de esta zona, para luego exhibir una tendencia decreciente hacia el tope de la secuencia sedimentaria. Las gramíneas megatérmicas, a su vez, exhibieron un comportamiento inverso. Se detectó un incremento de fitolitos de dicotiledóneas leñosas y cyperaceae.

Diatomeas y Cistos de Crisofitas

Los resultados de los análisis de diatomeas y crisofitas se presentan en la Figura 13. Estos incluyen la identificación de cuatro ZAD y las tendencias en la relación C:D. La descripción, desde la base al tope de la secuencia sedimentaria, es la siguiente:

ZAD I (110 – 75 cm): las diatomeas marino/salobres dominan en toda la zona, representadas primordialmente por *Hyalodiscus subtilis* Bailey, *Terpsinoë americana* (Bailey) Ralfs, *Diploneis chilensis* (Hustedt) Lange-Bertalot y *Achnantes brevipes* Agardh. Cerca del tope de esta zona se registró un incremento de la especie mixohalina *Caloneis bivittata* var. *lata* Heiden. La relación C:D, a su vez, exhibió valores muy bajos, entre 0,67 y 5,21.

ZAD II (75 – 45 cm): esta zona estuvo dominada por especies salobres, representadas por *Diploneis chilensis*, *Nitzschia compressa* (Bailey) Boyer y *Terpsinoë americana*. Las especies dulceacuícolas *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) Müller y *Stauroneis gracilior* Reichardt presentaron un incremento en esta zona. La relación C:D continuó exhibiendo valores muy bajos, llegando a un valor máximo de 5,54.

ZAD III (45 – 35 cm): las especies marinas y salobres disminuyeron en esta zona, con la excepción de *Hyalodiscus subtilis*. Simultáneamente, se registró un aumento de la abundancia relativa y número de especies dulceacuícolas. Aumentaron los valores de la relación C:D en comparación a las zonas precedentes, alcanzando un valor máximo de 10,38.

ZAD IV (35 – 2 cm): esta zona exhibió co-dominancia de especies salobres y dulceacuícolas. La relación C:D denotó un marcado aumento, alcanzando un pico de 35,40 cerca del tope de la zona.

Finalmente, la muestra superficial (0 cm) no se asoció ni agrupó con ninguna otra muestra o ZAD precedente. Se registró un marcado incremento de la especie *Cocconeis placentula* Ehrenberg, la cual contabilizó cerca del 40% de la abundancia total de diatomeas. Se registró un marcado descenso de la relación C:D.

Polen, Esporas y Palinomorfos No Polínicos

Los resultados de los análisis de polen, esporas y PNPS se presentan en la Figura 14. Se identificaron cinco ZAP en el testigo sedimentario de Laguna del Diario, su descripción, desde la base al tope de la secuencia, es la siguiente:

ZAP I (110 – 99 cm): esta zona estuvo dominada por polen de Poaceae y Chenopodiaceae. Se registraron los máximos valores de *Ruppia*, aunque los mismos disminuyeron hacia el tope de la zona. Entre las esporas y PNPs los más representativos fueron los cistos de Bryophyta y Peridinoideae.

ZAP II (99 – 49 cm): en esta zona se presentaron los valores máximos de Poaceae y Chenopodiaceae. El polen de Cyperaceae y *Myriophyllum* sp. presentó un incremento respecto a la ZAP precedente. Bryophyta y Peridinoideae exhibieron valores en el mismo rango que en la ZAP I. Zigosporas de Zygomataceae (géneros *Zigmetia*, *Spyrogyra* y *Mougeotia*) y *Azolla filiculoides* Lamarck, así como esporas de *Ricciocarpus natans* (L.) Corda exhibieron un incremento hacia el tope de la zona. En esta zona se evidenció la primera aparición de los géneros *Botryococcus* y *Gloeotrichia*.

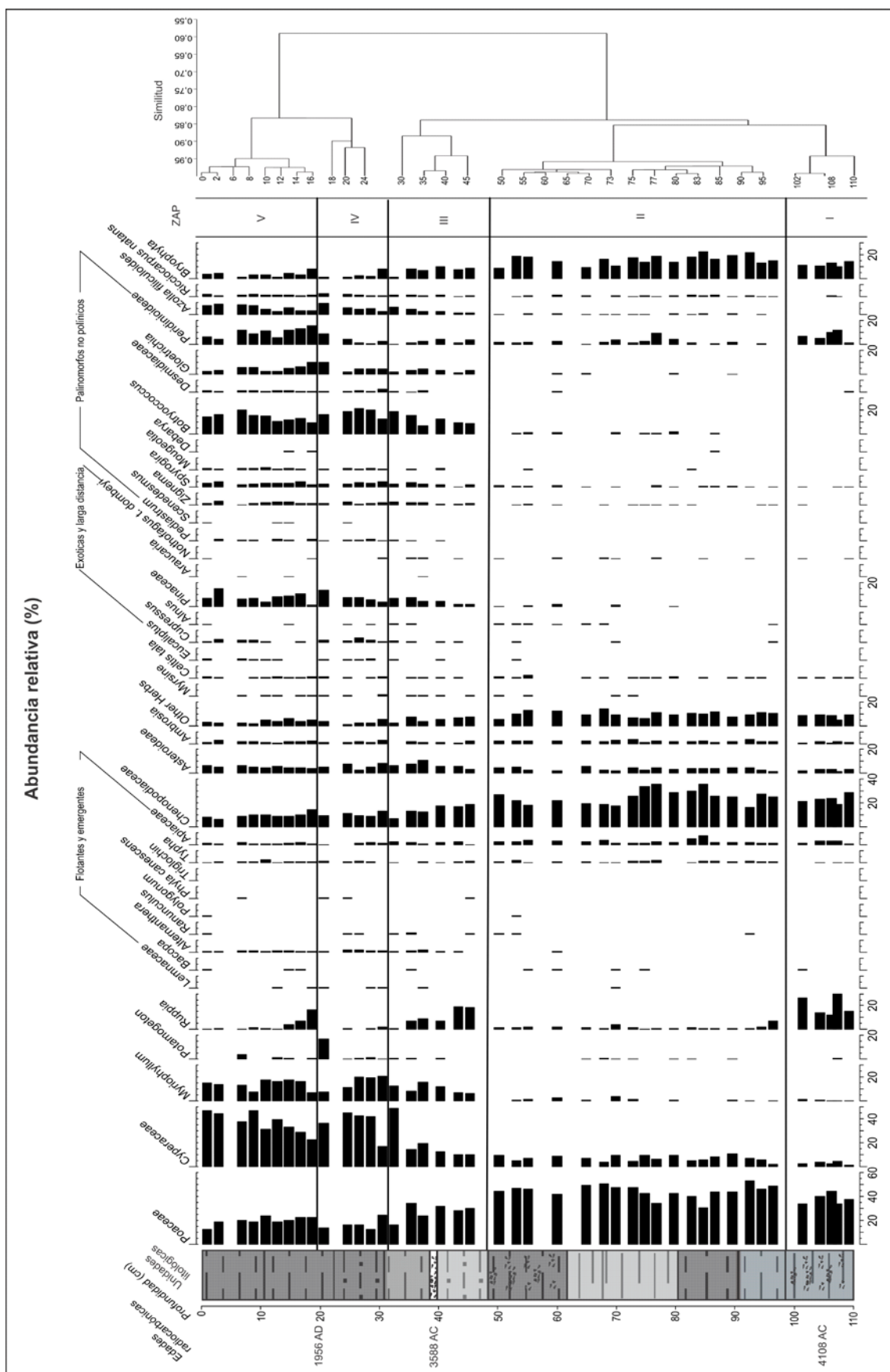


Figura 14.- Distribución vertical de abundancias relativas de polen y PNP's para el testigo sedimentario de Laguna del Diario. Las edades radiocarbónicas y la litología del testigo se presentan a la izquierda del gráfico.

ZAP III (49 – 33 cm): esta zona estuvo dominada por Poaceae y Cyperaceae. El polen de *Myriophyllum* sp. continuó con la tendencia creciente. Se registró un incremento de *Ruppia* sp. y una disminución de Chenopodiaceae. Se registra el establecimiento de vegetación flotante y emergente en el cuerpo de agua con valores constantes. Entre las esporas y PNP, *Botryococcus*, *Gloeotrichia*, Zygnemataceae, *Azolla filiculoides* y *Ricciocarpus natans* incrementaron sus valores. En esta zona se registró la primera aparición de los géneros exóticos *Pinus* y *Cupressus*.

ZAP IV (33 – 20 cm): esta zona estuvo dominada por polen de Cyperaceae, junto a los máximos valores de *Myriophyllum* y Poaceae. Las esporas y PNP estuvieron caracterizadas por los máximos valores de *Botryococcus*, Zygnemataceae y *Gloeotrichia*. *Pinus* y *Cupressus* incrementaron su abundancia relativa a través de la zona.

ZAP V (20 – 0 cm): esta zona estuvo caracterizada por la dominancia de Cyperaceae, Poaceae y *Myriophyllum*. *Ruppia* registró un nuevo incremento y, entre los PNP, *Botryococcus* y Peridinoideae fueron dominantes, al tiempo que *Azolla filiculoides* alcanzó los máximos valores de la secuencia. Los taxones exóticos *Pinus*, *Cupressus* y *Eucalyptus* alcanzaron los máximos valores de toda la secuencia.

Arqueología e Historia

Los principales hitos, procesos y eventos del periodo prehistórico, protohistórico e histórico se resumen en la línea de tiempo de la Figura 15.

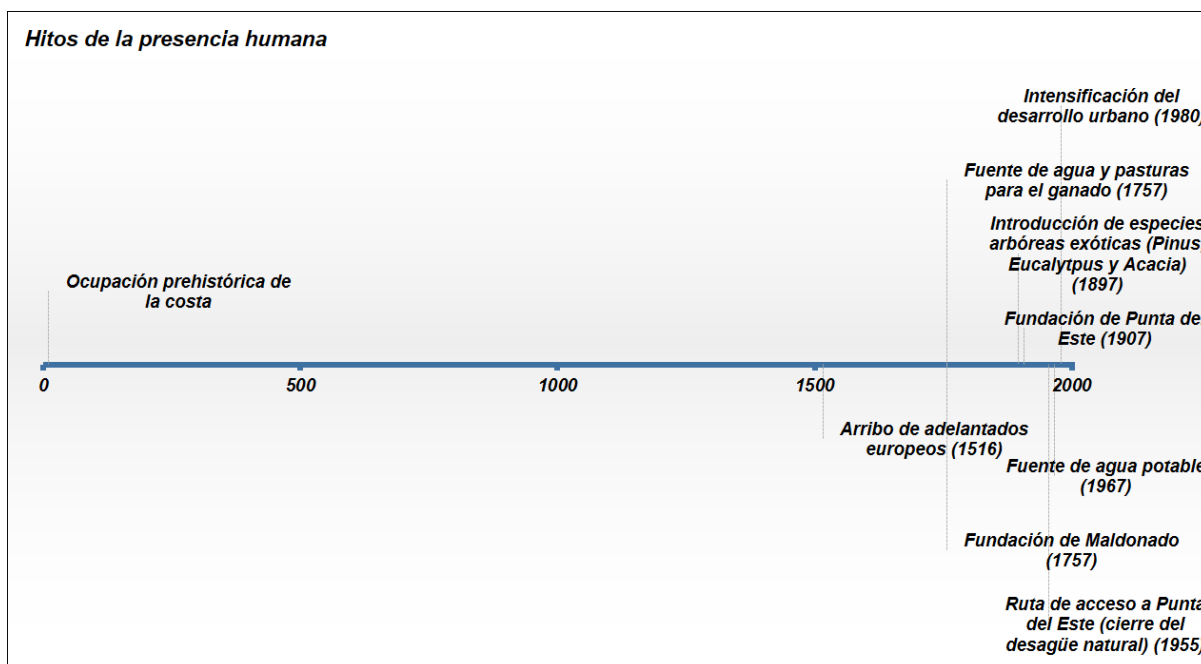


Figura 15.- Principales hitos de la presencia humana en el área de la Cuenca de Laguna del Diario.

Período prehistórico (Holoceno medio – siglo XVI): la ocupación humana prehistórica de la Laguna del Diario quedó evidenciada a través del hallazgo de artefactos en piedra (morteros, puntas de proyectil y lascas) y alfarería de manufactura indígena en las márgenes sur y suroeste (Maeso, 1977). Sin embargo, tales hallazgos fueron efectuados por aficionados y coleccionistas que recorrieron el área desde el comienzo del siglo XX. Debido a este hecho, los materiales indicadores de la presencia humana pretérita fueron dislocados de su contexto original de hallazgo (el yacimiento arqueológico) por lo que no se realizó ningún tipo de análisis ulterior de los mismos (estimación de edad por ^{14}C o termoluminiscencia, materias primas empleadas, técnicas de elaboración, estructura interna del yacimiento, áreas de actividades diferenciales, etc.). Más allá de estas constricciones, de acuerdo a las investigaciones arqueológicas en la costa estuarina y oceánica del Uruguay (Inda et al., 2011; Inda et al., 2006b; López, 1995b; López et al., 1997; Mañosa, 1995), la ocupación humana prehistórica generalizada de los ambientes costeros solo comenzó después del Máximo Transgresivo del Holoceno (entorno al 3500 AC) cuando el descenso del nivel del mar comienza a configurar los espacios costeros que dan lugar a los ambientes actuales (del Puerto et al., 2013a; Inda, 2011). Además, la presencia de alfarería en estos contextos

permite una datación relativa de estas ocupaciones, situándolas entre el 1500 AC y el siglo XVI.

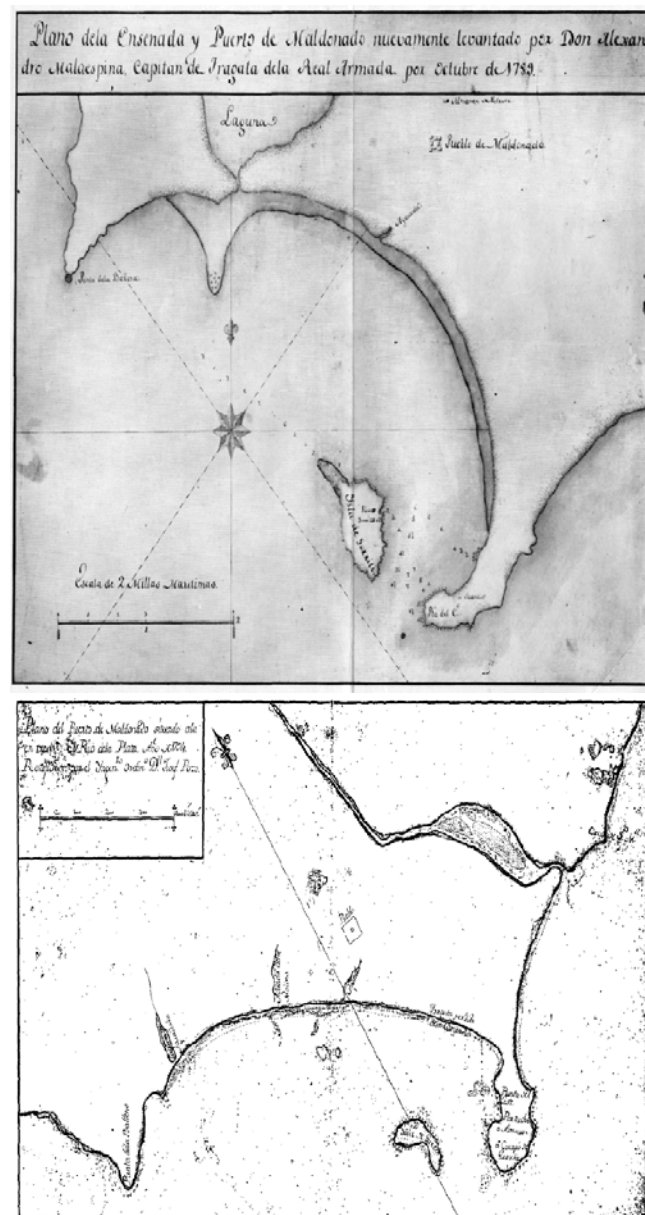


Figura 16.- Primeras referencias cartográficas a la Laguna del Diario. Arriba: Plano de la expedición Malaspina de 1789. Abajo: Plano de del Pozo de 1794. Fuente: Arredondo (1929).

Período colonial (1500 AD – 1815 AD): al comienzo de este período naves de las coronas de España, Portugal y Holanda avistaron por vez primera las costas del actual Departamento de Maldonado y ocasionalmente exploraron territorios insulares (la denominada Isla de Palmas, actual Isla Gorriti) y tierra firme en busca de agua dulce (Arredondo, 1958). En la segunda

mitad del siglo XVIII, las autoridades del recientemente fundado pueblo de Maldonado asignaron las pasturas localizadas en la cuenca de la Laguna del Diario para alimentar al ganado vacuno y yeguarizo de la guarnición de milicia, a la vez que dividieron los terrenos adyacentes y los destinaron a tierra de cultivos de los pobladores (Figura 16).

La toponimia local testimonia este período post-fundacional a través de los topónimos que prevalecen hasta la actualidad, como “del Diario”, que refiere al área (y a la laguna por extensión) de pastoreo del ganado para consumo diario de la milicia y población civil de Maldonado y el “Rincón del Rey”, un área de unos 30 acres de extensión, localizada al noreste de la laguna, establecida como tierras realengas (de propiedad del Rey) para la producción de alimentos para la milicia de Maldonado.

Período moderno (1830 AD – Presente): este período es el que comprende la mayor cantidad e intensidad de impactos antrópicos sobre la Laguna del Diario y su cuenca. A fines del siglo XIX (décadas de 1880 y 1890) varios miles de ejemplares de especies arbóreas exóticas (principalmente *Pinus*, pero también *Eucalyptus* y *Acacia*) fueron plantados en el área con una finalidad múltiple (Figura 17): detener el avance de los campos de dunas sobre Maldonado, hecho que amenazaba la comunicación de esta población con la costa (Villegas, 1941); construir barreras contra el viento que habilitaran la explotación de las turberas costeras (Figura 18; Seijo, 1945); comenzar la más grande transformación paisajística de la costa introduciendo estos “bosques costeros” como materialización del proceso civilizatorio del Uruguay (Gautreau, 2006). La fijación de las dunas costeras, junto a la creación de estos espacios arbolados y la promulgación, en la década de 1930, de una ley para la división de estos espacios costeros en parcelas urbanas, favorecieron la consolidación de Punta del Este como un destino de sol y playa para el incipiente turismo regional. Este proceso se vio continuado por la construcción del acceso oeste a Punta del Este hacia 1955, lo que implicó el cierre del desagüe natural de la laguna en el estuario. Conforme las aguas de la cuenca ya no encontraron forma de descargar en el estuario, la altura de la laguna sufrió importantes

modificaciones, particularmente a continuación de eventos intensos de precipitaciones, hecho que motivó la construcción de una alcantarilla de desagüe por nivel de vertido a cota para evitar la inundación de los predios de las márgenes de la laguna. El cierre de la conexión natural con el estuario también implicó que el cuerpo de agua se transformara en un reservorio de agua dulce, en tanto se evitaron las intrusiones salinas. Debido a este hecho, fue utilizada como fuente de agua potable entre 1967 y 1968 (Hourcade, com. pers.). Desde la década de 1980, la expansión urbana experimentó un desarrollo exponencial en la cuenca.

Más allá del impacto producido por las acciones humanas en la laguna y su cuenca, la revisión de fuentes documentales permitió obtener conocimiento respecto al comportamiento natural de este cuerpo de agua (previo al cerramiento de su conexión natural con el estuario). De acuerdo a Araujo (1900) el ciclo natural de apertura de la barra oscilaba entre 4 y cinco años, tiempo necesario para que la combinación del aporte de arroyos y cañadas de la cuenca y el embate de las olas sobre la barra logaran abrir una brecha, lo que era seguido por una repentina y violenta descarga en el estuario.



Figura 17.- Primeras plantaciones de Pinus sp. en el área adyacente a Laguna de Diario. Fuente: BHL (Banco de Historia Locales de Maldonado, <http://www.bhl.org.uy>).

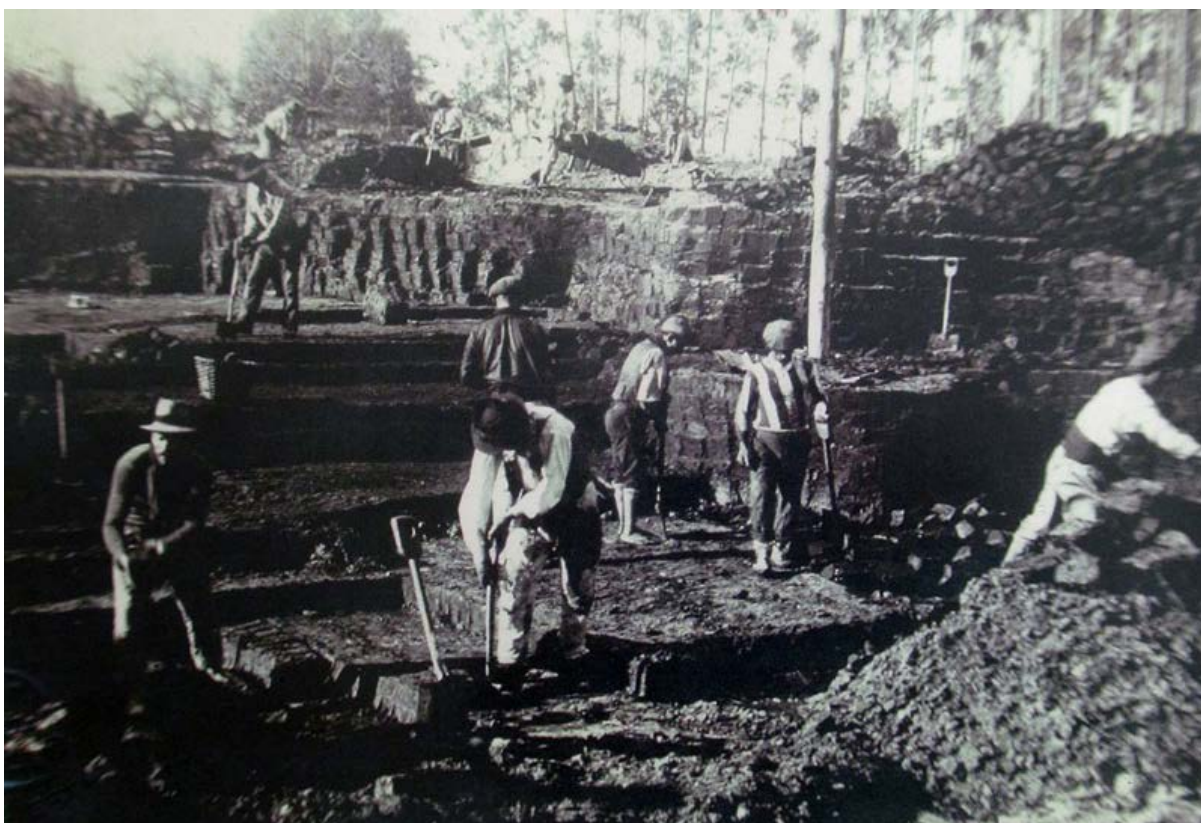


Figura 18.- Explotación de turba hacia fines del siglo XIX en la zona de La Aguada, Playa Mansa. Fuente: Banco de Historias Locales (<http://www.bhl.org.uy>).

En la primera mitad del siglo XX, la laguna también experimentó episodios severos de sequías. De acuerdo a los datos disponibles, algunos incluso ilustrados fotográficamente por Chebataroff (1969), la laguna se habría secado completamente en 1917-1918, 1933-1935 y 1943-1945 (Figura, 19) exponiendo entonces el fondo a agentes climáticos y procesos aeróbicos relacionados, además de la importancia tafonómica de tales eventos.



Figura 19.- Detalle del fondo de la Laguna del Diario expuesto y agrietado durante un episodio de sequía. Fuente: Chebataroff (1969).

Cobertura – Usos del Suelo

La cobertura del suelo – usos identificados para 1939 y 2011 se presentan en la Tabla 2 y en la Figura 20.

La cobertura de 1939 permitió establecer que en aquel entonces más de la mitad de la cuenca (52%) estaba cubierta por praderas naturales. La segunda cobertura en orden de extensión era el bosque nativo (10,23%), seguida por el propio cuerpo de agua (10,07%) y los cultivos (9,89%). A estas coberturas les siguieron, en orden de extensión espacial, el bosque costero de especies exóticas introducidas (7,55%), la arena de playa (7,10%), las plantaciones de árboles frutales (2,17%) y los viñedos (0,65%).

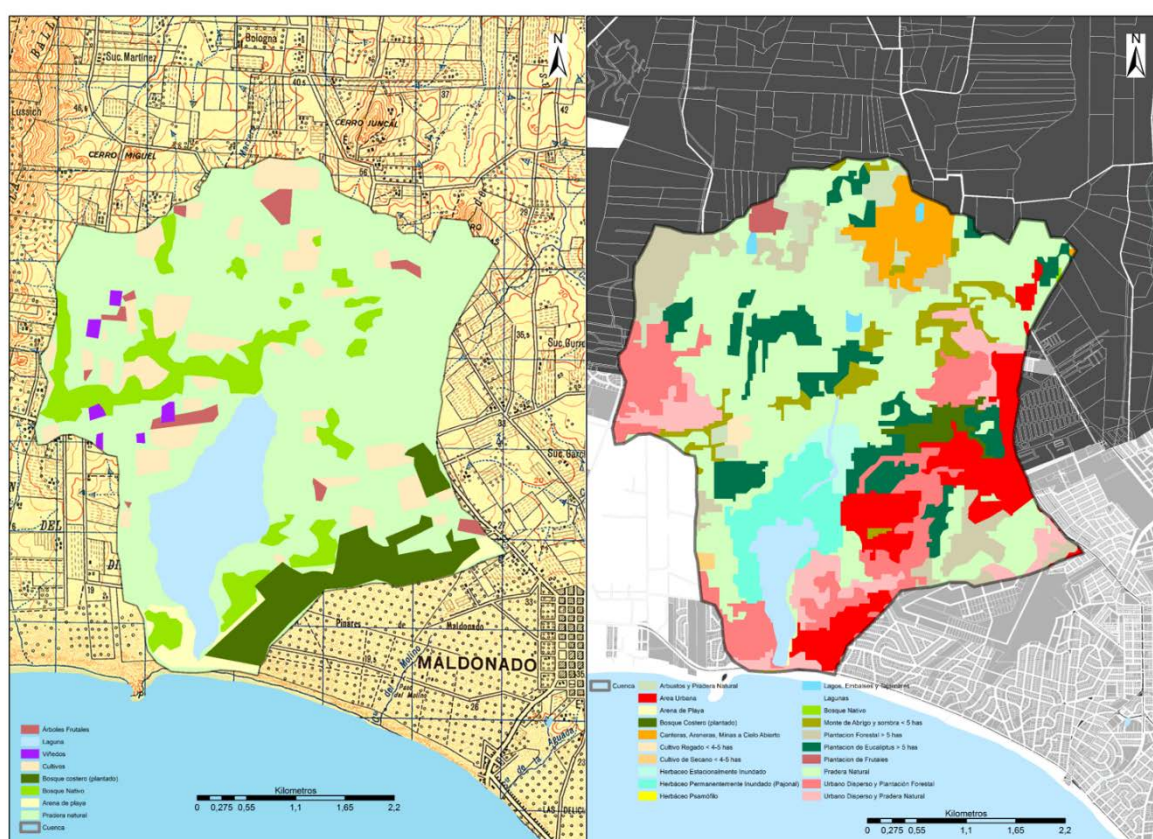


Figura 20.- Carta de cobertura – usos del suelo para la cuenca de la Laguna del Diaro. Izquierda: información correspondiente a 1939. Derecha: información correspondiente a 2011.

El análisis de la cobertura de 2011 permitió identificar algunos cambios significativos en la cuenca, los cuales se expresaron tanto como variaciones en la extensión de coberturas existentes en 1939 como en la aparición de nuevas coberturas – usos.

Tabla 2.- Cobertura – usos del suelo en la cuenca de la Laguna del Diario para 1939 y 2011.

Cobertura / Usos	1939		1943	
	Area (ha)	% Cuenca	Area (ha)	% Cuenca
Árboles frutales	43	2.17	12.37	0.62
Arbustos y pradera natural	0	0	50.64	2.55
Área urbana	0	0	182.97	9.21
Área urbana en plantación forestal	0	0	214.01	10.76
Área urbana en pradera natural	0	0	117.44	5.91
Arena de playa	141	7.10	1.35	0.07
Bosque costero (plantado)	150	7.55	27.14	1.37
Bosque nativo	203	10.23	0.61	0.03
Canteras	0	0	78.59	3.96
Cultivos	197	9.89	3.55	0.18
Cultivos (irrigados)	0	0	8.01	0.40
Lagos, embalses y tajamares	0	0	7.74	0.39
Lagunas	200	10.07	52.16	2.62
Monte de abrigo	0	0	75.64	3.81
Plantación de Eucalyptus	0	0	179.61	9.04
Plantación forestal > 5 hectáreas	0	0	139.97	7.04
Pradera estacionalmente inundada	0	0	25.83	1.30
Pradera natural	1033.24	52.43	708.73	35.67
Pradera permanentemente inundada	0	0	100.26	5.05
Pradera psamófitas	0	0	0.33	0.02
Viñedos	13	0.65	0	0

Respecto a las coberturas registradas para ambos períodos, todo el conjunto exhibió una disminución del área ocupada en 2011 respecto a 1939: la pradera natural (de 52.43% a 35.67%), el bosque nativo (de 10.23% a 0.03%), el espejo de agua de la laguna (de 10.07% a 2.62%), los cultivos (de 9.89% a 0.18%), el bosque costero de especies exóticas (de 7.55% a 1.37%), el área de arena de playa (de 7.10% a 0.07%), los árboles frutales (de 2.17% a 0.62%) y los viñedos, que desaparecen como cobertura en la cuenca para 2011.

Las nuevas coberturas – usos, a su vez, comprendieron más de la mitad del área total de la cuenca (59,08%), expresados en la aparición de: lagos, embalses y tajamares (0,39%),

cultivos irrigados (0,40%), plantaciones de *Eucalyptus* (9,04%), montes de abrigo (3,81%), plantaciones forestales de más de 5 hectáreas (7,04%), pradera psamófito (0,02%), canteras (3,96%), praderas estacionalmente inundadas (1,30%), arbustos y praderas naturales (2,55%), tres modalidades de expansión urbana (área urbana, con 9,21%; área urbana sobre pradera natural, con 5,91%; y área urbana sobre plantaciones forestales, con 10,76%) y praderas naturales permanentemente inundadas (5,05%).

Laguna de Clotilde

Dataciones

Los resultados de las estimaciones de edad por el método de $^{210}\text{Pb} - ^{137}\text{Cs}$ para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde se presentan en la Figura 21 y Tabla 3.

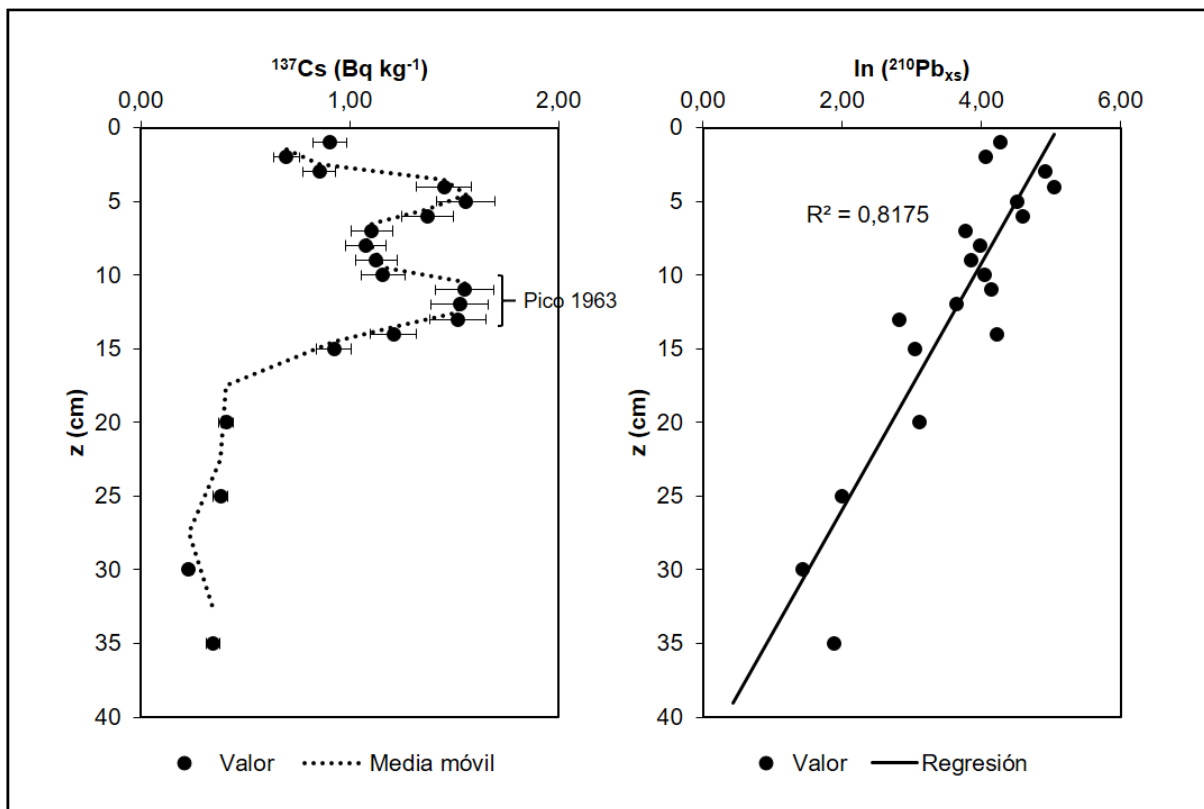


Figura 21.- Actividad medida de ^{137}Cs (izquierda) y ^{210}Pb (derecha) para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde.

Tabla 3.- Edad estimada para la secuencia sedimentaria de Laguna de Clotilde.

Profundidad (cm)	Valor	Error	Edad estimada (Años AD)
1	3	0	2003
2	6	1	2000
3	9	1	1997
4	12	1	1994
5	15	1	1991
6	18	2	1988
7	22	2	1984
8	25	2	1981
9	28	2	1978
10	31	3	1975
11	34	3	1972
12	37	3	1969
13	40	4	1966
14	43	4	1963
15	46	4	1960
20	62	6	1944
25	77	7	1929
30	92	8	1914
35	108	10	1898
40	123	11	1883

Litología y Geoquímica

De acuerdo a los análisis texturales, se identificaron tres unidades litológicas en el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde (Figura 22). La descripción de estas unidades, desde la base hasta el tope de la secuencia e incluyendo el comportamiento de la materia orgánica (el análisis del contenido de carbonatos exhibió valores por debajo del error inherente al método, por lo que no fueron graficados) es la siguiente:

Unidad I (53 – 32 cm): fango marrón muy oscuro (10YR 2/2). La materia orgánica alcanzó los máximos valores de toda la secuencia en la base de esta unidad, con guarismos de hasta 72,2%. Hacia el tope de la sección, la materia orgánica disminuye significativamente, llegando a valores en el entorno del 30%.

Unidad II (32 – 22 cm): fango gris oscuro (10YR 4/1). En esta unidad se registraron los menores valores de materia orgánica de toda la secuencia, entre 29,5% y 10,2%.

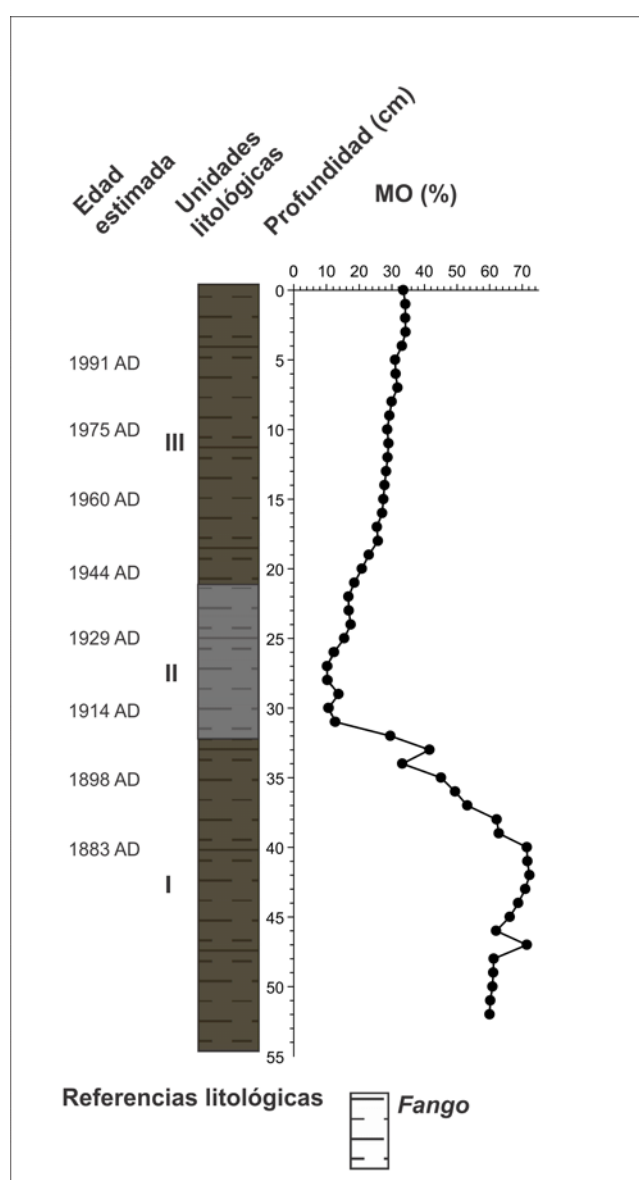


Figura 22.- Unidades litológicas identificadas y valores de materia orgánica para la secuencia sedimentaria de Laguna de Clotilde.

Unidad III (22 – 0 cm): fango marrón muy oscuro (10YR 2/2). En esta unidad la materia orgánica exhibió valores que aumentaron paulatinamente desde la base, con 16,7%, hasta el tope de la secuencia, con 33,5%.

Tasa de Sedimentación

La tasa de sedimentación fue determinada en 0,33 mm/año para toda la secuencia sedimentaria.

Silicofitolitos

Los resultados de los análisis de silicofitolitos se presentan en la Figura 23. Se identificaron tres ZAS, se calcularon los índices de temperatura (IT) y humedad (IH), la relación D:P y la relación entre silicofitolitos y otro sílice biogénico (SF:OSB) para toda la secuencia sedimentaria. La descripción de los resultados, desde la base al tope del testigo sedimentario, es la siguiente:

ZAS I (52 - 34 cm): Baja abundancia relativa de silicofitolitos en el total de partículas biosilíceas, reflejada en valores mínimos del índice SF:OSB. Predominio de fitolitos de gramíneas, con co-dominancia de taxones megatérmicos y microtérmicos, reflejándose en bajos valores de los índices. Las ciperáceas se hallan también bien representadas, denotando los mayores valores de abundancia en esta zona. También se registró una alta abundancia relativa de fitolitos de dicotiledóneas leñosas, repercutiendo en altos valores relativos del índice D:P.

ZAS II (34 - 8 cm): Baja abundancia relativa de silicofitolitos en relación a otras partículas biosilíceas, constatándose un importante incremento en el sector superior de la ZAS. Continúan dominando los fitolitos de gramíneas, con mayor representación de morfotipos

atribuibles a especies micro y mesotérmicas. Esto repercute en un aumento de los valores del índice de temperatura. Dentro de las gramíneas megatérmicas se registró un incremento de morfotipos chloroides, repercutiendo en mayores valores del índice de humedad. Esta zona también se caracterizó por la disminución de fitolitos de ciperáceas, una importante variabilidad en el registro de fitolitos de dicotiledóneas leñosas, la desaparición de fitolitos de cannáceas hacia la base de la ZAS y la aparición de traqueidas silicificadas con perforaciones areoladas, atribuidas a Pinaceae, en el sector superior.

ZAS III (34 – 1 cm): En la base de la ZAS se registraron los mayores valores de abundancia relativa de silicofitolitos en el total de partículas biosilíceas. Dentro de estos se registró una disminución de gramíneas microtérmicas. El índice D:P alcanza también altos valores hacia el tope de la zona.

Fuera de la zonación se encuentra la muestra superficial del testigo (0 - 1 cm). La misma registra una caída en el índice SF:OSB así como en el D:P.

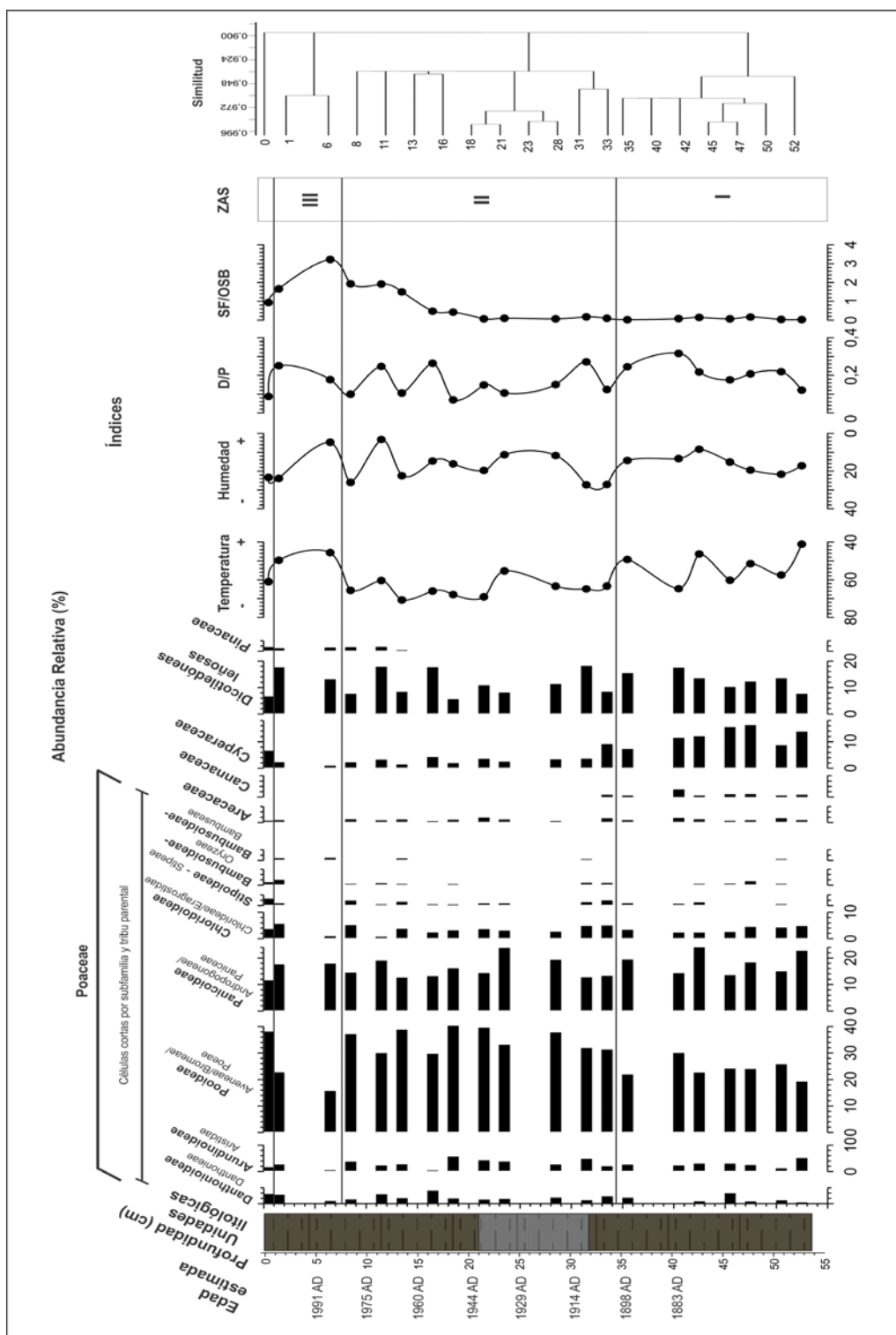


Figura 23.- Distribución vertical de abundancias relativas de silicofitolitos, índice de temperatura (IT), de humedad (IH), relación D:P y SF:OSB para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde. Las edades estimadas y la litología del testigo se presentan a la izquierda del gráfico.

Diatomeas y Cistos de Crisofitas

Los resultados de los análisis de diatomeas y crisofitas se presentan en la Figura 24. Estos incluyen la identificación de cuatro ZAD y las tendencias en la relación C:D. La descripción, desde la base al tope de la secuencia sedimentaria, es la siguiente:

ZAD I (53 – 47 cm): esta zona presentó las mayores abundancias de *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen para toda la secuencia. El grupo de las *Staurosira*, compuesto por *Staurosira construens* Ehrenberg, *Staurosira longirostris* (Frenguelli) Metzeltin y *Staurosira martyii* (Héribaud-Joseph) Lange-Bertalot, exhibió un descenso significativo hacia el tope de la zona. *Epithemia adnata* (Kützing) Hendey aumentó su abundancia hacia el tope de la unidad. El índice C:D presentó un pico en el tope de la zona.

ZAD II (47 – 40 cm): esta zona presentó la mayor abundancia relativa de *Cocconeis placentula*, a la vez que aumentaron los valores de la mayoría de las dulceacuícolas bentónicas, con excepción del grupo *Staurosira*, el cual mantuvo guarismos similares al tope de la zona precedente. El índice C:D disminuyó respecto a la zona precedente.

ZAD III (40 – 31 cm): esta zona presentó la mayor abundancia relativa de *Achnanthes exigua* (Grunow) Hustedt, una disminución de la mayoría de las dulceacuícolas bentónicas, a excepción del grupo *Staurosira*, el cual aumentó significativamente respecto a la zona precedente. Se registró una marcada disminución de *Aulacoseira granulata* en esta zona. El índice C:D presentó los menores valores de toda la secuencia.

La muestra de 28 cm se presentó como azonal, en tanto se separó de la zona precedente y de la siguiente en el análisis de clúster. Presentó los mayores valores de *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald para toda la secuencia, aumentó la abundancia de *Epithemia*

adnata y *Navicula peregrinoides* Muzafarov, mientras que disminuyó la abundancia del grupo *Staurosira* y desapareció del registro *Aulacoseira*. El índice C:D registró un leve aumento.

ZAD IV (28 – 8 cm): esta zona se caracterizó por un marcado incremento del grupo *Staurosira*, a la vez que disminuyó el resto de las dulceacuícolas bentónicas. El índice C:D registró un marcado incremento hacia el tope de esta zona.

A partir del límite de la ZAD IV, el resto de las muestras analizadas no presentó relación entre las mismas o con zonas precedentes. En el caso de las muestras de 3 cm y 5 cm, los conteos de valvas de diatomeas fueron menores a 100, por lo que se representaron diferencialmente en la Figura 24.

La muestra de 2 cm también resultó azonal, presentó la máxima abundancia relativa de *Nitzschia levidensis* (Smith) Grunow para toda la secuencia, altos valores de *Epithemia adnata* y los mayores valores de *Pinnularia latevittata* Cleve para toda la secuencia. Se registró igualmente una marcada disminución del grupo *Staurosira*. El índice C:D disminuyó respecto a la ZAD IV.

La muestra superficial (0 cm) tampoco presentó similitud con el resto de las muestras analizadas. Se caracterizó por un aumento de la abundancia relativa del grupo *Staurosira* y la reaparición en el registro de *Aulacoseira granulata*, a la vez que *Aulacoseira muzzanensis* (Meister) Krammer presentó los mayores valores de toda la secuencia. El índice C:D disminuyó en esta muestra superficial.

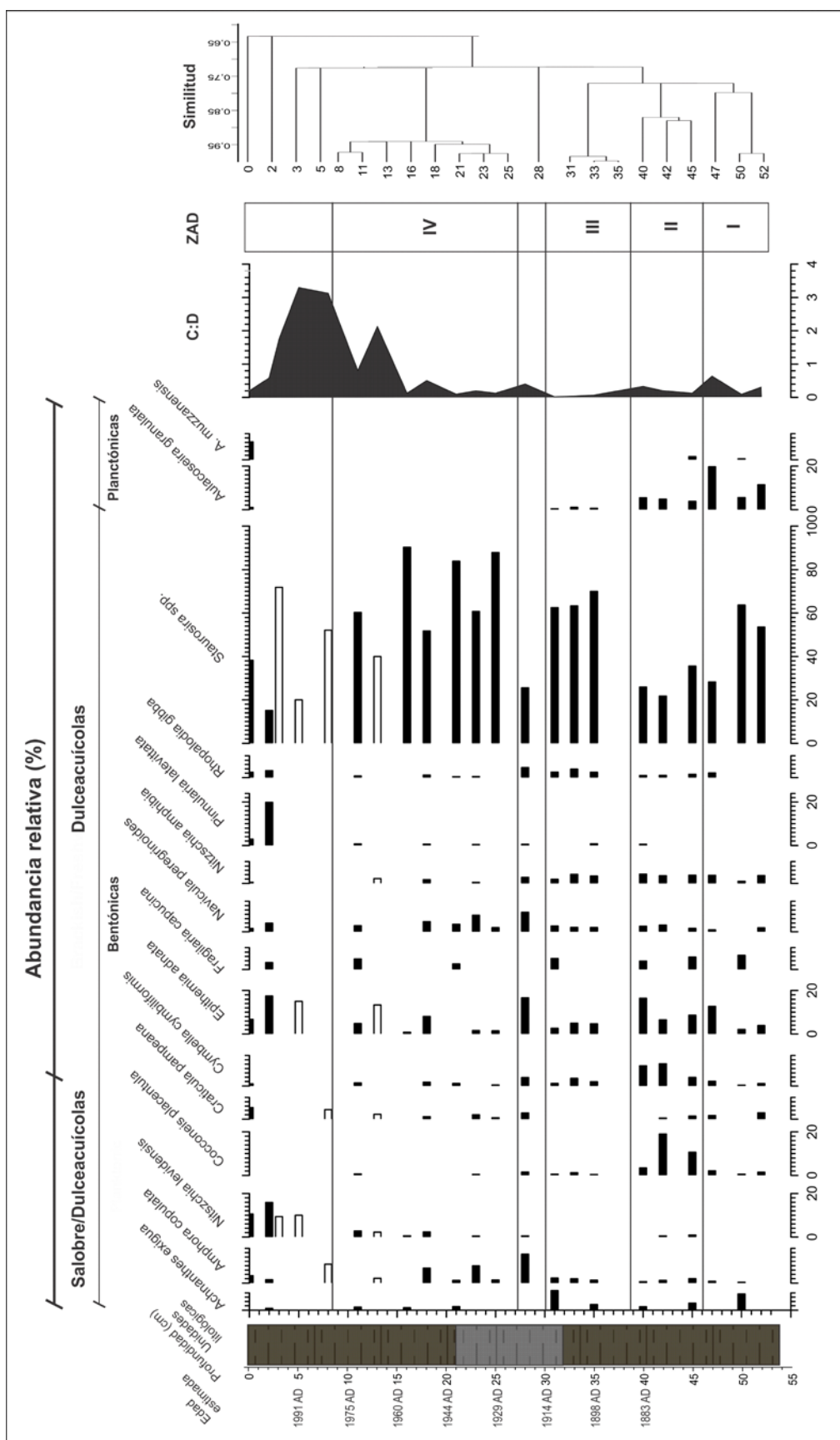


Figura 24.- Distribución vertical de abundancias relativas de diatomeas y relación C:D para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde. Las edades estimadas y la litología del testigo se presentan a la izquierda del gráfico. Las barras sin relleno indican muestras con conteos no significativos (n<100).

Polen, Esporas y Palinomorfos No Polínicos

Los resultados de los análisis de polen, esporas y PNPS se presentan en la Figura 25. Se identificaron tres ZAP en el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde, Su descripción, desde la base al tope de la secuencia, es la siguiente:

La primera muestra de la secuencia (52 cm) presentó muy bajo grado de similitud con el resto (azonal). Se caracterizó por el dominio de *Myrsine* sp. entre las arbóreas, Cyperaceae y Poaceae entre las herbáceas, *Typha* sp. entre las macrófitas y *Scenedesmus* entre las algas.

ZAP I (52 – 35 cm): esta zona se caracterizó por una baja representación de arbóreas y una mayor abundancia relativa de arbustivas respecto a la muestra basal. Dentro de las herbáceas, se registró un co-dominio de Cyperaceae y Poaceae, ambas disminuyendo hacia el tope de la zona. Entre las macrófitas, la mayor abundancia relativa la presentó *Typha* sp., mientras que entre las algas *Botryococcus* sp. presentó altos valores en las muestras de la base de la zona para luego disminuir. En la porción superior del agrupamiento, se registraron los mayores valores de *Tetraedron* sp. para toda la secuencia.

ZAP II (35 – 28 cm): en esta zona se registró un incremento en la abundancia de las arbóreas, a la vez que apareció por vez primera en el registro polen de *Pinus* sp. Las arbustivas exhibieron valores constantes a través de la sección. Dentro de las herbáceas, siguen prevaleciendo Cyperaceae y Poaceae, pero se registró una disminución de su abundancia relativa hacia el tope de la zona. Entre las macrófitas, sigue dominando *Typha* sp. Respecto a las algas, se registró un incremento de *Botryococcus* sp. hacia el tope de la zona, mientras que *Scenedesmus* sp. y *Tetraedron* sp. registraron un comportamiento inverso.

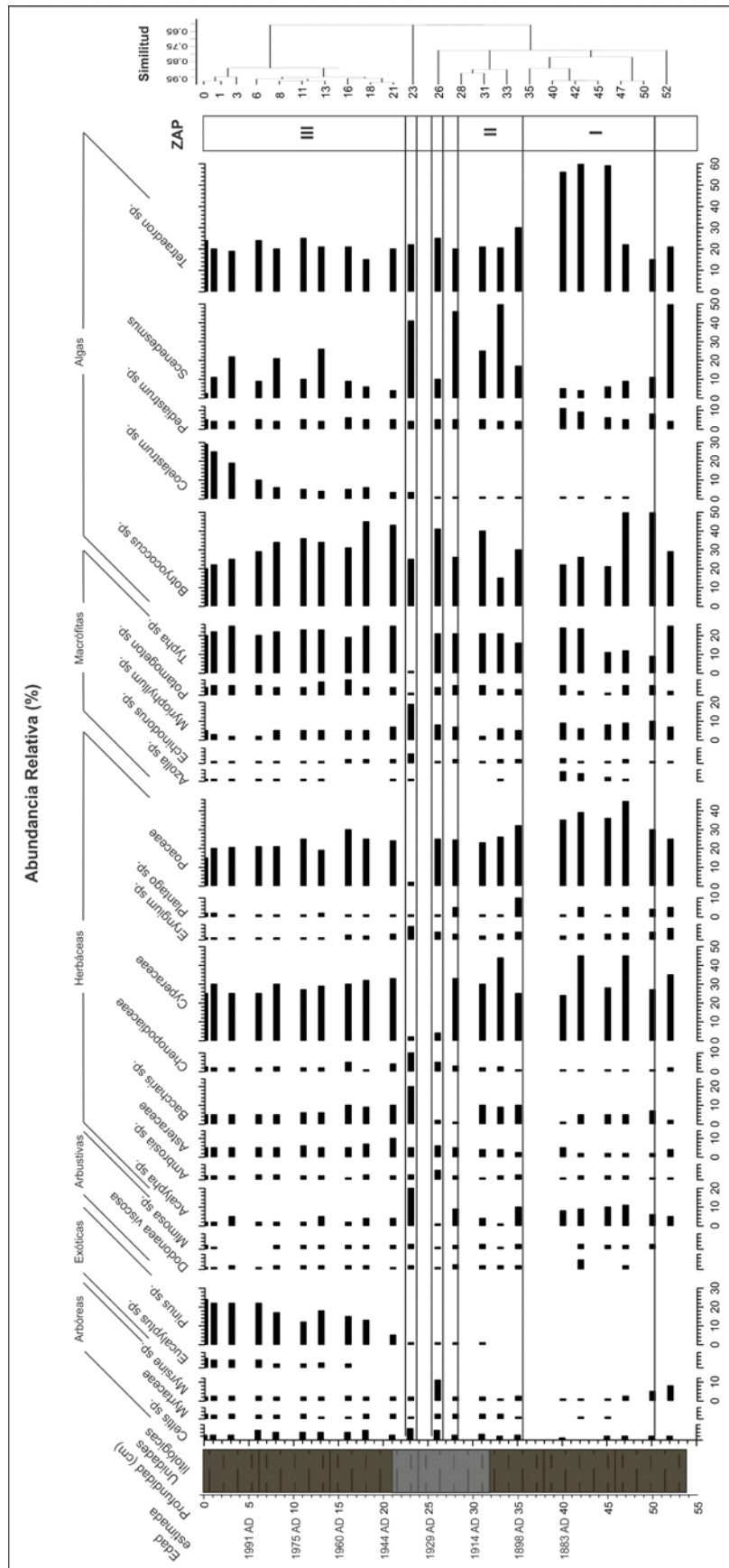


Figura 25.- Distribución vertical de abundancias relativas de polen y PNs para el testigo sedimentario de Laguna de Clotilde. Las edades estimadas y la litología del testigo se presentan a la izquierda del gráfico.

Las muestras de 26 cm y 23 cm presentaron un bajo grado de similitud en el análisis de clúster. La muestra de 26 cm presentó el mismo grado de similitud que la muestra basal (52 cm, Figura 25). Se caracterizó por los mayores valores de arbóreas nativas para toda la secuencia. Entre las algas, se registró un aumento de la abundancia relativa de *Scenedesmus* sp. La muestra de 23 cm presentó el más bajo grado de similitud (azonal) de toda la secuencia analizada. Se caracterizó por un aumento de las herbáceas *Alcalypha* sp., *Baccharis* sp. y *Chenopodiaceae*, mientras que disminuyeron significativamente *Cyperaceae* y *Poaceae*. Entre las macrófitas, se registró un aumento de *Myriophyllum* sp. Entre las algas, prevalecieron *Botryococcus* sp., *Scenedesmus* sp. y *Tetraedron* sp.

ZAD III (23 – 0 cm): en esta zona las arbóreas presentaron valores de abundancia constantes. Se registró un aumento significativo de *Pinus* sp., a la vez que se identificó por primera vez el polen de *Eucalyptus* sp. Las arbustivas presentaron valores constantes a través de la sección. Entre las herbáceas, se registró la co-dominancia de *Cyperaceae* y *Poaceae*. Entre las macrófitas, se registró un aumento de *Potamogeton* sp., aunque este grupo sigue dominado por *Typha* sp. Entre las algas, *Botryococcus* sp. y *Scenedesmus* sp. disminuyeron sus abundancias hacia el tope de la zona, mientras que se registró un aumento significativo de *Coelastrum* sp. hacia el tope de la secuencia.

Arqueología e Historia

Los principales hitos, procesos y eventos del periodo prehistórico, protohistórico e histórico se resumen en la línea de tiempo de la Figura 26.

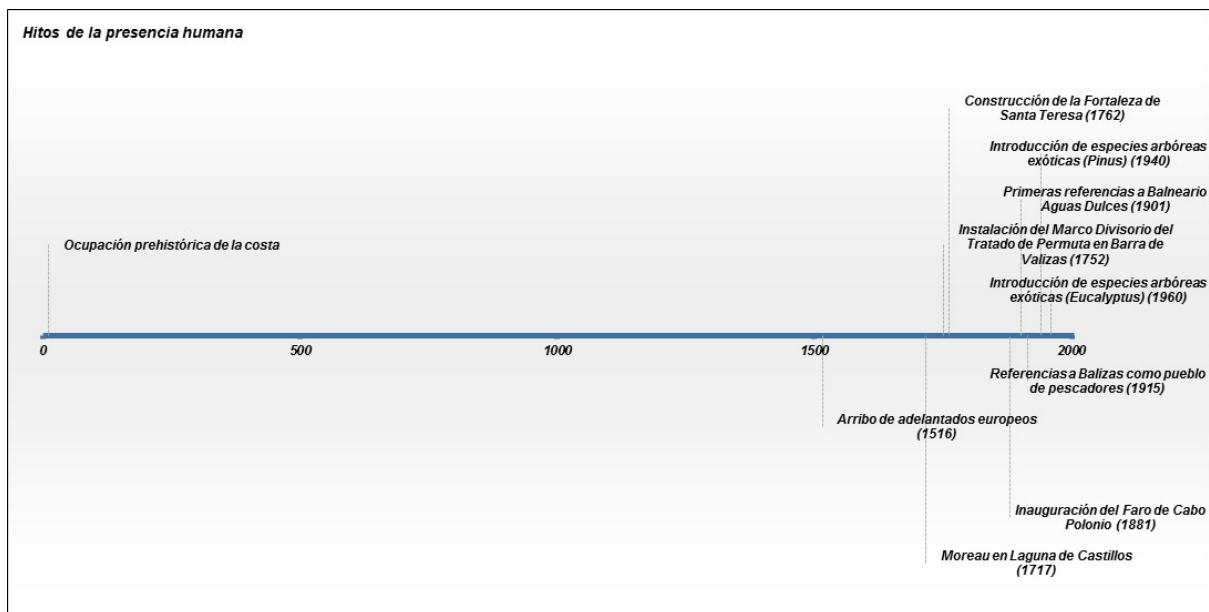


Figura 26.- Principales hitos de la presencia humana en el área de la Laguna de Clotilde y zonas adyacentes.

Período prehistórico (Holoceno medio – siglo XVI): la presencia humana prehistórica en la zona costera atlántica próxima a Laguna de Clotilde y en el área comprendida entre la misma, el Arroyo Valizas y la Laguna de Castillos ha sido testimoniada desde fines del siglo XIX por parte de coleccionistas que recorrieron la región (Figura 27; Figueira, 1892; Maeso, 1977). Más recientemente, investigaciones arqueológicas en el área han dado cuenta de la presencia humana desde la transición entre Holoceno medio y tardío (Tabla 4) en Cabo Polonio y zonas adyacentes de la costa (Arredondo, 1951; Baeza et al., 1973; 1974; López, 1995b; 1994; López et al., 2009; López y Gascue, 2007; López e Iriarte, 2000; 1995) los cuales evidencian el aprovechamiento de recursos costeros y lacustres, tanto terrestres como acuáticos (Capdepont et al., 2005; Chagas, 1995; Inda et al., 2006b; Mañosa, 1995).

Tabla 4.- Cronología ^{14}C de los yacimientos arqueológicos excavados en Cabo Polonio y Laguna de Castillos. Fuente: Inda et al. (2011); López et al. (2009).

Sitio	Unidad	Edad ^{14}C AP	Edad calibrada (1σ)
Cabo Polonio	VII	4881 $\pm$ 55 (AA71116)	3584-3531 (p=0.444) AC
	VI	4370 $\pm$ 70 (URU 005)	3028-2884 (p=0.916) AC
	VI	4100 $\pm$ 90 (URU 0475)	2695-2475 (p=0.823) AC
	IV	610 $\pm$ 65 (URU 006)	1382-1427 (p=0.555) AD
Cráneo Marcado	I-I	3050 $\pm$ 50 (URU 136)	1304-1190 (p=0.708) AC
Guardia del Monte	IV-I	4600 $\pm$ 60 (URU 205)	3238-3107 (p=0.616) AC

Período colonial (1500 AD – 1815 AD): el comienzo de este período estuvo signado por el arribo de los primeros adelantados europeos a las costas del actual territorio uruguayo. Debido a la tecnología naval disponible en aquel entonces, la navegación portulana (siguiendo la línea de tierra firme a pocas millas náuticas de la costa) implicó que estos viajes de exploración recalaran en varios puntos de su derrotero. Al respecto, las crónicas señalan el abastecimiento de agua dulce en zonas cercanas al Cabo Polonio (Arredondo, 1958). Con la introducción del ganado bovino al territorio oriental, el área en cuestión pasó a integrarse al comercio de las coronas de España y Portugal (Bracco, 2004). Además, como lo señala la faena clandestina y aprovechamiento de cueros por parte del francés Etienne Moreau en 1717 en la zona de la Laguna de Castillos, este interés comercial trascendió a ambas coronas (Bauzá, 1929). Esta riqueza ganadera implicó un tránsito fluido de personas y bienes desde Montevideo y Maldonado hacia el este, así como desde Río Grande do Sul hacia el sudoeste (Plá, 2012). Para controlar este tránsito y efectivizar la posesión del territorio en constante litigio, se consolidará la presencia militar de las coronas en pugna a través de la construcción de fortalezas, baluartes y guardias, particularmente en el paso hacia y desde la actual frontera con el Brasil, el camino de la Angostura (zona en la que se emplaza la Laguna de Clotilde). De este período permanecen vestigios de estas avanzadas militares (Arredondo, 1951) y

varios naufragios en la zona comprendida entre Aguas Dulces y el Cabo Polonio (Varese, 1999).



Figura 27.- Francisco Oliveras durante una campaña de recolección de material arqueológico en la zona de Cabo Polonio, década de 1950. Fuente: Archivo Fotográfico MHNA.

Período moderno (1830 AD – Presente): este período es el que testimonia las mayores modificaciones sobre el área de estudio que comprende a Laguna de Clotilde. A comienzos del mismo, en el año 1822, se le confirma el título de propiedad de su estancia a Manuel de Olivera. Esta estancia, de una extensión de alrededor de 11000 hectáreas, abarcaba toda el área de estudio seleccionada para Laguna de Clotilde y será, hecho que prevalece en la toponimia local, en tanto el paraje es denominado “Rincón de los Olivera” (Araujo, 1900). En la primera mitad del siglo XX, en esta zona se instalan campamentos provisorios para convalecientes de una epidemia de tuberculosis (Olivera, 2013). La facilidad de acceso al agua dulce en esos campamentos otorgará el topónimo a la futura localidad. En la década de 1940 se introduce el *Pinus radiata* en la zona, forestando hasta 1950 15000 hectáreas; desde ese entonces y hasta 1970 se introducen otras especies de *Pinus* originarias de Estados Unidos y, entre 1960 y 1970, se introducen el *Eucalyptus grandis* y *E. saligna* (Morey y Porcile,

1992). A impulsos de esta transformación de las “arenas improductivas” de la zona (Olivera, 2013) se desarrollan las localidades de Valizas como poblado de pescadores y Aguas Dulces orientado al turismo de sol y playa (Figuras 28 y 29).



Figura 28.- Aspecto de la costa próxima a la barra de Valizas en la década de 1950. Fuente: Archivo Fotográfico MHNA.



Figura 29.- Pesca del tiburón o cazón en Valizas en la década de 1950. Fuente: Archivo Fotográfico MHNA.

Cobertura – Usos del Suelo

La cobertura del suelo – usos identificados para 1978 y 2011 se presentan en la Tabla 5 y en la Figura 30.

Respecto a la cobertura correspondiente a 1978, es necesario precisar que la misma registró tan solo 4 usos del suelo. Esta situación es común y esperable para un área donde humedales y arenas móviles (dunas) dificultan el acceso a los relevamientos sobre el terreno, aunque tampoco se puede descartar que el “arenal improductivo” como concepto sea al menos en parte responsable del rigor del relevamiento de usos. No obstante, los usos críticos en cuanto a la evolución del impacto humano sobre el área como la forestación con especies exóticas

o las áreas urbanas sí fueron relevados con rigor por el IGM (y chequeados además con la cobertura de fotos aéreas de 1967).

Tabla 5.- Cobertura – usos del suelo en el área de estudio de Laguna de Clotilde para 1978 y 2011.

Cobertura / Usos	Area (ha)	1978	Area (ha)	2011
		Porcentaje de la cuenca		Porcentaje de la cuenca
Arbustos y pradera natural	0	0	163	5.32
Área urbana	0	0	160	5.24
Área urbana en plantación forestal	0	0	2	0.05
Arena de playa	114	3.54	80	2.60
Bosque costero (plantado)	371	11.56	687	22.45
Bosque nativo	0	0	39	1.30
Dunas	0	0	51	1.67
Lagunas	0	0	15	0.50
Monte de abrigo	0	0	48	1.58
Palmares	0	0	1	0.04
Pradera estacionalmente inundada	0	0	289	9.44
Pradera natural	2371	73.80	751	24.53
Pradera natural con afloramiento rocoso	0	0	78	2.54
Pradera natural con palmares dispersos	0	0	362	11.84
Pradera permanentemente inundada	357	11.10	73	2.37
Pradera psamófito	0	0	81	2.65

La cobertura de 1978 identificó como cobertura dominante del área de estudio a la pradera natural (73,80%). La segunda cobertura en orden de extensión está constituida por el bosque costero de especies exóticas (11,56%), mientras que la extensión de las praderas permanentemente inundadas (humedal) es la tercera en área cubierta (11.10%).

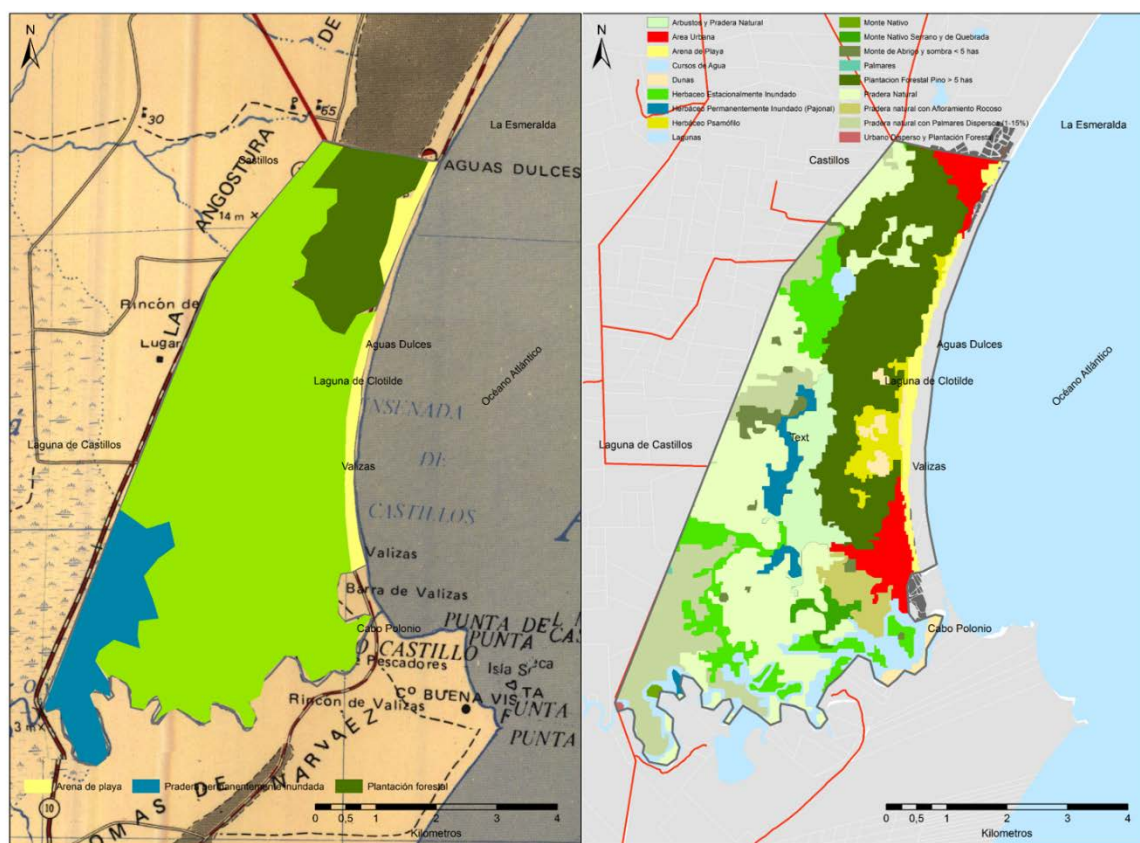


Figura 30.- Carta de cobertura – usos del suelo para la cuenca de la Laguna de Clotilde. Izquierda: información correspondiente a 1978. Derecha: información correspondiente a 2011.

A partir del análisis de la cobertura de 2011, se identificaron algunos cambios significativos, los cuales se expresaron en la variación de coberturas existentes, así como en la aparición de nuevos usos en el área de estudio. Respecto a las coberturas registradas para ambos períodos, aumentó el área forestada (de 11,56% de la cuenca en 1978 a 22,45% en 2011) a la vez que disminuyeron en superficie el resto de los usos registrados en 1978. No obstante, en el caso de la pradera natural, su disminución (de 73,80% en 1978 a 24,53% en 2011) podría explicarse al menos en parte debido a la subdivisión de esta categoría en otras nuevas coberturas en 2011, las cuales no fueron contempladas en 1978: arbustos y pradera natural (5,32%), herbáceo psamófilo (2,65%), pradera natural con afloramiento rocoso (2,54%) y pradera natural con palmares dispersos (11,84%). Entre los nuevos usos, se destaca la

aparición en el área de estudio de áreas urbanas, las cuales ocupan en 2011 el 5,24% del área total.

Laguna de Peña

Dataciones

En la Tabla 6 se presentan los resultados de las dataciones radiocarbónicas para el testigo sedimentario de Laguna de Peña, incluyendo el intervalo seleccionado, el material procesado, el número de laboratorio, la edad convencional obtenida y la edad calibrada.

Tabla 6.- Edades radiocarbónicas del testigo sedimentario de Laguna de Peña.

Número de Laboratorio	Intervalo (cm)	Fuente	Edad Radiocarbónica Convencional	Edad Calibrada (2σ)
URU 0545	0-7	Materia orgánica	F ¹⁴ C :1,134±0,008	1962 ± 2 AD
URU 0547	70-77	Materia orgánica	322±45	1462-1650 (p=1) AD 1298-1371 (p=.587) AD
URU 544	93-100	Materia orgánica	568±45	1378-1431(p=.413) AD

Litología y Geoquímica

De acuerdo a los análisis texturales, se identificaron cuatro unidades litológicas en el testigo sedimentario de Laguna de Peña (Figura 31). La descripción de estas unidades, desde la base hasta el tope de la secuencia e incluyendo el comportamiento de la materia orgánica, carbono y nitrógeno, es la siguiente:

Unidad I (93 – 89 cm): arcilla negra (10YR 2/1) con restos vegetales. La materia orgánica presentó los valores más altos de toda la secuencia, mientras que el carbono y el nitrógeno presentaron los menores valores para todo el testigo sedimentario.

Unidad II (89 – 40 cm): fango marrón muy oscuro (10YR 2/2) a fango arenoso marrón grisáceo muy oscuro (10YR 3/2). La materia orgánica exhibió una tendencia decreciente, aunque en el entorno de los 60 cm de profundidad presentó un marcado incremento. Hacia el tope de la

unidad presentó el menor valor de toda la secuencia sedimentaria. Carbono y nitrógeno presentaron dos picos, uno en la base y otro en el tope de la unidad.

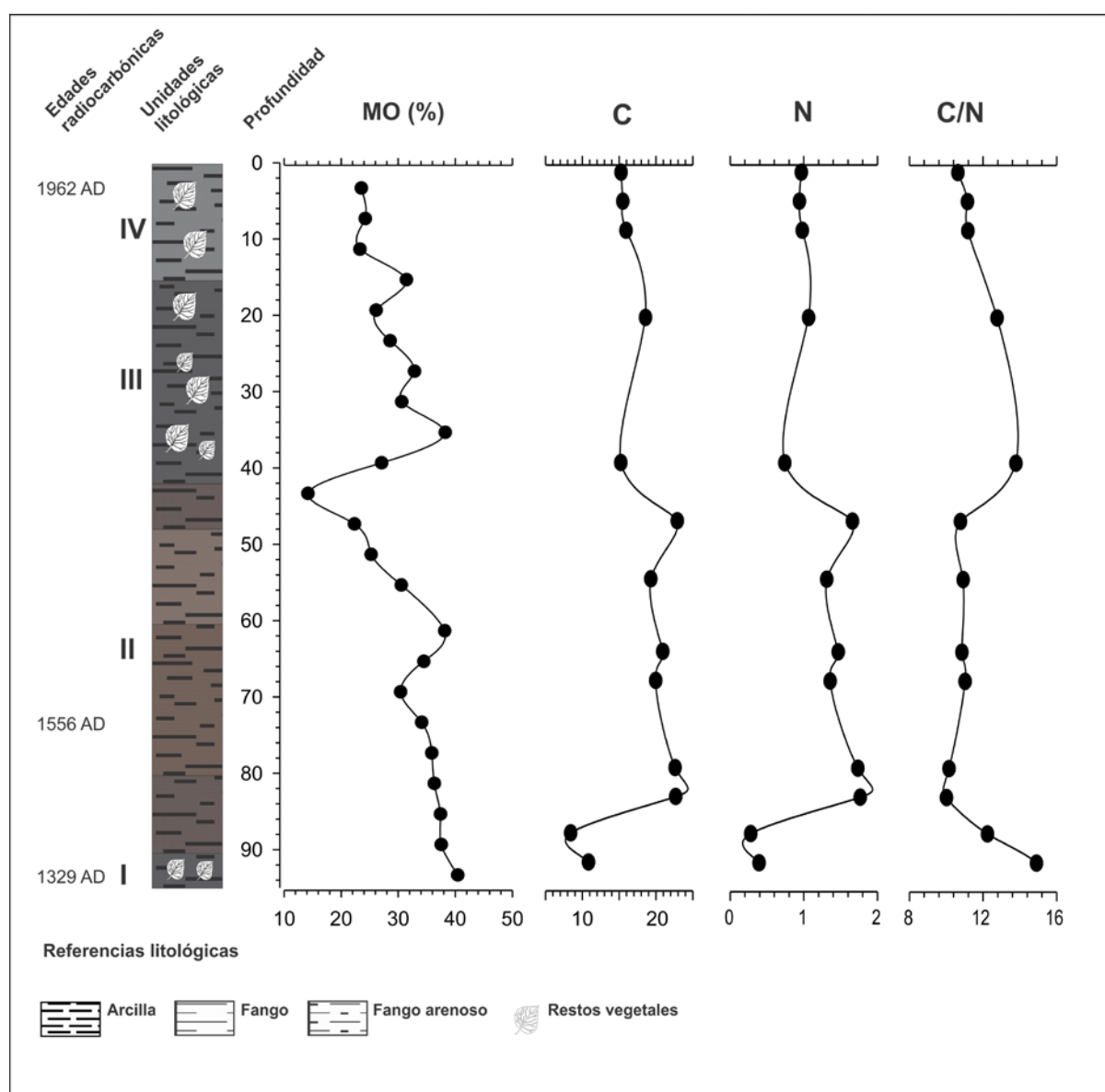


Figura 31.- Unidades litológicas identificadas y valores de materia orgánica, carbono y nitrógeno para la secuencia sedimentaria de Laguna de Peña.

Unidad III (40 – 15 cm): arcilla negra (10YR 2/1) con restos vegetales. La materia orgánica exhibió una tendencia decreciente desde la base al tope de la unidad, aunque en un patrón en zig-zag. Carbono y nitrógeno disminuyeron respecto a la unidad anterior.

Unidad IV (15 – 0 cm): arcilla gris muy oscuro (10YR 3/1) con restos vegetales. La materia orgánica disminuyó respecto a la unidad precedente para mantener valores en torno al 20%. Carbono y nitrógeno mantuvieron valores cercanos al medio del rango medido.

Tasa de Sedimentación

Se identificaron 3 tasas de sedimentación diferentes para el testigo sedimentario de Laguna de Peña:

- desde los 95 cm a los 73,5 cm la tasa de acumulación de sedimento fue calculada en 1,13 mm/año.
- desde los 73,5 cm hasta 3,5 cm la tasa de acumulación de sedimento fue calculada en 0,58 mm/año.
- desde los 3,5 cm hasta 0 cm la tasa de acumulación de sedimento fue calculada en 1,63mm/año.

Silicofitolitos

Los resultados de los análisis de silicofitolitos se presentan en la Figura 32. Se identificaron cuatro ZAS, se calcularon los índices de temperatura (IT) y humedad (IH), la relación D:P y la relación entre silicofitolitos y otro sílice biogénico (SF:OSB) para toda la secuencia sedimentaria. La descripción de los resultados, desde la base al tope del testigo sedimentario, es la siguiente:

ZAS I (93 – 70 cm): los silicofitolitos pooides disminuyeron hacia el tope de la secuencia, mientras que los panicoides incrementaron hacia el tope de la unidad. Juncos y ciperáceas también disminuyeron hacia el tope de la zona. La temperatura se incrementó y la humedad

decreció hacia el tope de la zona. La relación SF/OSB indicó una muy baja representación de los silicofitolitos en esta zona.

ZAS II (70 – 40 cm): la representación de silicofitolitos siguió siendo muy baja en relación a otro sílice biogénico (diatomeas en particular) a excepción de la muestra de 47 cm, donde los silicofitolitos preponderaron por sobre el resto del sílice biogénico. El índice de temperatura señaló una disminución de la misma respecto a la zona precedente. El índice D:P indicó una mayor representación de la flora arbórea en esta zona.

ZAS III (40 – 20 cm): esta zona se caracterizó por un descenso de Pooideae y Chloridoideae. Cyperaceae incrementó sus valores hacia el tope de la zona. El índice D:P indicó una mayor representación de las leñosas, mientras que aumentaron la temperatura y la humedad en la zona.

ZAS IV (20 – 0 cm): esta zona se caracterizó por un incremento de Panicoideae, junto a un incremento de temperatura y humedad hacia el tope de la secuencia. Tanto el índice D:P como el SF:OSB aumentaron hacia el tope de la secuencia.

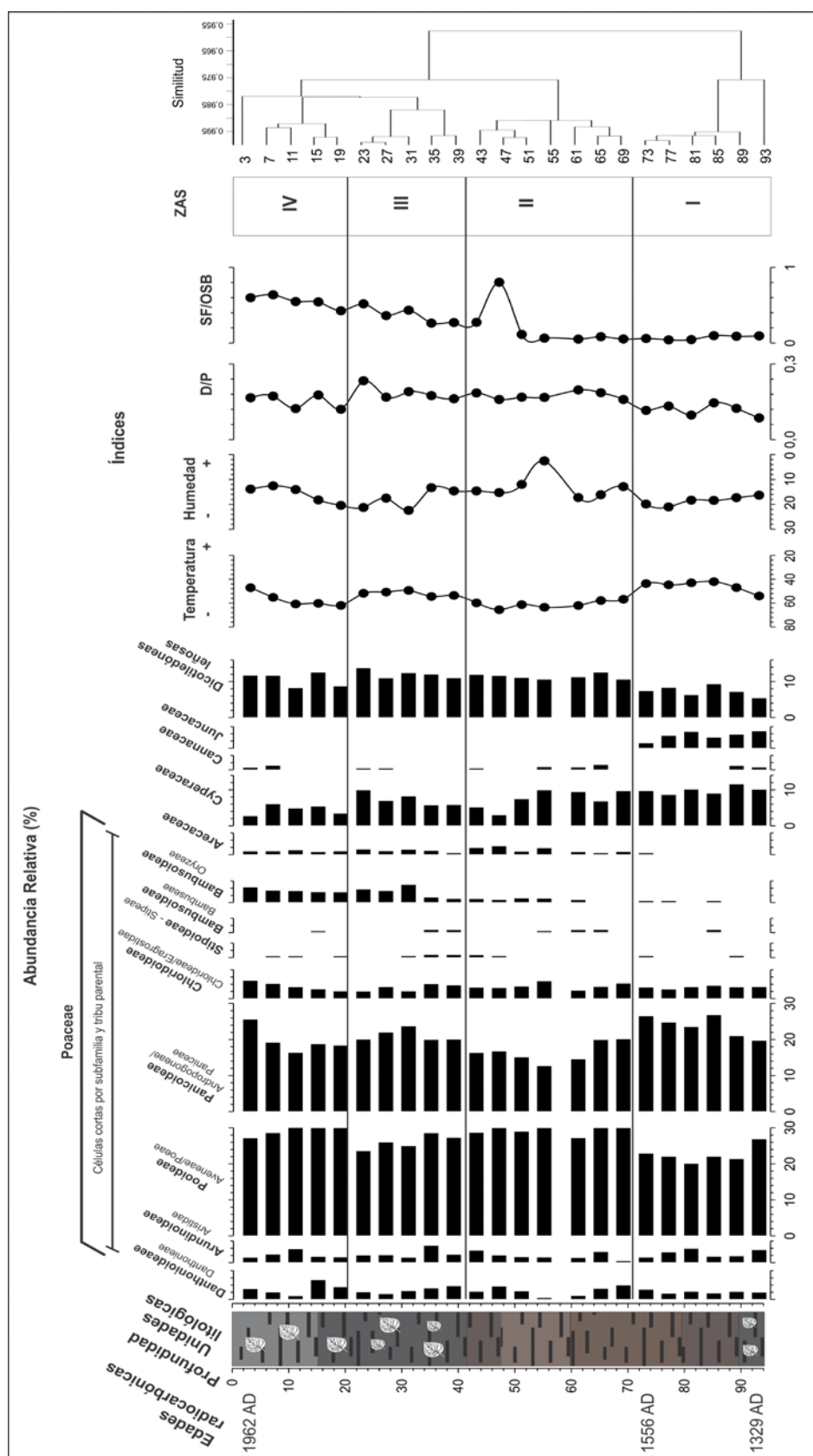


Figura 32. - Distribución vertical de abundancias relativas de silicofitolitos, índice de temperatura (IT), de humedad (IH), relación D:P y SF:OSB para el testigo sedimentario de Laguna de Peña. Las edades radiocarbónicas y la litología del testigo se presentan a la izquierda del gráfico.

Diatomeas y Cistos de Crisofitas

Los resultados de los análisis de diatomeas y crisofitas se presentan en la Figura 33. Estos incluyen la identificación de cuatro ZAD y las tendencias en la relación C:D. La descripción, desde la base al tope de la secuencia sedimentaria, es la siguiente:

ZAD I (93 – 65 cm): esta zona se caracterizó por presentar los mayores valores de abundancia de *Epithemia adnata* y *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) Müller para toda la secuencia analizada. Dentro del grupo de las *Aulacoseira*, las cuales dominaron toda la secuencia, se destacó el incremento hacia el tope de la zona de *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen. El índice C:D presentó los menores valores de toda la secuencia estratigráfica.

ZAD II (65 – 43 cm): esta zona se caracterizó por el dominio del grupo *Aulacoseira*. Al interior del mismo, se registró un aumento de *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (Müller) Simonsen y *A. muzzanensis* hacia el tope de la zona, mientras que *A. italica* presentó los mayores valores de toda la secuencia hacia la base de esta zona. El índice C:D registró un significativo aumento hacia el tope de la zona.

ZAD III (43 – 39 cm): esta zona también fue dominada por *Aulacoseira*. *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* y *A. italica* co-dominaron. El índice C:D registró el mayor valor (mayor representación de crisofitas) de toda la secuencia analizada.

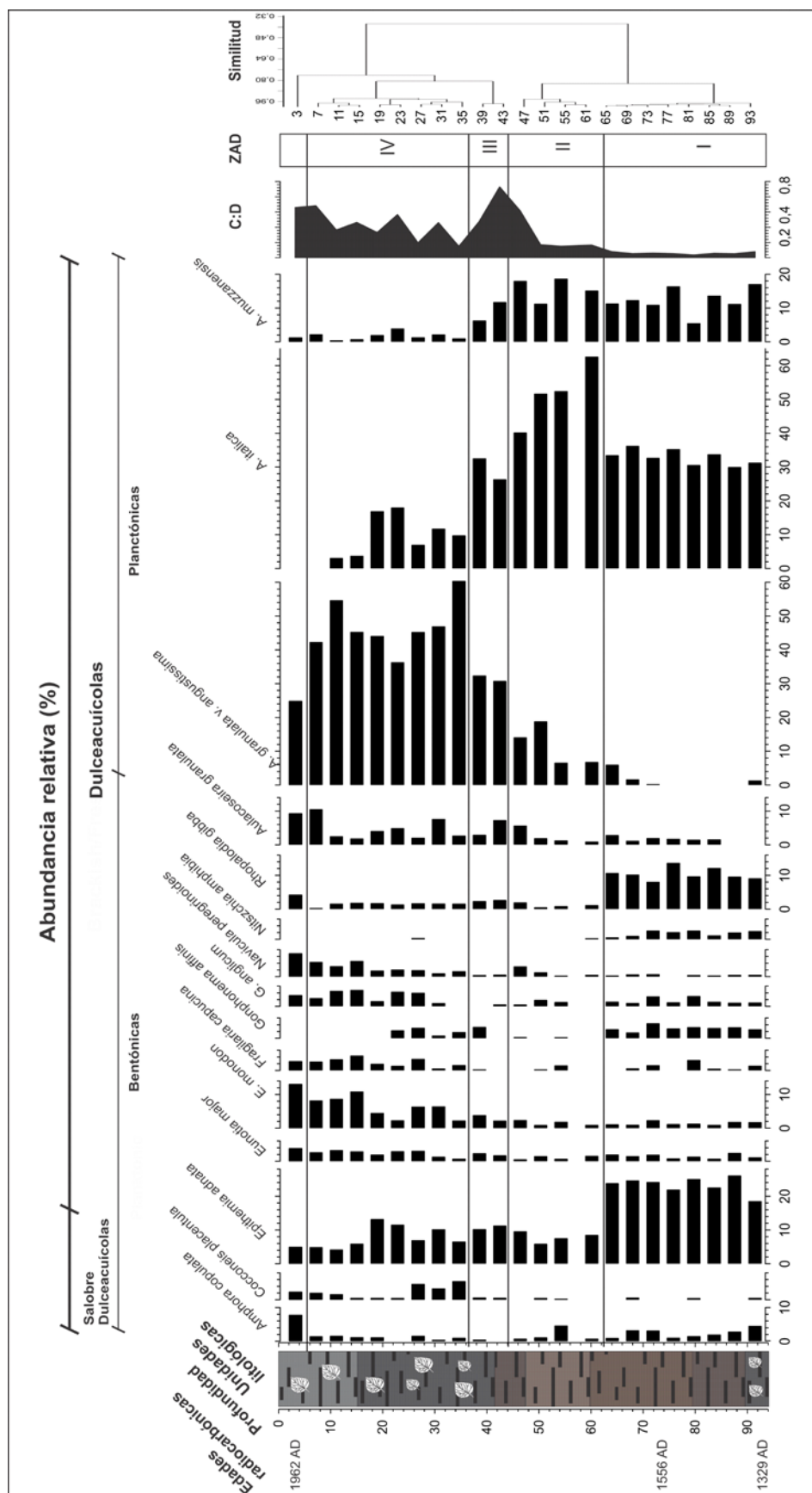


Figura 33.- Distribución vertical de abundancias relativas de diatomeas y relación C:D para el testigo sedimentario de Laguna de Peña. Las edades radiocarbónicas y la litología del testigo se presentan a la izquierda del gráfico.

ZAD IV (39 – 7 cm): esta zona se caracterizó por un incremento de todas las especies bentónicas, aunque continuó el dominio de *Aulacoseira*. Dentro de este grupo, se registró un marcado incremento de *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, a la vez que *A. italica* y *A. muzzanensis* disminuyeron respecto a la zona precedente. El índice C:D exhibió valores menores que en la zona precedente.

La muestra superficial (3 cm) presentó un bajo grado de similitud con el resto de las muestras. En esta muestra se registró un incremento de las especies bentónicas y un descenso del grupo *Aulacoseira*. El índice C:D registró un incremento.

Arqueología e Historia

Los principales hitos, procesos y eventos del periodo prehistórico, protohistórico e histórico se resumen en la línea de tiempo de la Figura 34.

Período prehistórico (Holoceno medio – siglo XVI): la presencia humana prehistórica en la zona que actualmente ocupa el Parque Nacional de Santa Teresa se encuentra testimoniada por los hallazgos de Arredondo (1951) y por las recientes investigaciones arqueológicas de Gascue et al. (en prensa; 2011).

De acuerdo a las cronologías resultantes de las intervenciones en los yacimientos, la ocupación humana habría sido espacialmente redundante desde la transición entre Holoceno medio y tardío (Tabla 7), asignándole a esta área un lugar logísticamente preponderante en la estrategia de subsistencia de los habitantes prehistóricos.

Tabla 7.- Cronología ^{14}C de los yacimientos arqueológicos excavados en Punta Coronilla, La Moza y La Esmeralda. Fuente: Inda et al. (2011); López et al. (2009) y Gascue et al. (en prensa).

Sitio	Unidad	Edad ^{14}C AP	Edad calibrada (1σ)
Puntas de la Coronilla	II	2930 $\pm$ 50 (URU 41)	1130-995 (p=0.866) AC
	III	2740 $\pm$ 60 (URU 40)	901-806 (p=1) AC
La Moza	I-I	2460 $\pm$ 30 (Beta-324152)	540-407 (p=0.964) AC
La Esmeralda	A-I	3210 $\pm$ 50 (URU 0219)	1503-1394 (p=0.980) AC
		3190 $\pm$ 50 (URU 0220)	1497-1387 (p=0.867) AC
		2510 $\pm$ 50 (URU 0253)	599-511 (p=0.369) AC
		2360 $\pm$ 70 (URU 0254)	510-352 (p=0.755) AC
	A-II	3280 $\pm$ 40 (URU 330)	1535-1446 (p=0.831) AC
		3270 $\pm$ 40 (URU 331)	1532-1436 (p=0.945) AC
	A-IV	3300 $\pm$ 40 (URU 329)	1566-1497 (p=0.659) AC
	B-I	1080 $\pm$ 60 (URU 0230)	965-1046 (p=0.707) AD
		1000 $\pm$ 70 (URU 0237)	1024-1154 (p=1.000) AD
	C-I	3190 $\pm$ 80 (URU 0231)	1504-1370 (p=0.718) AC

Período colonial (1500 AD – 1815 AD): el comienzo de este período se inicia con el arribo de los adelantados europeos a las costas del actual territorio uruguayo. Con la introducción del ganado bovino, el área se integró al circuito de comercio de España y Portugal (Bracco, 2004). La proliferación del ganado implicó un intercambio de bienes y tránsito de personas desde Montevideo y Maldonado hacia el este, así como desde Río Grande do Sul hacia el sudoeste (Plá, 2012). Para proteger el desarrollo productivo de la zona y efectivizar a la vez la posesión del territorio, se consolidó la presencia militar de España y Portugal a través de la construcción de infraestructura militar defensiva (una línea de fortalezas desde Santa Tecla, en el territorio de Rio Grande do Sul, Brasil, hasta Santa Teresa, para controlar el acceso hacia y desde la frontera con el Brasil, el camino de la Angostura, zona en la que se emplaza la Laguna de Peña). A este período corresponde la Fortaleza de Santa Teresa, comenzada a erigir en 1762 por la corona portuguesa, pero culminada por la española (Arredondo, 1951).

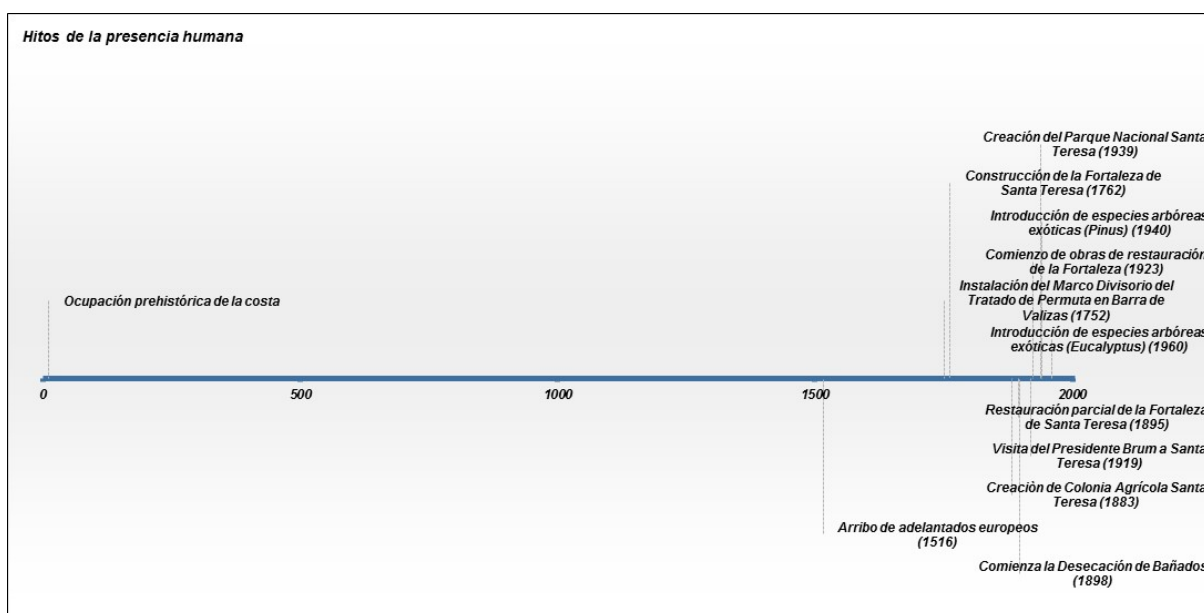


Figura 34.- Principales hitos de la presencia humana en el área de la Laguna de Peña y zonas adyacentes.

Período moderno (1830 AD – Presente): este período es el que testimonia las mayores modificaciones sobre el área de estudio que comprende a Laguna de Peña. La Fortaleza de Santa Teresa desempeñó un rol preponderante en las luchas independentistas del Uruguay durante las décadas de 1820 y 1830 (Bauzá, 1929). Hacia fines del siglo XIX, se funda en un área cercana (en la actual intersección de Rutas 9 y 14) la Colonia Agrícola de Santa Teresa y el pueblo Gervasio con colonos suizos, alemanes, italiano y españoles en 1883 (Flügel, 2009), el cual dará lugar al nacimiento de La Coronilla en años posteriores. En 1895 se restaura parcialmente la Fortaleza, oportunidad en la que se llega incluso a construir nuevas estructuras con la idea de constituir a este recinto en un presidio (Arredondo, 1955). Pocos años después, el Ingeniero Andreoni comienza a construir el Canal N° 1 que culminará en 1910 y desecará miles de hectáreas de humedales asociados a la Laguna Negra (Figura 35; Rubio, 2009).



Figura 35.- Detalle de las obras de apertura del Canal N° 1. Fuente: Araujo, 1900.



Figura 36.- Vista de la Fortaleza de Santa Teresa previo a las obras de restauración emprendidas por Arredondo. Fuente: Olivero (2010).

Durante la primera mitad del siglo XX, se comienza la restauración de la Fortaleza de Santa Teresa (Figura 36) y en 1939 se promulga la ley que crea el Parque Nacional de Santa Teresa, casi simultáneamente al comienzo de la introducción masiva de especies arbóreas exóticas

en la costa este del Uruguay (Figura 37). Este parque constituirá desde sus inicios una experiencia singular de gestión de un espacio costero destinado al turismo de sol y playa.



*Figura 37.- Vista de la Laguna de Peña previo a la forestación del Parque Nacional Santa Teresa.
Fuente: Archivo Arredondo, SEPAE.*

Cobertura – Usos del Suelo

La cobertura del suelo – usos identificados para 1948 y 2011 se presentan en la Tabla 8 y en la Figura 38.

Tabla 8.- Cobertura – usos del suelo en el área de estudio de Laguna de Peña para 1948 y 2011.

Cobertura / Usos	Area (ha)	1948	Area (ha)	2011
		Porcentaje de la cuenca		Porcentaje de la cuenca
Arbustos y pradera natural	0	0	36,74	1.40
Área urbana	0	0	40,42	1.54
Área urbana en plantación forestal	0	0	22,87	0.87
Área urbana en pradera natural	0	0	6,17	0.24
Arena de playa	345,54	13.17	50,77	1.93
Bosque costero (plantado)	371,39	14.15	1067,24	40,67
Bosque nativo	444,70	16.95	43,08	1.64
Dunas	0	0	78,63	3.00
Lagunas	7,49	0.29	0,47	0.02
Monte de abrigo	0	0	78,66	3.00
Pradera estacionalmente inundada	0	0	10,78	0.41
Pradera natural	1112	42.37	1021	38.90
Pradera natural con afloramiento rocoso	0	0	94,96	3.62
Pradera permanentemente inundada	25	0.95	10,78	0.41
Roca consolidada	45,15	1.72	2,23	0.08

Respecto a la cobertura correspondiente a 1948, es preciso acotar que la Hoja Santa Teresa 1:50.000 del IGM cubre parcialmente el área de estudio (cobertura de 89,60% del área de estudio). En consulta con el Servicio Geográfico Militar, quien custodia y comercializa la cartografía actual e histórica, se obtuvo la Hoja Punta Palmar 1:50.000 del IGM correspondiente al año 1932. Pese a que esta hoja cubre el 10,40% restante del área, no se registró en la misma el relevamiento de usos, práctica que se instauró en el IGM a partir de la Segunda Guerra Mundial. No obstante, es igualmente pertinente señalar que la localidad de Punta del Diablo, si bien figura en la carta, lo hace bajo la categoría de “centro poblado”, es decir de una localidad sin trama urbana definida.

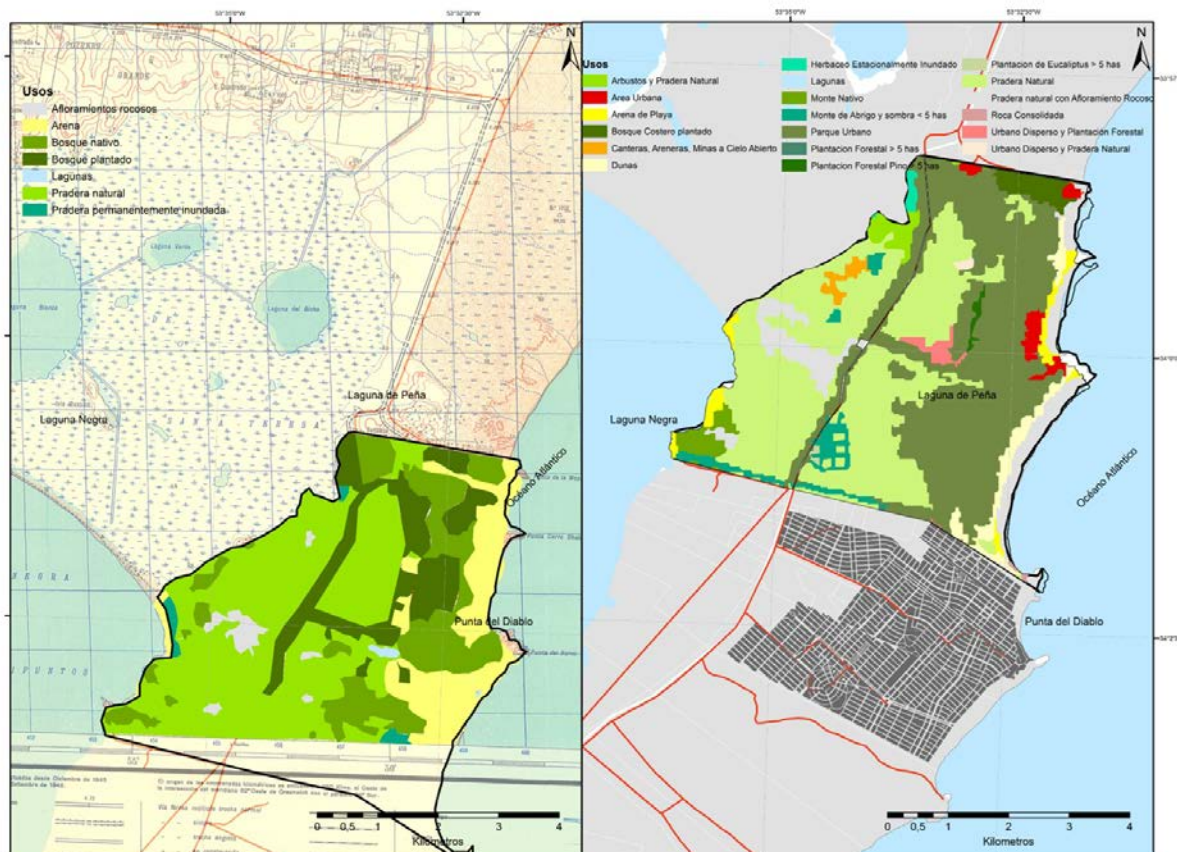


Figura 38.- Carta de cobertura – usos del suelo para la cuenca de la Laguna de Peña. Izquierda: información correspondiente a 1948. Derecha: información correspondiente a 2011.

El análisis de la cobertura de 1948 permitió identificar siete usos – coberturas para ese entonces. Dentro de los mismos, la mayor extensión corresponde a la pradera natural, con el 42,37% del área total. La segunda cobertura en importancia estuvo constituida por el bosque nativo, con 16,95%, seguida por el bosque costero plantado, con 14,15% y las arenas de playa, con 13,17%.

A partir del análisis de la cobertura de 2011, se identificaron cambios en los usos – coberturas entre ambos períodos, constituidos por la variación de coberturas existentes y la aparición de otras nuevas. Entre las coberturas identificadas para ambos períodos, se constató un significativo aumento del área forestada, la cual totalizó 14,15% en 1948 y 43,67% en 2011. Este avance de la forestación estuvo acompañado de una disminución del monte nativo, que en 1948 ocupaba el 16,95% del área y se redujo a 1,64% en 2011, retracción que también se

registró en las arenas de playa, de 13,17% en 1948 a 1,93% en 2011 y en la roca consolidada (afloramientos rocosos) que ocupaba 1,72% en 1948 y tan solo 0,08% en 2011.

En cuanto a los nuevos usos registrados, se identificaron tres tipos de coberturas relacionadas a poblaciones humanas en el área: área urbana, con 1,54% del área total, área urbana en plantación forestal, con 0,87% y área urbana en pradera natural, con 0,24%.

Discusión

Laguna del Diario

De acuerdo a las edades radiocarbónicas obtenidas, el comienzo de la secuencia sedimentaria identificada para el testigo de Laguna del Diario se ubicó en el entorno de los 4100 AC. Esto lo sitúa dentro del evento conocido como Máximo Transgresivo del Holoceno (MTH) globalmente, cuya cronología regional abarca desde el 4500 AC al 3500 AC (Angulo et al., 2006; Bracco et al., 2014; 2011; Cavalotto et al., 2004; Inda, 2011; Isla, 1989; Martin y Suguio, 1992; Tomazelli, 1990). En ese escenario, con el nivel del mar en torno a 6 metros por sobre el nivel actual, el área que actualmente ocupa la laguna y gran parte de la porción sur de la cuenca configuraban, de acuerdo a la definición de Kjerfve (1994), una Bahía: una indentación en la costa, resultante en este caso de procesos geológicos (la configuración geológica de base regional), fuertemente influenciada por las fluctuaciones del nivel del mar y de las mareas (Figura 39). Esta geología de base que dio lugar, junto al ascenso del nivel del mar durante el MTH, a la formación de la bahía con una punta rocosa (Punta del Chileno) a escasos 300 metros de la misma y Punta Ballena como cabezal de arco de playa, las cuales absorbieron la energía de las olas del mar y propiciaron la existencia de un ambiente de baja energía al interior de la bahía. Este ambiente es evidenciado por la Unidad Litológica I (arcilla) y los depósitos de fango de la Unidad Litológica II; incluso en esta segunda unidad, la laminación registrada entre los 99 cm y los 91 cm podría estar sugiriendo la influencia de procesos de marea.

La inferencia de esta configuración precedente se encuentra respaldada además por el ensamble de diatomeas, en el cual prevalecen taxones marinos y salobres, pero con presencia de taxones dulceacuícolas. Los ensambles de polen y silicofitolitos registraron una vegetación adaptada a la influencia marina en un ambiente salobre (presencia de *Chenopodiaceae* y *Poaceae*). A su vez, la evidencia fitolítica indicó un equilibrio entre gramíneas de mecanismo fotosintético C_3 y C_4 , con los índices de temperatura (IT) y humedad

(IH) denotando valores en el rango esperable para un clima cálido y húmedo. Para este período, este clima inferido es consistente con el período denominado a nivel global como *Hypsithermal*, el cual ha sido registrado en reconstrucciones climáticas regionales (Bracco et al., 2011b; del Puerto et al., 2013a; 2013b; 2011; Inda et al., 2006a; Piovano et al., 2009).

Las Unidades Litológicas III, IV y V se habrían formado bajo una fase regresiva del nivel del mar, conforme lo señalan las curvas regionales (Figura 39). Este proceso habría sido el responsable de los depósitos de baja energía (fangos) de las referidas unidades, en una transición del sistema desde la configuración anterior de bahía hacia una de laguna costera. Este cambio de configuración del sistema se torna posible precisamente debido al retroceso del nivel del mar, proceso que expone (y pone en disponibilidad) un enorme volumen de arenas que anteriormente se encontraban en medios subacuáticos (Panario y Piñeiro, 1997).

En la misma línea de razonamiento, resulta pertinente señalar que la Unidad Litológica V presentó conchas en buen estado de preservación y completitud de *Heleobia* cf. *australis*, lo cual estaría indicando un cuerpo de agua somero a resguardo del impacto directo del oleaje (Fiori y Carcedo, 2011). El ensamble de diatomeas de esta unidad registró un comportamiento similar al descrito anteriormente, pero con un mayor número de taxones dulceacuícolas, situación esperable para un escenario del mar en fase regresiva. La cobertura vegetal de la cuenca habría permanecido con una configuración muy similar a la precedente, con un incremento de *Chenopodiaceae* y *Poaceae*. Los valores tanto de temperatura (IT) como de humedad (IH) registraron una disminución de la temperatura, así como una marcada estacionalidad en las precipitaciones, escenario acorde con los modelos climáticos regionales (Bracco et al., 2011b; del Puerto et al., 2013a; 2013b; 2011; Inda et al., 2006a; Piovano et al., 2009).

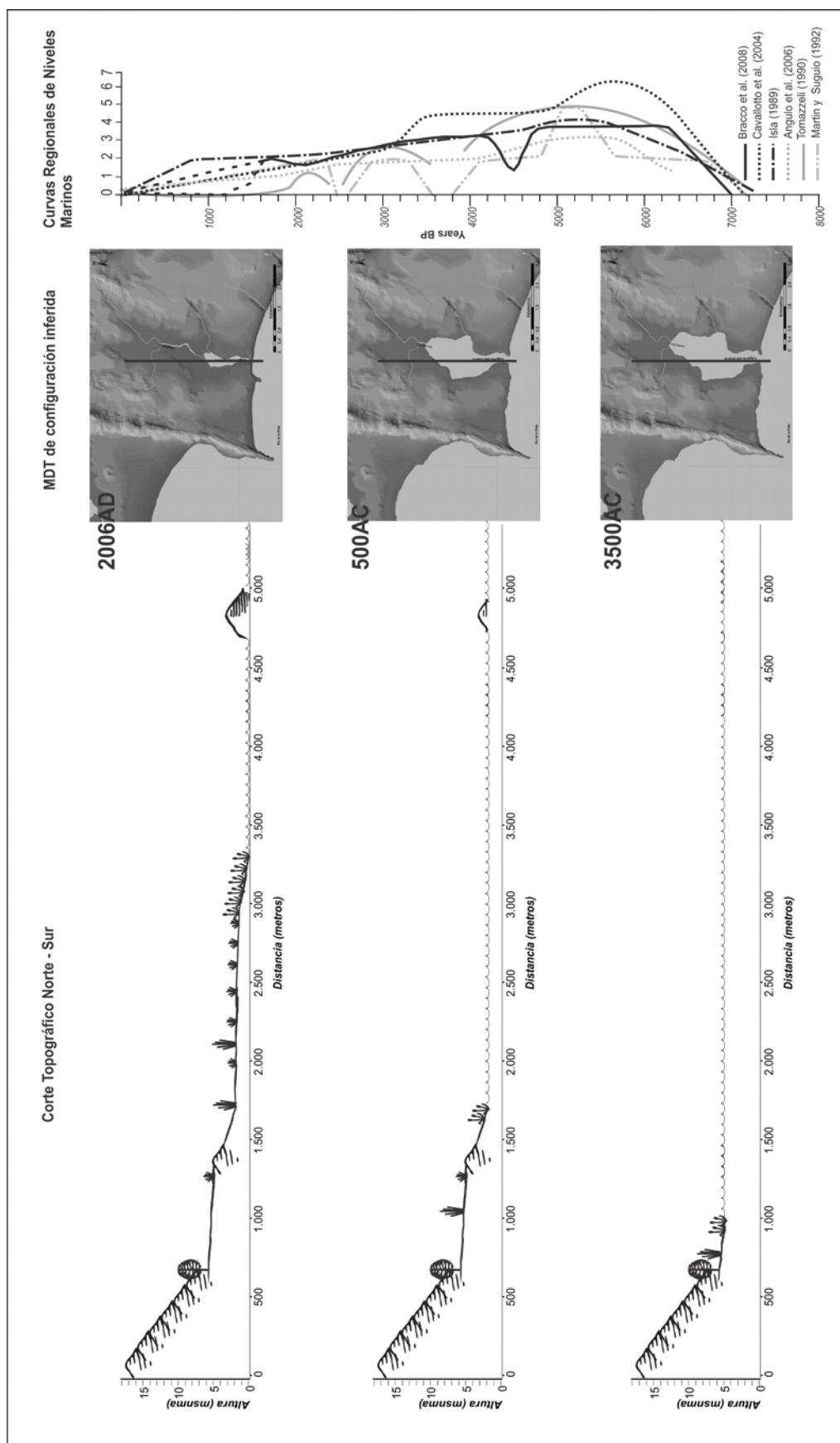


Figura 39.- Configuración inferida para Laguna del Diario desde el Máximo Transgresivo del Holoceno (MTH). Izquierda: corte topográfico Norte – Sur. Derecha: Modelo Digital del Terreno para diferentes períodos y Curvas Regionales de Niveles Marinos del Holoceno. Fuente: adapta do de Inda (2011).

Por último, es preciso señalar que la Unidad Litológica V proporcionó una edad radiocarbónica (método ^{14}C convencional, Tabla 1) casi un milenio más reciente que la edad radiocarbónica inmediatamente superior en la secuencia. La explicación a esta incongruencia en la cronología (y, por ende, en la Ley de Superposición de Estratos de Steno; Harris, 1991) radicaría en la muestra que fue sometida al análisis radiocarbónico: la datación se efectuó sobre el contenido de materia orgánica de una gran extensión de la secuencia sedimentaria (49 – 62 cm). Por lo tanto, la edad obtenida debe interpretarse como el tiempo de vida media de la materia orgánica en esa sección del testigo y/o como una eventual intrusión de material más reciente en un estrato más antiguo.

La siguiente sección de la secuencia comprendió a las Unidades Litológicas VI y VII. El análisis textural identificó un incremento en el tamaño de las partículas sedimentarias (mayor proporción de la fracción arena) para la Unidad VI, unidad que encuentra solución de continuidad en su tope con una delgada capa de *Heleobia* cf. *australis*, la cual proporcionó una edad radiocarbónica en el entorno de los 500 años AC (Tabla 1). De acuerdo a las curvas regionales de evolución de los niveles marinos para el Holoceno (Figura 39) y al ensamble de diatomeas, el mar continuó en fase regresiva, a la vez que el aumento de la fracción arena en los sedimentos permitiría inferir la formación definitiva del nuevo Sistema de Barrera (Martin y Landim, 1994; Tomazelli, 1990; Tomazelli y Villwock, 2000; Tomazelli et al., 2000; Villwock et al., 1986) que actúa como represamiento de los cauces que vierten a esta cuenca, propiciando la posterior formación de la laguna. Esta exposición de sedimentos subacuáticos para ese período ya ha sido propuesta para el litoral atlántico del Uruguay por investigaciones precedentes (Panarío y Piñeiro, 1997).

Esta porción de la secuencia testimonia, de hecho, el nacimiento de la laguna como tal, atendiendo a los criterios propuestos por Phleger (1969) y Bird (1994), con la configuración de una “laguna en cuña” (*chocked lagoon*) de acuerdo a la clasificación de Kjerfve (1994; 1986; Figura 40). Los procesos inferidos para la formación de la laguna serían igualmente responsables, acompañados de una fuerte estacionalidad en el régimen de precipitaciones

de acuerdo a la evidencia fitolítica, de los ciclos de apertura y cierre de la conexión con el mar-estuario.

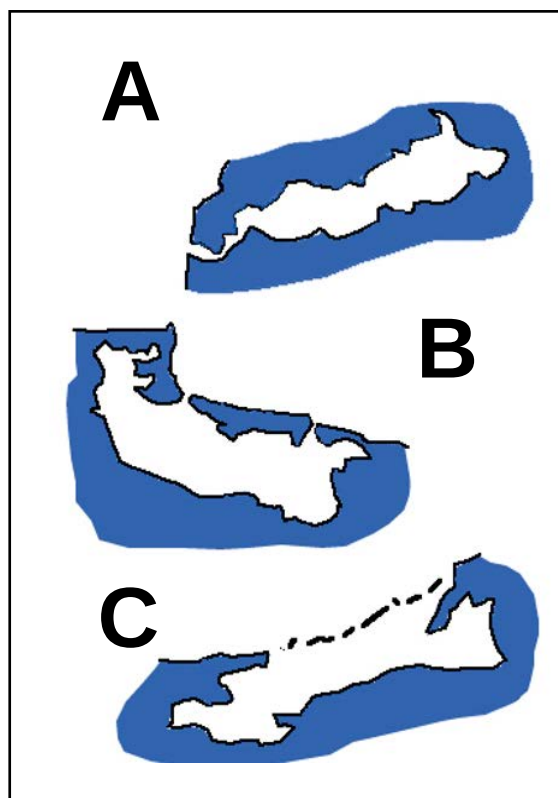


Figura 40.- Clasificación esquemática de lagunas costeras sensu Kjerfve (1994). A. Laguna en cuña; B.- Laguna restringida; C. Laguna permeable.

En cuanto a las ocupaciones humanas atañe, este período es referido como correspondiente a la expansión y consolidación de la presencia humana prehistórica en ambientes costeros para la región, una vez que la costa comienza a adquirir los rasgos geomorfológicos actuales (Inda et al., 2011). Los hallazgos arqueológicos por parte de coleccionistas en la costa de la laguna (Maeso, 1977) permiten inferir que esta área no fue la excepción al patrón general de asentamientos costeros.

Las Unidades Litológicas VIII y IX se caracterizaron por una mayor influencia del agua dulce, conforme lo señala el ensamble de diatomeas y el índice C:D. Respecto a la vegetación, se identificó un incremento de plantas flotantes y emergentes, así como de PNNPs. Las especies arbóreas exóticas se tornaron omnipresentes a lo largo de esta sección. La

evidencia fitolítica indica un aumento de la temperatura y de las precipitaciones, con una distribución más regular de estas últimas a través del año.

Más allá de la información proporcionada por todos los *proxies* biológicos, resulta pertinente señalar que esta unidad comprendió prácticamente 4000 años en 20 cm de secuencia sedimentaria. Este hecho podría deberse a la combinación de dos factores:

1.- el sitio de muestreo se ubicó en la parte más profunda de la laguna. Tomando en cuenta la descripción de Phleger (1969) de los patrones de circulación y emplazamiento de canales de las lagunas costeras (Figura 41), el sitio de muestreo resulta óptimo para un cuerpo de agua cerrado (tal como lo evidenció el registro posterior a 1955 AD), pero probablemente no sea el emplazamiento ideal para un ambiente que se conecta periódicamente con el mar a través de la apertura del *inlet*. En tal circunstancia, la parte más profunda formaría parte del canal de marea de la laguna, erosionando los depósitos cuando la barra arenosa se abre.

2.- Este escenario de existencia de hiatos milenarios en las secuencias sedimentarias para el Holoceno tardío ya ha sido reportado en otras lagunas costeras del área (Bracco et al., 2005a; 2005b; García-Rodríguez, 2002; García-Rodríguez et al., 2002a; Inda et al., 2006a). En estos escenarios, los procesos erosivos solo se detuvieron (el sistema vuelve a sedimentar en ese punto) cuando el nivel del mar alcanzó la cota actual (en torno al 100 AD) y, por lo tanto, resultaron obliterados por la dinámica de los sistemas de barrera de las lagunas (Martin y Landim, 1994).

Por otra parte, la presencia de polen de especies arbóreas exóticas (principalmente *Pinus* y *Eucalyptus*) no constituye necesariamente una referencia cronológica absoluta y confiable (primeras plantaciones realizadas por Burnett en torno a 1897 AD). Esto se debe a que la información histórica refiere al menos tres episodios en el siglo XX durante los cuales la laguna se secó completamente (Figura 19; Chebataroff, 1969), exponiendo entonces el fondo a agentes climáticos con las concomitantes consecuencias en los procesos tafonómicos. Bajo

tales circunstancias, la intrusión de componentes modernos (el polen de arbóreas exóticas en este caso) en secciones más antiguas de la secuencia es un hecho posible y esperable.

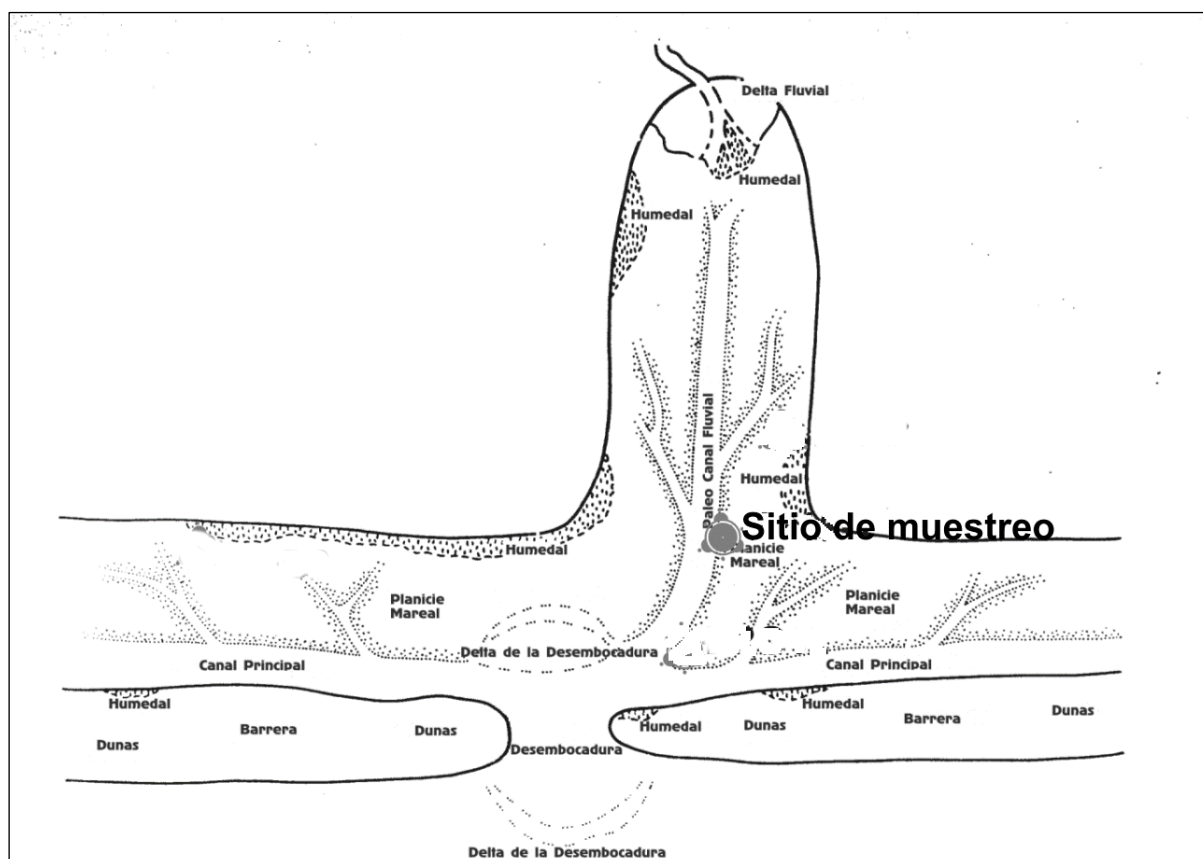


Figura 41.- Esquema de patrones de circulación y ubicación de canales de lagunas costeras de Phleger (1969) y ubicación del sitio de muestreo del testigo sedimentario de Laguna del Diario.

La sección superior de la secuencia sedimentaria se depositó posteriormente al cierre artificial del desagüe de la Laguna hacia el estuario, tal como lo testimonia el fechado radiocarbónico en la base de la unidad, que lo sitúa en 1956 AD (Tabla 1). El ensamble de diatomeas evidenció la prevalencia de condiciones dulceacuícolas, a la vez que el índice C:D indicó un ambiente de agua dulce en fase clara (García-Rodríguez, 2006). Por otra parte, se observaron indicios del comienzo de un proceso de eutrofización, lo que se explicaría por el aumento del tiempo de residencia de los nutrientes en el sistema debido al cierre del desagüe.

Los datos de polen y silicofitolitos permitieron identificar un marcado incremento de la vegetación de la familia Cyperaceae, lo que está de acuerdo con la reducción del área del espejo de agua (transformación de parte de la laguna en humedales) constatada a través del análisis diacrónico de cobertura – usos del suelo. El polen de arbóreas exóticas y el índice D:P también denotaron un incremento en esta sección, lo que estaría reflejando el establecimiento exitoso de los bosques costeros implantados desde finales del siglo XIX en el área (Figura 17). La disminución de los valores de ambos indicadores hacia el tope de la secuencia estaría indicando de la expansión urbana sobre la masa forestal a partir de la década de 1980.

Finalmente, la muestra superior de la secuencia caracterizó un ambiente totalmente diferente a los precedentes de acuerdo al ensamble de diatomeas, lo cual estaría reflejando los procesos constatados a partir del cierre del desagüe natural, con un repentino crecimiento de vegetación emergente y sumergida a partir del año 2003 en la laguna, según relatos de habitantes locales (UVPBLSD, 2007). Esta situación está testimoniada en el registro diatomológico de la muestra superficial por el repentino y significativo incremento de la epífita *Cocconeis placentula* (Gari and Carigliano, 2007).

De acuerdo a las evidencias recabadas y generadas, el área actualmente ocupada por la Laguna del Diario se transformó en una bahía o ensenada poco después de que el pico del nivel del mar durante el Máximo Transgresivo del Holoceno inundara el área, situación similar a la mayoría de los cuerpos de agua costeros del sudeste del Uruguay (Bracco et al., 2011). La disminución del nivel del mar luego del MTH expuso grandes cantidades de arena previamente en contextos subacuáticos, proceso que facilitó la formación de barreras costeras (bermas y barras arenosas) las cuales, a su vez, bloquearon el drenaje de las redes fluviales hacia el estuario/océano.

Esta configuración inferida es apoyada por varias evidencias en el área de estudio: la granulometría de la porción basal del testigo sedimentario (Figura 11); la presencia de gastrópodos del género *Heleobia*; el bajo contenido de materia orgánica. Evidencias que en conjunto indicarían un mar somero en un ambiente mareal, inferencia avalada por la presencia de taxones marinos en el registro diatomológico, así como por altos valores de *Ruppia* sp. en el registro polínico y cistos de Perinoideae. Los datos radiocarbónicos generados ubican este intervalo entre el 3500 AC y el 2000 AC, un período caracterizado – de acuerdo a los modelos climáticos regionales – por una transición de un clima templado y húmedo a un clima más frío y sub-húmedo, con marcada estacionalidad en las precipitaciones (del Puerto, 2015; del Puerto et al., 2013; Inda et al., 2006a; Piovano et al., 2009). Estas variaciones climáticas se relacionaron a su vez con oscilaciones en la salinidad del cuerpo de agua, con un pasaje de condiciones marino-salobres a condiciones salobre-dulceacuícolas, dependiendo del balance entre precipitaciones-aporte de la cuenca y el input marino en el sistema. La bahía del Holoceno medio se transformó en una albúfera o laguna costera abierta, sólo pasa a constituirse como laguna cerrada a partir del cierre antrópico del canal de marea. Durante este período tuvo lugar – de acuerdo a las inferencias cronológicas pasibles de ser realizadas a partir de marcadores temporales de los rasgos tecnológicos de la cultura material recuperada por coleccionistas – la ocupación prehistórica de la laguna. Es preciso señalar que, más allá de los hallazgos referidos de alfarería y herramientas líticas, no se detectaron otras señalan que habiliten a suponer una presencia sostenida o importante en el área. No obstante, permanece la incógnita respecto a sí esta situación respecto a la escasa representación de la presencia humana prehistórica es reflejo de la realidad del área o sí bien se debe, al menos en parte, al impacto del desarrollo urbano moderno sobre la preservación de yacimientos arqueológicos.

La sección superior del testigo sedimentario comprendió los últimos siglos de la historia de la laguna y su cuenca. La porción basal de esta sección corresponde al arribo de los colonizadores europeos, los cuales fueron responsables por la introducción de ganado y

varias especies vegetales exóticas (principalmente viñedos y frutales). Desde un momento que podría corresponder a la fundación de Maldonado en 1757 (Figura 34) se registró una disminución de la abundancia relativa de especies arbóreas nativas, situación esperable dada la necesidad de combustible vegetal y materiales de construcción de los colonos, suplida por estas leñosas.

En las postrimerías el siglo XIX, Henry Burnett y Antonio Lussich implementan la introducción de varios miles de ejemplares de arbóreas exóticas, principalmente del género *Pinus*, en la costa de Maldonado, desde la Sierra de la Ballena hasta la Barra de Maldonado (Araujo, 1900; Morey y Porcile, 1992; Villegas, 1941) como una solución para detener el avance de las dunas que amenazaban a la ciudad de Maldonado, a la vez que impedían el acceso a la costa y la explotación de las aguadas y turberas. La implantación de este bosque costero queda evidenciada en el registro por una marcada disminución en el tamaño de las partículas sedimentarias (debido a la fijación de las arenas móviles) lo cual también afectó el equilibrio entre el aporte de la cuenca y aquel del estuario.

Finalmente, la parte superior de esta sección denotó un significativo cambio en el registro, el cual puede ser explicado por el cierre del desagüe natural de la laguna al construirse el acceso panorámico hacia Punta del Este en la década de 1950. La consecuencia inmediata de esta obra es el cese de la dinámica del cuerpo de agua respecto a fluctuaciones de salinidad, transformándolo en un reservorio permanente de agua dulce, tal como lo evidencia el ensamble de diatomeas y la prevalencia de *Cyperaceae* y *Myriophyllum* en la secuencia polínica. Sin embargo, se constataron consecuencias no previstas ni deseadas poco después de concluida la obra: debido a los factores ya mencionados y a la intensificación del desarrollo urbano en la cuenca, Laguna de Diario tan solo pudo suministrar agua potable a Maldonado durante un año (entre 1967 y 1968). Los costos de purificación ascendieron e incluso la tecnología disponible en ese entonces no cumplía los requerimientos de potabilidad establecidos. Este hecho puede ser mejor comprendido al tener en cuenta que el desarrollo urbano del área carecía de sistemas de saneamiento, lo que sumado a que el cuerpo de agua

carecía ahora de desagüe natural, lo convierte en un sumidero de los nutrientes que en él se vierten, comenzando un proceso de eutrofización que dura hasta la actualidad. Otra consecuencia de este proceso de antropización de la cuenca es la reducción de la superficie del espejo de agua, el cual pasó de constituir el 10% del área de la cuenca en 1939 a tan solo el 2,62% en 2011. Concomitantemente, la tasa de sedimentación aumentó desde 0,05 mm por año a 0,40 mm por año, testimoniando un proceso de colmatación de la laguna traducido en que una parte significativa del cuerpo de agua se transformara en humedales y praderas uliginosas, proporcionando más espacio para el desarrollo urbano en el proceso.

Laguna de Clotilde

De acuerdo a las edades estimadas a partir del método $^{137}\text{Cs} - ^{210}\text{Pb}$, el comienzo de la secuencia sedimentaria del testigo de Laguna de Clotilde se retrotraería a fines del siglo XIX (comienzos de la década de 1880, Tabla 3). Esta cronología relativa sitúa el comienzo del testigo en la fase final de un período marcado por un clima más frío que el actual, con marcada estacionalidad en las precipitaciones, las cuales, además, habrían sido sensiblemente menores que las actuales (Bidegain et al., 2012; del Puerto et al., 2013; Piovano et al., 2009). Este período ha sido definido en el Hemisferio Norte como la Pequeña Edad de Hielo (Little Ice Age en el mundo angloparlante; Fagan, 2001) y la cronología de comienzo de la secuencia analizada de Laguna de Clotilde se ubicaría hacia el final del último pulso frío, denominado como mínimo de Dalton, el cual habría alcanzado su máxima expresión hacia el 1850 AD (Fagan, 2001).

El contexto climático inferido habría favorecido la re-movilización eólica de las dunas costeras por vientos dominantes del sector SO (Panario y Piñeiro, 1997), formadas a partir de los depósitos subacuáticos de playa expuestos por el descenso del nivel del mar desde el 2000 AC. El avance hacia el continente de los campos de dunas costeros habría provocado un mayor aislamiento de la Laguna de Clotilde del sistema Castillos-Valizas con el que puede vincularse su génesis y evolución holocena. Al respecto, si bien la edad estimada del testigo sedimentario no permite establecer con mayor grado de certeza la cronología del origen y posterior evolución de esta laguna, su posición topográfica y rasgos geomorfológicos circundantes permiten inferir su relación con la Laguna de Castillos, al menos a partir del Máximo Transgresivo del Holoceno (Figura 42).

En ese entonces, la Laguna de Clotilde habría formado parte del macro sistema Castillos-Valizas, configurado como una bahía. El posterior descenso del nivel del mar y la movilización eólica de los sedimentos subacuáticos, expuestos durante el retiro de la línea de costa, habría aislado a Laguna de Clotilde del cuerpo mayor de la Laguna de Castillos, pero con una conexión sujeta a la planicie mareal en la que luego se entallaría el arroyo Valizas. Los

vestigios de esta evolución son actualmente perceptibles con una franja de humedal que desagua en dirección oeste (Figura 30).

En cuanto a las ocupaciones humanas, como ya se mencionó al discutir la presencia del hombre en el área de Laguna del Diario, esta se consolida a partir del Máximo Transgresivo del Holoceno medio, cuando el descenso del nivel del mar comienza una paulatina estabilización de paisajes y geoformas (Bracco et al., 2011; Inda et al. 2011). Más allá de estas consideraciones generales, el área de estudio en la que se enmarca Laguna de Clotilde y zonas adyacentes (Laguna de Castillos, planicie del Valizas y Cabo Polonio) permiten vislumbrar ciertos rasgos de las ocupaciones humanas que trascienden la adaptación a la dinámica ambiental y permiten discernir ciertos aspectos relacionados a la estrategia de subsistencia de los habitantes prehistóricos.

Se identificó una ocupación asociada a rasgos permanentes del paisaje costero, los cuales perduraron más allá de la dinámica eustática y geomorfológica holocena. Este es el caso de los sitios en Cabo Polonio, una península rocosa que durante el Máximo Transgresivo del Holoceno constituyó una suerte de península en el contexto de la Laguna de Castillos funcionando como una bahía. En este rasgo permanente del paisaje, la ocupación humana exhibió redundancia espacial y cierta continuidad cronológica (Tabla 4). Esta ocupación solo se vio interrumpida cuando el descenso del nivel del mar hacia el 2000 AC expuso sedimentos subacuáticos que configuraron extensos campos de dunas, los cuales habrían, en su movimiento de SO a NE, sepultado este afloramiento rocoso por un período relativamente prolongado. Esta inferencia está avalada por el registro estratigráfico de las excavaciones desarrolladas en esta localidad (López et al., 2009) en las cuales se identificó la ocupación humana sobre paleosuelos arenosos hacia el 2800 AC subyacente a un depósito masivo de arenas eólicas sin vestigios culturales.

El otro tipo de ocupación está estrechamente vinculado a espacios altamente dinámicos, como las costas de la Laguna de Castillos (sitios de Cráneo Marcado y Guardia del Monte; Tabla 4) y la planicie por la que transcurre el arroyo Valizas (Figura 42). En ambos casos,

las ocupaciones humanas aprovecharon espacios próximos a la costa de la laguna, expuestos por el descenso del nivel del mar. La posición topográfica y cronología de los yacimientos indican que los sitios de Guardia del Monte y Cráneo Marcado fueron ocupados después del Máximo Transgresivo del Holoceno, en planicies con depósitos de material biogénico. Guardia del Monte brindó una cronología entorno al 2600 AC y Cráneo Marcado entorno al 1000 AC. Las evidencias disponibles (relación de la estratigrafía natural con los vestigios culturales) sugieren que estos espacios fueron ocupados casi inmediatamente que devinieron disponibles, lo que habilita suponer que la costa de la laguna fue un espacio particularmente ponderado en términos de estrategia de subsistencia. Por otra parte, las ocupaciones humanas en la planicie del Valizas son posteriores a las de la costa lagunar. Este hecho es concordante con el esquema de evolución ambiental inferido (Figura 42) en el cual el cauce del Valizas se entalla en una fecha posterior al 1000 AC, habiendo funcionado antes como una planicie mareal. Esta planicie predominantemente subacuática podría haber sido utilizada por los grupos humanos del área, pero la consolidación de asentamientos en estos ambientes solo fue posible una vez que tal espacio dejó de ser subacuático.

Las inferencias respecto al contexto climático y ambiental para el comienzo de la secuencia sedimentaria de Laguna de Clotilde encuentran su respaldo en un registro que deviene disponible en los últimos siglos del Holoceno tardío: las fuentes documentales. Al respecto, las crónicas regionales refieren un período de escasas de precipitaciones (Deschamps et al. 2003) y los testimonios locales describen un significativo avance de los campos de dunas hacia el continente (Araujo, 1900; Flügel, 2009; Olivera, 2013; Seijo, 1945).

Para el comienzo de la secuencia sedimentaria, la Unidad litológica I (Figura 22) registró un elevado contenido de materia orgánica (72,2%). Este guarismo podría estar evidenciando el decaimiento *in situ* de vegetación hidrófita y acuática, mientras que las escasas precipitaciones y el aislamiento del sistema por el avance de dunas habrían impedido la removilización de esta biomasa. Estas inferencias encuentran su aval en los registros de

silicofitolitos, diatomeas y polen, los cuales señalan una alta representación de ciperáceas, macrófitas y algas (Figuras 23, 24 y 25).

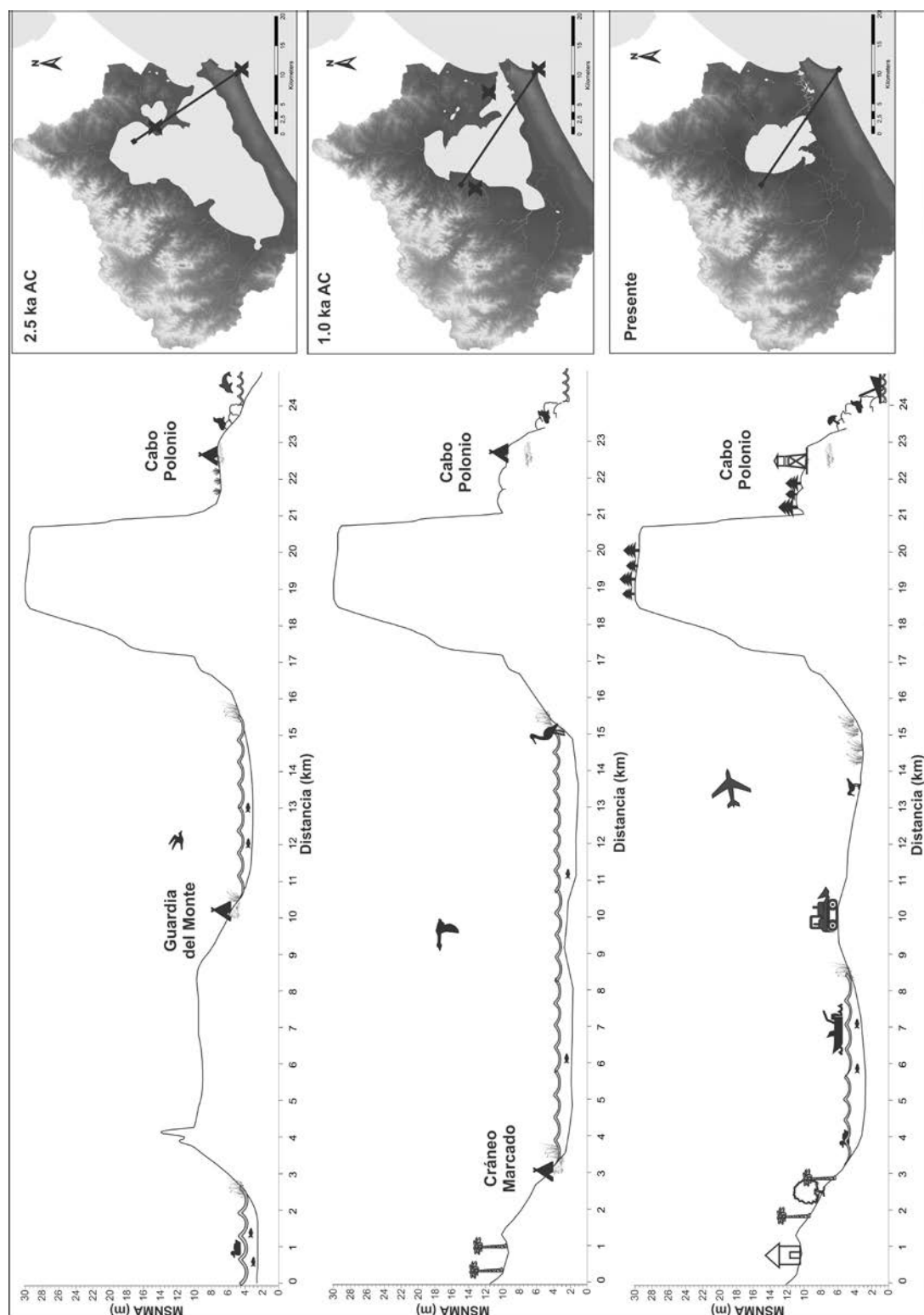


Figura 42.- Esquema de la evolución desde el Holoceno medio de la cuenca de Laguna de Castillos y ubicación de los sitios arqueológicos (señalados con una "X" en el modelo digital del terreno). Izquierda: corte topográfico; derecha: modelo digital del terreno con la configuración inferida.

La unidad suprayacente (Unidad litológica II) da cuenta de un aumento de precipitaciones y temperatura, con un régimen climático similar al actual. El marcado descenso de la materia orgánica estaría indicando la reactivación de la conexión del sistema Laguna de Clotilde con la planicie por la que transcurre el arroyo Valizas, a través de un emisario de escaso caudal. El aumento de la vegetación arbórea nativa en el registro polínico (Figura 25) así como un aumento general de las poáceas en el registro fitolítico (Figura 23) indicarían la expansión de formaciones vegetales en el área de estudio facilitada por el mejoramiento climático referido. Hacia el tope de esta unidad se registró un incremento de polen atribuible a arbóreas exóticas del género *Pinus*. La edad relativa estimada para este sector del testigo, ubicada en el comienzo de la década de 1940, es coincidente con los datos disponibles respecto a la introducción del género en el área (Morey y Porcile, 1992).

La sección más reciente del testigo de Laguna de Clotilde es la que exhibió los cambios más significativos en el registro. El área de estudio experimentó una gran alteración de la cobertura vegetal, materializada a través de la introducción ya referida de *Pinus* a partir de la década de 1940 y del género *Eucalyptus* a partir de la década de 1960 (Morey y Porcile, 1992). Este cambio en la cobertura del suelo fue registrado por los indicadores vegetales (silicofitolitos y polen). La extensión de esta cobertura vegetal de arbóreas exóticas queda testimoniada a partir del análisis diacrónico de coberturas/usos del suelo (Figura 30). Esta forestación masiva del *aftershore* atlántico en el área de estudio permitirá consolidar los asentamientos de Aguas Dulces y Valizas, los cuales si bien ya son referidos en la primera mitad del siglo XX (Figura 26) no constituyeron hasta fines de la década de 1960 poblados permanentes de cierta entidad (Tabla 9).

Si bien la población con residencia permanente en ambas localidades es baja (417 personas en Aguas Dulces y 330 en Valizas según Censo de 2011), el desarrollo de las mismas como destinos turísticos de sol y playa supone un aumento de la residencia estival que no ha sido cuantificado exhaustivamente. Esta presión demográfica estacional implica además el necesario desarrollo de la logística de vías de comunicación, servicios en infraestructura,

aspectos no siempre considerados desde el marco de la sostenibilidad de bienes y servicios ecosistémicos. En este sentido, estos poblados, al igual que la mayoría de la localidades costeras del Uruguay, están experimentando un desarrollo de la urbanización en sentido paralelo a la línea de costa (Gadino, 2011) con la consecuente expansión de fenómenos asociados a este tipo de cambio de cobertura y uso del suelo: impermeabilización de superficies y aumento de escorrentía superficial, vertido de efluentes a cursos o a napas por infiltración sub-superficial, ulterior introducción de nuevas especies exóticas con criterios estéticos, entre otros.

Tabla 9.- Datos censales de población de las localidades de Aguas Dulces y Valizas desde 1963 hasta 2011. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (<http://www.ine.gub.uy/web/guest/tablas-localidades>).

AGUAS DULCES		
CENSO	POBLACION	
	1963	74
	1975	120
	1985	145
	1996	247
	2004	409
	2011	417

VALIZAS		
CENSO	POBLACION	
	1963	22
	1975	53
	1985	113
	1996	254
	2004	356
	2011	330

En cuanto al entorno inmediato de Laguna de Clotilde, el área está configurada por predios con cobertura de las mencionadas arbóreas exóticas en la zona más cercana al espejo de agua, mientras que hacia el oeste se extiende una cobertura herbácea y hacia el este el bosque costero implantado en la década de 1940 (Figura 30). Este predominio de la cobertura arbórea en el sistema habría sido responsable de la fragmentación de la cobertura herbácea

estacionalmente inundada (Scasso, 2002) a través de la cual Laguna de Clotilde mantiene desde el Holoceno medio una conexión con el sistema Castillos-Valizas y con el mar. Este asilamiento del cuerpo de agua difiere de los referidos precedentemente en cuanto implicó el desarrollo de un bosque con características muy diferentes al bosque nativo. Los efectos de este tipo de forestaciones sobre sistemas lacustres costeros ya han sido señalados por García-Rodríguez (2002) para la Laguna Blanca en el departamento de Maldonado. Según este autor, la forestación habría desencadenado un proceso de acidificación del espejo de agua a través del aporte de las acículas de *Pinus*, a la vez que el *input* constante de este tipo de materia orgánica al sistema habría propiciado la ulterior eutrofización de la laguna. Esta situación se habría visto acentuada por el efecto protector del viento de esta vegetación arbórea, lo que habría permitido la expansión de vegetación acuática sumergida y emergente, promoviendo una mayor acumulación de materia orgánica.

En el caso de Laguna de Clotilde, si bien la salud del ecosistema ha sido evaluada como buena de acuerdo a diversos indicadores (Kruk et al., 2006) es probable que una conjunción de factores haya contribuido a este hecho: por una parte, la forestación con exóticas se consolidó en esta zona del departamento de Rocha casi medio siglo después que en el caso referido para el departamento de Maldonado (Morey y Porcile, 1992). Por otra parte, este sistema posee una superficie y una profundidad mayores que podrían estar amortiguando los aportes y por lo tanto difiriendo en el tiempo la aparición de señales de advenimiento de un proceso de eutrofización. Se debe señalar que el aislamiento del sistema también implica un mayor tiempo de residencia de los nutrientes en el mismo, a la vez que podría estar generando un proceso de colmatación debido a la ausencia de un mecanismo de transporte de los mismos, así como de sedimentos y otro material particulado fuera del sistema.

Por último, otro factor a tener en cuenta es que esta Laguna no registra ninguno de los usos que generalmente se refieren como no compatibles con la calidad del agua y del sistema en general: no es fuente de agua bruta para potabilización ni para riego, no cuenta con desarrollos urbanos en su entorno inmediato y en su restringida área de aporte no cuenta con

desarrollo de agricultura intensiva. Sin embargo, esta falta de actividades potencialmente perjudiciales para la salud de este sistema puede constituir también un factor de riesgo para la gestión de esta laguna, los sistemas que han recibido mayor atención y pronta respuesta cuando su estado cambia negativamente son aquellos que soportan alguno o una conjunción de los usos arriba mencionados (Steffen e Inda, 2010).

Laguna de Peña

De acuerdo a las edades radiocarbónicas obtenidas para el testigo de Laguna de Peña (Tabla 5), el comienzo de la secuencia sedimentaria coincide con el establecimiento global de condiciones más frías y secas que el período precedente. Este período, denominado en el hemisferio Norte “Pequeña Edad de Hielo” (Little Ice Age en el mundo angloparlante) se extendió desde la mitad del siglo XIV AD hasta las postrimerías del siglo XIX AD (Fagan, 2001). En la región, la expresión de este período se refleja en temperaturas medias menores a las actuales y menores precipitaciones anuales, las cuales, además, habrían sido marcadamente estacionales (Bidegain et al., 2012; del Puerto et al., 2013).

En cuanto a la génesis y evolución holocena de Laguna de Peña, investigaciones multi *proxies* biológicos complementarias a esta contribución, realizadas sobre dos testigos sedimentarios (LP1 y LP2) permiten inferir los principales rasgos de este proceso (del Puerto et al., 2013). En este sentido, resulta pertinente señalar que esta laguna no se habría originado, como la vasta mayoría de las lagunas costeras del Río de la Plata y Océano Atlántico del Uruguay, debido al aumento del nivel del mar durante el Máximo Transgresivo del Holoceno. Para ese entonces, la laguna no habría existido como un cuerpo de agua léntico, sino que habría configurado un curso lótico que drenaba directamente hacia el Atlántico (Figura 43).

De acuerdo a las evidencias disponibles respecto a su génesis, Laguna de Peña se habría originado poco después del 2000 AC, cuando el descenso del nivel del mar expuso estos sedimentos, los cuales, movilizados por vientos del cuadrante SO (Panario y Piñeiro, 1997), configuraron un campo de dunas costero en el *aftershore* atlántico y paulatinamente dieron forma a bermas y cordones de playa, configurando un ambiente de cara de playa. Estos movimientos de arenas ocluyeron el desagüe del curso hacia el océano, dando lugar a la formación de la Laguna de Peña en una posición elevada del paisaje costero, en una ollada interdunar del campo de dunas desarrollado sobre la litología de base regional de la formación La Angostura (Figura 37).

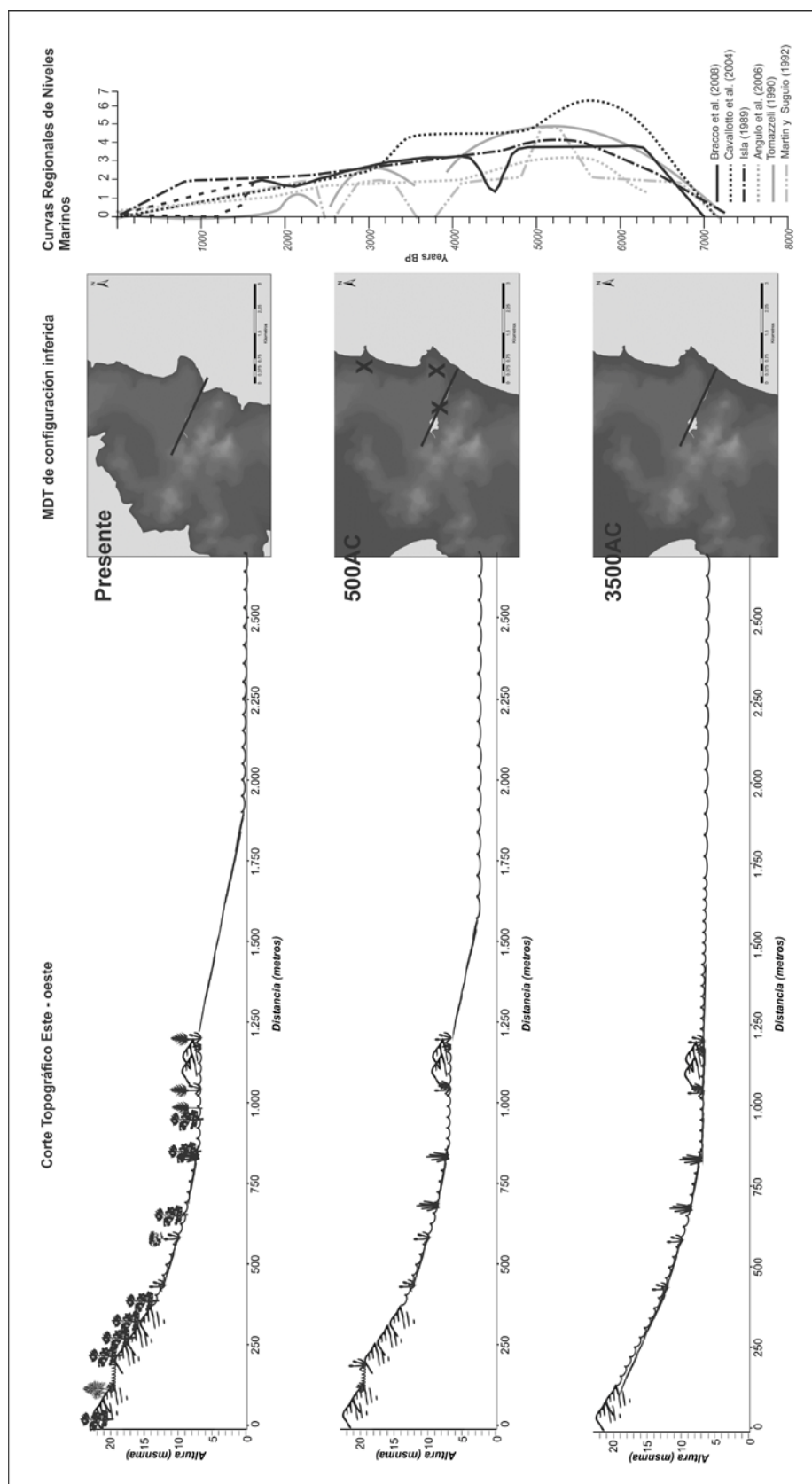


Figura 43.- Esquema de la evolución desde el Holoceno medio de la Laguna de Peña y ubicación de los sitios arqueológicos (señalados con una "X" en el modelo digital del terreno). Izquierda: corte topográfico; derecha: modelo digital del terreno con la configuración inferida.

La secuencia sedimentaria analizada por del Puerto y colaboradores tiene su comienzo en una cronología (en torno al 800 AC). Para ese entonces, las curvas regionales de evolución del nivel del mar (Figura 43) señalan un pulso transgresivo menor o un enlentecimiento en la tendencia regresiva desde el Máximo Transgresivo del Holoceno (Angulo et al., 2006; Bracco et al., 2014; 2011a). De acuerdo a las evidencias generadas a partir del testigo LP2, ese período se habría caracterizado por un clima más húmedo y cálido que el actual, situación que habría favorecido el desarrollo de vegetación arbórea en el entorno inmediato de Laguna de Peña y su emisario. Esta inferencia se encuentra respaldada por el registro fitolítico del testigo sedimentario, donde se evidencia una mayor contribución de las dicotiledóneas arbóreas en el índice D:P para ese período (del Puerto et al., 2013).

Respecto a las ocupaciones humanas en el área de estudio de Laguna de Peña, investigaciones arqueológicas llevadas a cabo recientemente identificaron yacimientos arqueológicos con una cronología en el entorno del 500 AC en un estrato arenoso sobre la punta de la Moza, en el Parque Nacional de Santa Teresa (Tabla 7; Gascue et al., en prensa). También se recuperaron vestigios culturales superficiales en la Punta del Barco y en contextos subsuperficiales en el tributario de la laguna (Figura 43).

De acuerdo a las evidencias disponibles, es posible inferir que las ocupaciones humanas prehistóricas en el área de estudio se enmarcan en el patrón de asentamientos constatado para Laguna del Diario y Laguna de Clotilde: asentamientos en rasgos permanentes del paisaje (como es el caso de los puntos duras de la costa como Punta de la Moza y Punta del Barco) y otros vinculados a rasgos más dinámicos (tributario de la Laguna de Peña) que devinieron atractores debido a su configuración ambiental (presencia de agua dulce y vegetación arbórea/arbustiva como concentradores de recursos).

El testigo analizado en esta contribución (LP1) cuenta con cronologías radiocarbónicas (Tabla 5) que ubican el comienzo de la secuencia sedimentaria en el entorno del 1400 AD. Esta edad para la base del testigo lo ubica en el comienzo del período climático conocido como Pequeña Edad de Hielo (Little Ice Age en el mundo angloparlante) en el hemisferio Norte (Fagan, 2001).

Las evidencias aportadas por los silicofitolitos señalaron menores temperaturas y humedad que en la actualidad (clima más frío y menores precipitaciones con mayor estacionalidad en las mismas) a la vez que se registró un escaso desarrollo de la vegetación arbórea en esta parte del testigo (Figura 32). Las diatomeas y crisofitas registraron una prevalencia de diatomeas del grupo *Aulacoseira*, con la laguna en estado eutrófico, hecho atribuible a un cuerpo de agua que posiblemente haya perdido temporalmente su capacidad de desagüe a través del emisario debido a las escasas precipitaciones y al movimiento de las dunas en el área. Estas inferencias están avaladas por la presencia de restos vegetales y el elevado contenido de materia orgánica de la unidad estratigráfica I (Figura 31) que indican el decaimiento *in situ* de vegetación emergente en un medio confinado.

La unidad II se enmarca cronológicamente en el mismo período climático. Se identificó un mayor aporte de la fracción arena en esta porción del testigo, lo que reflejaría la prevalencia del movimiento de dunas en el área. El resto de los indicadores señalaron condiciones similares a las inferidas para la unidad I.

Respecto a los indicadores de temperatura y humedad (índices a partir de células cortas de gramíneas; Figura 32) es pertinente señalar que, dentro del período de menores temperaturas y precipitaciones, se registraron oscilaciones que permitieron inferir mejoras temporales (aumento de temperatura y humedad) para períodos acotados. Al comparar estas oscilaciones con el esquema de evolución de temperatura desde el 1200 AD para el hemisferio Norte (Mann et al., 2009) existe un alto grado de correlación entre la expresión general de la Pequeña Edad de Hielo en dicho hemisferio y las condiciones inferidas para el período en la región (del Puerto et al., 2013; Deschamps et al., 2003; Piovano et al., 2009; Politis, 1984; Zárate, 1991).

En este contexto climático es que tuvieron lugar los primeros asentamientos europeos en el área con la construcción de la Fortaleza de Santa Teresa a partir de 1762 (Figura 34; Arredondo, 1958; 1951; Olivero, 2010).

En la unidad estratigráfica III se registró un incremento en el contenido de materia orgánica y en la contribución de las dicotiledóneas arbóreas al índice D:P (Figuras 32 y 33). Si bien no se obtuvieron cronologías absolutas para esta unidad, es posible que este cambio en el registro, así como el dominio de *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* y el aumento de las crisofitas (Figura 34) sean atribuibles a las modificaciones introducidas en el área en general desde fines del siglo XIX y en el Parque Nacional de Santa Teresa a partir de la década de 1920.

Al respecto, desde la década de 1880 el área fue objeto de diversas modificaciones antrópicas de paisajes y ambientes, entre las que se destacan el comienzo de las obras de desecación de humedales por parte de Andreoni (Figuras 34 y 35; Rubio, 2009), la fundación de la Colonia Agrícola Santa Teresa y el Pueblo Gervasio en 1883 (Figura 34; Flügel, 2009), las obras de restauración de la Fortaleza de Santa Teresa desde 1923 (Figuras 34 y 36; Arredondo, 1956; Olivero, 2010) y la creación del Parque Nacional de Santa Teresa en 1939 (Olivero, 2010).

La unidad estratigráfica IV es atribuible, de acuerdo a la edad radiocarbónica obtenida (Tabla 5) a una época reciente. Los indicadores analizados dan cuenta de condiciones climáticas actuales, así como de un marcado incremento de las dicotiledóneas arbóreas (Figura 32). El registro diatomológico, por su parte, refiere al sistema Laguna de Peña como eutrófico (Figura 33).

El análisis diacrónico de cobertura/usos del suelo entre 1948 y 2011 (Tabla 6, Figura 38) permitió identificar la aparición de un conjunto de usos en 2011 no presentes en 1948. Entre estos se destacan las áreas urbanas y el bosque costero de exóticas, cubriendo este último casi el 41% de la superficie del área de estudio. Por otra parte, otras coberturas denotaron un significativo retroceso, como es el caso del bosque nativo, que pasó de casi 17% en 1948 a tan solo 1,64% en 2011.

El área de estudio de Laguna de Peña, que comprende los límites del Parque Nacional de Santa Teresa, experimentó y experimenta algunas de las más grandes transformaciones

antrópicas de ambientes costeros. La desecación de humedales desde fines del siglo XIX en los bañados de la Laguna Negra constituyó una suerte de proyecto piloto que luego se desarrollaría en una vasta zona de las tierras bajas del Este. La creación de la Colonia Agrícola de Santa Teresa, si bien no prosperó en el tiempo, dio lugar a encontrar en los ambientes costeros una severa constricción al desarrollo productivo, lo que impulsó la transformación de estos “arenales improductivos” en espacios “aprovechables” a través de la introducción masiva de arbóreas exóticas (Morey y Porcile, 1992).

Por otra parte, la obra de Arredondo en el Parque Nacional de Santa Teresa antropizó el paisaje costero con criterios paisajísticos, pero, más allá del desarrollo del turismo de sol y playa que fomentó dicha empresa, el resto de los impactos fueron tan negativos como el resto de las intervenciones antrópicas sobre los ambientes de la región. La consolidación y expansión continua de áreas urbanas, como es el caso de Punta del Diablo, cuyo desarrollo de la trama urbana ya se encuentra forzando los límites del Parque Nacional de Santa Teresa, suponen nuevas demandas de bienes y servicios con los concomitantes impactos a los ya impactados ambientes del área.

Por último, es pertinente señalar que la Laguna de Peña enfrenta actualmente un nuevo problema. En la costa de este cuerpo de agua el Servicio de Parques del Ejército (SEPAE) instaló una Usina Potabilizadora de Agua (UPA) para afrontar la demanda de agua potable de los visitantes del parque en temporada estival. Los lodos residuales del proceso de potabilización son vertidos directamente a la laguna, la cual ha experimentado recientemente un crecimiento desmedido de vegetación emergente y flotante. Si bien el registro analizado no da cuenta de este hecho debido a que es posterior a la fecha de muestreo, el proceso desencadenado ya está poniendo en riesgo algunos de los servicios críticos por los cuales la laguna es ponderada.

Síntesis y Discusión General

El análisis de la información generada a partir de varios *proxies* (análisis texturales, contenido de materia orgánica, carbonatos, silicofitolitos, diatomeas, crisofitas, polen) conjugado con la revisión de investigaciones previas, permitió identificar algunos de los principales rasgos de la génesis y evolución holocena de los sistemas estudiados, así como las principales consecuencias del impacto humano en las áreas de estudio en general y en los cuerpos de agua en particular.

Por otra parte, la revisión y sistematización de fuentes históricas y de investigaciones arqueológicas desarrolladas en las áreas de estudio, posibilitó determinar tanto la cronología como las principales características del proceso de ocupación y transformación humana de estos ambientes en diferentes grados de impacto. Esta información fue además complementada por el análisis diacrónico de la cobertura/usos del suelo, lo que permitió identificar los principales cambios producidos por la presencia humana y la tendencia de expansión o retracción de diferentes coberturas y usos para los períodos en los que se obtuvo este tipo de información. En la Tabla 10 se presenta una síntesis de los principales hitos de la presencia humana en los sistemas estudiados y sus principales impactos, desde la prehistoria hasta los tiempos actuales.

Más allá de las particularidades en la génesis y evolución de cada sistema, a partir de la información generada se identificaron ciertos aspectos comunes a la presencia humana en estos ambientes costeros. En primer lugar, se registró una ocupación humana desde al menos la transición entre Holoceno medio y tardío. La misma exhibió redundancia espacial y continuidad cronológica en aquellos rasgos del paisaje que estuvieron menos sujetos a la dinámica eustática y geomorfológica costera. En esta categoría se ubican las puntas rocosas del litoral atlántico (Cabo Polonio, Punta de La Moza). En segundo lugar, se ubican ocupaciones más efímeras, en puntos del paisaje más dinámicos, como es el caso de las ocupaciones en las costas de las lagunas, en el *aftershore*, en olladas interdunares y en emisarios de lagunas y planicies mareales.

Tabla 10.- Principales usos e impactos de la presencia humana para el período y las áreas de estudio.

Sistema	Cronología	Usos/Impacto
Laguna del Diario	Pre y Protohistoria	Ocupación esporádica de la costa lagunar Caza, pesca, recolección
	Período Colonial	Tala de monte nativo Introducción de ganado (bovino, equino, ovino y suino) Introducción de arbóreas exóticas (frutales, vides) Introducción de cultivos exóticos (trigo, cebada)
	Período Moderno	Forestación masiva con especies exóticas (<i>Eucalyptus</i> , <i>Pinus</i>) Desarrollo y expansión de la urbanización Modificación del desagüe natural de la Laguna
Laguna de Clotilde	Pre y Protohistoria	Ocupación reiterada en puntos duros de la costa atlántica y lagunar Caza, pesca, recolección Inhumaciones humanas
	Período Colonial	Introducción de ganado bovino
	Período Moderno	Forestación masiva con especies exóticas (<i>Eucalyptus</i> , <i>Pinus</i>) Desarrollo y expansión de la urbanización
Laguna de Peña	Pre y Protohistoria	Ocupación reiterada en puntos duros de la costa atlántica y esporádica del <i>aftershore</i> Caza, pesca, recolección
	Período Colonial	Introducción de ganado bovino Construcción de la Fortaleza de Santa Teresa
	Período Moderno	Desecación de humedales Introducción de ganado bovino Fundación de Colonia Agrícola Santa Teresa Desarrollo y expansión de la urbanización Creación del Parque Nacional Santa Teresa Desarrollo del Turismo

No obstante, debe señalarse que los vestigios culturales recuperados denotan que aun las ocupaciones en los rasgos permanentes del paisaje fueron de corta duración, más allá de la redundancia espacial de las mismas. Estas fueron interpretadas en contextos regionales

similares como el producto de la explotación estacional de determinados recursos costeros (particularmente moluscos y peces; Inda et al., 2006b; López, 1995b; López y Gascue, 2007; López e Iriarte, 2000; 1995; López et al., 2009; 1997; Mañosa, 1995). Esta recurrencia temporal (la ocupación estacional reiterada a lo largo de varios años) y redundancia espacial (el asentamiento en lugares específicos de ambientes y paisajes) sugiere además la existencia de un ciclo mayor de gestión de recursos por medio de la caza, pesca y recolección que abarca territorios de tierra adentro en complementariedad con los ambientes costeros y lacustres a lo largo de las estaciones. Esta estrategia es consistente con una subsistencia basada en la movilidad residencial estacional, acompañando la disponibilidad diferencial de recursos en el territorio a lo largo del ciclo (Binford, 1978; López e Iriarte, 2000; 1995).

Es importante señalar que la propia configuración social y estrategia de subsistencia de los grupos prehistóricos (tamaño reducido y alta movilidad) permite inferir un impacto reducido sobre los ambientes costeros, en tanto las consecuencias de actividades extractivas (caza, pesca, recolección) serían rápidamente obliteradas por mecanismos de sucesión ecológica y/o por procesos geomorfológicos inherentes a la dinámica de la costa (Armesto et al., 2010).

El segundo momento de las ocupaciones humanas en los ambientes costeros corresponde al arribo y consolidación de la presencia europea en el área (Arredondo, 1958). Antes de detallar actividades e impactos de este período y poblaciones humanas, es pertinente resaltar algunas características de este nuevo grupo social que pauta su relación con el ambiente.

Estos “recién llegados” arriban desde una Europa que ha sido severamente golpeada por las sequías y los inviernos extremos que imperaron durante la Pequeña Edad del Hielo, eventos que provocaron el fracaso recurrente de cultivos y la mortandad del ganado, generando hambrunas y epidemias a través del continente (Behringer, 1999; Fagan, 2001). A este contexto ya de por sí desfavorable, debe agregarse el hecho de la imposibilidad de recurrir a los ambientes naturales para la subsistencia, en tanto los mismos se encontraban

severamente impactados por siglos de intensa depredación a través de la tala y caza intensivas, sumadas a la desecación de humedales y a la canalización de cursos como impronta de esta incipiente modernidad (Gudynas, 2005). Esta situación implicó llevar al sistema total, a la interacción entre hombre y ambiente, a un estado de crisis más allá de la capacidad de resiliencia. La perturbación introducida por la convergencia de factores climáticos con la extracción de recursos del medio natural no pudo ser compensada por la producción de recursos (silvicultura y cultivos de cereales) en el mismo espacio de interacción. La solución a esta crisis implicó la expansión hacia nuevos territorios, con lo que se amplió la escala geográfica del impacto, esta expansión se verificó en Europa primero y constituyó uno de los motores de la expansión hacia África, Asia y América.

Es con este bagaje cultural que se implantan en el área las primeras avanzadas europeas. No resulta extraño entonces que, poco después de la fundación de Montevideo y Maldonado, los respectivos Cabildos ya registran las primeras quejas de pobladores de estas jurisdicciones referidas a la tala excesiva del bosque nativo (Gautreau, 2006). Esta situación en particular es ilustrativa no solo de la capacidad extractiva de estas nuevas poblaciones, sino además de su relacionamiento con el entorno y su concepción de la naturaleza, por lo que es particularmente relevante el desarrollo del proceso de gestión del bosque nativo durante la colonia:

El recurso madera era imprescindible en aquel entonces, constituía el combustible para calefacción y cocción de alimentos, el material de construcción de estructuras de defensa (por ejemplo, la primera construcción de la Fortaleza de Santa Teresa se realizó con una empalizada de madera, extraída de la Sierra de San Miguel; Olivero, 2010) y, además, alimentaba los hornos de cal y ladrillo que proveían el material de construcción de las incipientes urbes de la región.

Los bosques de las colonias eran, de acuerdo a la legislación vigente, de dominio público, por lo que todo ciudadano tenía derecho a extraer el recurso con la única salvedad de dejar en pie el tronco principal incluyendo la primera bifurcación del mismo (horqueta y pendón).

Ante las reiteradas quejas de depredación del recurso, se resolvió, por medio de un Bando de Buen Gobierno (la versión colonial de un Código de Buenas Prácticas), que los terratenientes rurales podrían ostentar el derecho de acceso exclusivo de uso del recurso bosque siempre y cuando lo “mejoraran”. Esta mejora se verificaba a través de la introducción de especies arbóreas exóticas (principalmente frutales y álamos) en el bosque ripario (Gautreau, 2006). Como se desprende de esta medida de gestión del recurso bosque, la solución desarrollada no constituyó una herramienta que aportara a un uso racional del bosque, a la vez que estableció, como mecanismo legal de privatización de un bien público, la introducción de especies exóticas. Este hecho sentará las bases para ulteriores transformaciones de los paisajes de la región, profundamente enraizada en una visión de lo natural como fuente infinita de recursos y espacio salvaje a civilizar por medio de la introducción de especies “conocidas” y adecuadas a las necesidades de esa sociedad (Gudynas, 2005). Al igual que sucediera en Europa, los bosques de estos nuevos territorios fueron talados en una escala hasta entonces no conocida, mucho más allá de la capacidad de regeneración de estas formaciones, recurriendo a la expansión hacia nuevas áreas boscosas cuando el recurso se agotaba localmente.

Más allá de estos aspectos relativos al impacto de la extracción de recursos naturales, la producción de insumos de subsistencia y de mercado se basó en la introducción del ganado bovino en la región. La disponibilidad de extensas áreas de praderas propició la reproducción de estos herbívoros de gran porte, lo cual implicó la paulatina transformación de la configuración original de las praderas nativas en estructura y composición (Altesor et al., 2005), un hecho no siempre considerado dentro de los impactos antrópicos a los sistemas naturales de la región.

En este contexto, los ambientes costeros del sudeste del Uruguay fueron espacios relativamente marginales, la sociedad colonial gestionó estos espacios desde una lógica de estrategia bélica de control de vías de comunicación (terrestres y acuáticas) y límites políticos (Bauza, 1929), pero la extensión de los “arenales improductivos” y de “bañados, de tierras

inundadas, que son la causa fundamental del estancamiento y la falta de progreso en lo económico y en lo social que acusa esta zona.” (Buzzetti, 1948) fue responsable en gran medida de una menor huella antrópica en el área.

El tercer momento de la presencia humana en el área corresponde al período del Uruguay independiente. Este período estuvo signado, desde su inicio, por la continuidad de la concepción colonial europea de relacionamiento con el entorno, fenómeno al que contribuyeron dos factores convergentes e inter-relacionados:

En primer lugar, los grandes objetivos de la colonia no estuvieron presentes en el actual territorio del Uruguay. La ausencia de yacimientos de metales preciosos ubicó a la Banda Norte (primera concepción del territorio del Uruguay desarrollada desde Buenos Aires, posteriormente denominada Banda Oriental) en la marginalidad del sistema productivo/extractivo colonial. El contexto climático imperante tampoco favoreció el desarrollo de los cultivos tropicales que constituyeron la base de la producción, como la caña de azúcar y el algodón.

En segundo lugar, y en relación con lo anterior, la escasa necesidad de mano de obra para ingenios mineros o agrícolas supuso que el componente indígena, y con éste su forma de relacionamiento con el entorno natural, fuera tempranamente diezmado y totalmente aculturado, incorporándolo a la sociedad rural para tareas relacionadas a la producción extensiva de ganado y/o a tareas domésticas.

Esta convergencia de factores fortaleció y profundizó la forma europea de relacionamiento con el ambiente y, como estrategia de diferenciación del Uruguay, dentro del contexto regional caracterizado por la noción comtiana de “progreso” como crecimiento económico y modernización sin pausa, se alude a la pureza de raza europea en lo social (Bauzá, 1929). Sin embargo, esta auto-adscripción europeizadora en lo social, encuentra obstáculos ambientales para el crecimiento económico y modernización continuos, por lo que

prontamente la atención (y la acción) se desplazará a la modificación de paisajes y ambientes otrora marginales. Los ambientes costeros dejarán de ser “improductivos” y “causa fundamental de la falta de progreso”, llegaba el Antropoceno, de la mano de Comte y su “progreso por fin”.

Desde la segunda mitad del siglo XIX, se sucedieron en la costa sudeste del Uruguay varias iniciativas extractivas y civilizadoras de ambientes naturales, las cuales transformarán el entorno significativamente (Gudynas, 2005), en una dirección, escala e intensidad no registrada en la historia evolutiva natural de los sistemas estudiados. A modo de ejemplo, se identificaron y explotaron turberas costeras durante más de dos décadas en la playa Mansa de la costa de Maldonado, ingenio que incluso contó con un ferrocarril propio del tipo Decauville (Seijo, 1945) y propició la forestación de la zona para impedir que las arenas costeras obstaculizaran la extracción y traslado del material combustible. La visión progresista concibió a los espacios costeros como entornos necesariamente transformables, con el fin de otorgarles algún tipo de uso, en una visión rudimentaria y tosca de Servicios Ecosistémicos, orientados a satisfacer necesidades humanas mucho más allá de la mera supervivencia.

Es así que esta sociedad progresista, sin aborígenes que sacar de su “indolente barbarie” - en Argentina, por ejemplo, el gobierno de Julio Roca se encontraba abocado, a instancias de la Sociedad Rural Argentina, a la “Campaña del Desierto”, que trasladó las fronteras del territorio argentino desde el Sur de la Provincia de Buenos Aires hasta el Chubut, lo que diezmó y aculturó a varias parcialidades indígenas en el proceso de conquista de nuevos territorios para la ganadería (Navarro, 1999) - se dedicó de lleno a hacer progresar al ambiente, se tornaba imprescindible una costa europea, que armonizara con el pretendido origen social.

A impulsos de empresarios privados y con la connivencia y apoyo explícito del Estado, a partir de la década de 1880 se implementaron iniciativas de forestación masiva de la costa sudeste (Villegas, 1941), convirtiendo campos de dunas móviles y el *aftershore* en general de los

departamentos de Maldonado primero y Rocha después en extensos bosques de *Pinus* y *Eucalyptus*, cuyo impacto en los ambientes costeros dejó una señal inequívoca en los sistemas analizados.

En forma simultánea a las iniciativas de silvicultura de exóticas, se desarrollaron planes para la construcción de un puerto de aguas profundas en La Coronilla (Rubio, 2009), como una forma de estimular el progreso de la región Este. Para facilitar el acceso a la zona y en el proceso “recuperar territorios” improductivos, el Ingeniero Andreoni desarrolló un plan para desecar los bañados del Este, con una extensión estimada en 350000 hectáreas (Buzzetti, 1948). De este emprendimiento, que solo drenó los bañados en torno a la Laguna Negra a través del Canal N° 1, quedaría instalada la certeza del “triunfo” sobre un ambiente desfavorable. No es de extrañar entonces, que casi un siglo después, en 1980, el gobierno de turno retomara las obras de desecación y las ampliara a vastas regiones del departamento de Rocha, en un impacto ambiental sin precedentes por lo extenso y súbito del mismo.

A partir de la obra de Andreoni en Rocha y de las iniciativas forestales de Burmeister, Piria y Lussich en Maldonado, los ambientes costeros, en pocas décadas, se transformaron, de espacios altamente dinámicos y marginales respecto al impacto antrópico, en objeto de iniciativas de desarrollo de poblados permanentes, favorecidos por el turismo incipiente de sol y playa. Adicionalmente, la Ley N° 10723 de Centros Poblados de abril de 1946, les otorgó a los gobiernos departamentales la discrecionalidad absoluta respecto a la transformación de suelos rurales con destino directo o indirecto de centros poblados.

Menos de un año después de promulgada la ley, comenzó la construcción del acceso a Punta del Este que, además del impacto general de una vía de tránsito que fijó los médanos, cerró permanentemente el desagüe de la Laguna del Diario hacia el estuario del Plata. Simultáneamente, la costa de Rocha experimentó la forestación masiva con *Pinus* y *Eucalyptus* (Morey y Porcile, 1992), fijando los campos de dunas del entorno de Laguna de Clotilde y fragmentando humedales costeros. En el área de Laguna de Peña, el recién creado Parque Nacional de Santa Teresa (1939), experimentó la introducción de varias especies

arbóreas exóticas, las cuales formaban parte del diseño “civilizador” de toda la costa uruguaya de Arredondo (Real de Azúa, 1953), al igual que su anhelada reconstrucción de la Fortaleza de Santa Teresa y Fuerte de San Miguel (Olivero, 2010).

A partir de estas transformaciones físicas y legales, los ambientes costeros, dominados por médanos, campos de dunas y humedales asociados a lagunas costeras y tributarios del Plata y el Atlántico hasta las postrimerías del siglo XIX, se convirtieron en el espacio de desarrollo y expansión de áreas urbanas. A comienzos de la década de 1960, ya se registraban unidades censales (lo que implica la existencia de áreas urbanas amanzanadas) en playa la Mansa (unidad censal Pinares – Las Delicias), San Rafael, Manantiales y Garzón en Maldonado; y Aguas Dulces, Barra de Valizas, Puente Valizas y Cabo Polonio en Rocha (www.ine.gub.uy). Esta rápida expansión urbana propiciada por la forestación, por la desecación de humedales y por la construcción de infraestructura vial, implicó la impermeabilización de suelos (los cuales, además, estaban constituidos por un sustrato arenoso altamente permeable) y el vertido de efluentes domésticos a cursos y espejos de agua.

Pocas décadas después de instaladas estas transformaciones, la convergencia de los impactos, traducidos en cambios en la cobertura y usos de suelo, impacta a los ecosistemas costeros severamente, poniendo en riesgo a los usos y servicios ecosistémicos que habían constituido la base de este desarrollo. En el área de Laguna del Diario, las transformaciones redundaron en la dulcificación y eutrofización del cuerpo de agua (Inda, 2011), proceso este último que ya resulta evidente en Laguna de Peña, pese a que el proceso de transformación antrópica es varias décadas más reciente. En Laguna de Clotilde, aun no se han constatado señales de deterioro tan claras como en los otros sistemas analizados (Kruk et al., 2006), pero parte de las condiciones ya están presentes – la forestación con exóticas - y los humedales asociados a este cuerpo de agua han experimentado tanto retracción como fragmentación de su superficie (Scasso, 2002). El resto de las condiciones se desarrollan en esta área sin pausa, los poblados de Valizas y Aguas Dulces experimentan una constante

expansión, solo el tiempo y la efectividad de los planes de ordenamiento territorial dictarán el destino de este sistema.

Por último, a partir de la información generada y sistematizada es posible afirmar que el impacto sobre los sistemas analizados guarda un estrecho vínculo con la presión de uso impuesta sobre los mismos. En primer lugar, a más de medio milenio del arribo de los primeros europeos a la región, poco parece haber cambiado respecto a la concepción y, por ende, a la forma de relacionamiento del humano con su entorno. Hasta ahora, el deterioro ambiental de los sistemas costeros solo es percibido como tal cuando se restringe o cesa algún tipo de uso o servicio ecosistémico particularmente ponderado por la sociedad humana de su entorno. A modo de ejemplo, el sistema costero que está recibiendo más atención es la cuenca de la Laguna del Sauce, y esa atención gira en torno al suministro de agua potable en primer lugar (Steffen e Inda, 2010).

Por otra parte, las políticas ambientales nacionales y departamentales tampoco encuentran la vía para dejar la noción de progreso continuo que se instauró a partir de la segunda mitad del siglo XIX. En forma simultánea a la Ley N° 18308 de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de junio del 2008, el Estado y las Intendencias acogen y estimulan el desarrollo de iniciativas como el puerto de aguas profundas en Rocha (como también lo hizo el gobierno de turno a fines del siglo XIX) o la urbanización de la faja costera con criterios puramente inmobiliarios (Gadino, 2011). A esta discordancia entre el espíritu progresista y la letra sostenible (Gudynas, 2010) se le suman otras dos: la discordancia entre la legislación de carácter nacional (la Ley) y los instrumentos legales locales (Planes Especiales, Ordenanzas Departamentales) y la discordancia entre la promulgación de la normativa y su implementación efectiva, monitoreo y control de su cumplimiento.

Aun en el caso, poco probable, de encontrar una manera efectiva de subsanar estas discordancias, la interacción entre humanos y ambientes deberá sortear a futuro otras grandes constricciones si se pretende gestionar a los ambientes costeros desde un marco de sustentabilidad: en primer lugar, la normativa y su implementación deberán trascender

necesariamente los tiempos políticos (los períodos constitucionalmente previstos para el ejercicio de una administración) y comprender los tiempos ecosistémicos, que en todos los casos involucran procesos de larga data. En segundo lugar, aun contemplando los tiempos y mecanismos de los ciclos ambientales, es posible que al menos parte de los ambientes costeros ya hayan sido impactados mucho más allá de su capacidad de resiliencia. En tales casos, estos sistemas ya no podrán ser restaurados a condiciones pre Antropoceno, por lo que el desafío consta en lograr un equilibrio entre usos pretendidos y salud ecosistémica en ambientes con una configuración y una trayectoria no conocidas en su historia evolutiva.

Conclusiones

A partir de la información generada en la presente contribución, es posible afirmar que se cumple con el enunciado de la primera hipótesis:

- La interacción humano – ambiental desde la prehistoria en el área costera del Sudeste del Uruguay implicó diferentes grados e intensidad de impacto sobre los ambientes.

Se identificaron claramente tres momentos diferentes en la interacción humano – ambiental, los cuales se corresponden con diferentes intervalos espacio - temporales.

En primer término, se encuentra la ocupación humana de ambientes costeros desde el Holoceno medio hasta el contacto con los colonizadores europeos. Este período estuvo caracterizado por asentamientos de carácter no permanente, vinculados a la oferta ambiental estacional de recursos tanto de los ambientes marinos, como fluviales, lacustres y terrestres (Bracco et al., 2010; Inda et al., 2006; López, 1995b; 1994). Lo medular de esta modalidad de relacionamiento de los grupos humanos con el ambiente radica en la movilidad residencial y la baja densidad de población, factores que, combinados, redundan en un bajo grado e intensidad de impacto sobre los ambientes. En este sentido, como ya se mencionó previamente, esta estrategia de desplazar el *locus* poblacional a los *hot spots* de recursos a lo largo de un ciclo de ofertas estacionales implica además que los recursos y ambientes aprovechados tienen un tiempo de “recuperación” antes de un nuevo evento extractivo. Este hecho, sumado a la baja densidad de población, habría permitido que los mecanismos de resiliencia de los ambientes y de sucesión ecológica en general fueran capaces de obliterar los eventuales impactos producidos (Armesto et al., 2010). Por último, resulta pertinente señalar que esta estrategia es, además, exitosa en términos adaptativos, en tanto la escasez de un recurso debida a diversos factores (climáticos, ambientales) puede ser rápidamente subsanada a través de la modificación del lugar de residencia (Lee, 1997).

El segundo momento se corresponde cronológicamente con el período colonial. Como se señaló a través de los ejemplos desarrollados en el apartado de Discusión, se constató un cambio significativo en el relacionamiento con el ambiente. Adicionalmente, la estrategia de las poblaciones de origen europea se basa en ocupaciones permanentes, por lo que la única forma de satisfacer los requerimientos de subsistencia radica en agotar los recursos del entorno primero, para luego ampliar el rango geográfico de las actividades extractivas y/o producir bienes en el entorno de los poblados. Si bien se ha referido la tala excesiva del monte ripario como uno de los impactos más conspicuos de este período, su identificación en el registro paleolimnológico (a través de la abundancia relativa de polen atribuible a especies arbóreas nativas y/o el índice D:P de los silicofitolitos) no resulta tan evidente. Este hecho se debe probablemente a que este impacto converge con un período climático desfavorable – la Pequeña Edad de Hielo – para el cual es esperable la retracción de las formaciones arbóreas. A su vez, el cambio en estructura y composición de las praderas nativas debido a la introducción del ganado, de acuerdo a la evidencia disponible (Altesor et al., 2005), señala una mayor representación de gramíneas con mecanismo fotosintético C₄. Sin embargo, debido al clima imperante, es poco probable que se visualice este cambio debido al ganado, en tanto el período desfavorable es propicio para el dominio de especies con mecanismo fotosintético C₃ (del Puerto, 2015; 2011; del Puerto et al., 2013a; Twiss, 1992). Más allá de la dificultad de discernir los impactos antrópicos de este período respecto a la variabilidad natural inherente al período, a partir del análisis de fuentes documentales históricas sí es posible constatar su impacto bajo la forma de un modo diferente de concebir y, por ende, de gestionar ambientes y recursos (Gautreau, 2006).

El tercer momento, en términos de grado e intensidad de impacto sobre los ambientes, se corresponde con el período moderno, particularmente a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Al legado de la forma de interacción humano-ambiental de la colonia se le agrega la visión progresista que imperó en la región desde fines del siglo XIX, provocando extensas y severas transformaciones de paisajes y ambientes (Gudynas, 2005). Como se expuso *in*

extenso en la discusión y se evidencia a partir de las líneas de tiempo de los principales hitos de impacto para cada sistema analizado, el grado e intensidad de impacto de este período es severo y encuentra su co-relato en el registro paleolimnológico. La evidencia de los *proxies* considerados identificó las causas materiales (introducción masiva de especies exóticas, identificada en el registro palinológico y fitolítico) y las consecuencias (dulcificación y eutrofización, procesos identificados en el registro diatomológico, en el índice C:D y en el aumento de nutrientes; así como el impacto de la modificación de drenajes naturales, identificada a partir de los análisis texturales).

El enunciado de la segunda hipótesis de esta contribución también fue verificado a partir de la información generada:

- Solo a partir del establecimiento de la sociedad moderna (desde el Siglo XIX), el impacto sobre los ambientes estudiados es discernible por sobre la variabilidad natural holocena en los sistemas estudiados, lo que constituye el marcador del comienzo del Antropoceno para la región.

Como se expuso a lo largo de los resultados de este trabajo, la presencia humana en los ambientes analizados se retrotrae al menos al Holoceno medio. Sin embargo, a partir de las evidencias disponibles, ni el período pre-histórico ni el período colonial exhibieron, en el registro paleolimnológico, señales claras que se distingan de la variabilidad natural intrínseca a los sistemas. Sin embargo, es pertinente señalar que esta no detección de impacto obedece a factores de índole diferente: en el caso del período temprano, la estrategia de subsistencia y la baja densidad de población explicarían la “naturalidad” del registro. En el caso del período colonial, es la convergencia de una población humana reciente (por ende, con una densidad relativamente baja) con un período climático que en cierta forma enmascaró las señales de un eventual impacto temprano.

A partir de los *proxies* y fuentes utilizados en esta contribución, se identificó a la última década del siglo XIX como el período en el que se desencadenaron los procesos de origen antrópico que impactan sobre los sistemas analizados y los desvían de su trayectoria natural. Estos procesos se traducen primordialmente en la fijación de dunas y el *aftershore* por medio de la forestación con exóticas, la desecación y fragmentación de humedales, la modificación de drenajes naturales y la expansión de las áreas urbanas. Sin embargo, estos procesos no son sincrónicos en los sistemas estudiados, la cuenca de Laguna de Diario experimentó más tempranamente estos impactos, mientras que en Laguna de Clotilde y Laguna de Peña solo se han verificado algunos de estos procesos, aunque el resto son incipientes y hasta esperables en el corto plazo. Dada esta asincronía, y teniendo en cuenta que cada sistema exhibe una respuesta que es determinada además por su configuración biofísica particular, las consecuencias de los impactos referidos son también diferentes en escala e intensidad.

Por lo expuesto, en la misma línea de razonamiento de Crutzen y Stoermer (2000), a partir del presente trabajo se identificó al comienzo del proceso de antropización de ambientes costeros, iniciado en la década de 1890, como el punto de partida del Antropoceno para los sistemas analizados.

Respecto a la tercera hipótesis, es posible determinar que se verificó la misma:

- Existen indicadores indirectos (*proxies* biológicos) en el registro paleolimnológico de las modificaciones humanas y es posible determinar, a partir de éstos, la cronología de los procesos, su trayectoria y consecuencias.

Dentro del conjunto de indicadores indirectos utilizados en este trabajo, el registro polínico y el registro fitolítico, como queda evidenciado en los resultados de los sistemas analizados, resultaron indicadores confiables de las modificaciones humanas, particularmente de aquellas que se encuentran en la génesis del proceso de antropización. Además, la

cronología de estos impactos pudo ser fehacientemente establecida a partir de la sistematización de fuentes históricas (Morey y Porcile, 1992; Villegas, 1941) y/o a través de estimaciones de edades absolutas (edades radiocarbónicas) o relativas (método de ^{210}Pb – ^{137}Cs). Por otra parte, la trayectoria y consecuencias de estos procesos pudo ser desentrañada a partir de otros indicadores, entre los que se destaca el registro diatomológico como indicador de cambios en estado trófico y salinidad y los análisis texturales para identificar modificaciones en el régimen hídrico de los sistemas.

A modo de conclusión, es pertinente señalar que esta contribución logró identificar las causas ideológicas y la materialización de un proceso de antropización del paisaje de larga data, pero que solo se distingue de la variabilidad natural de los sistemas analizados a partir de la última década del siglo XIX. La trayectoria de los sistemas una vez impactados, desencadenó procesos de eutrofización, un hecho ya constatado en varios sistemas costeros, particularmente en relación a las modificaciones identificadas en las áreas analizadas (García-Rodríguez, 2002; Inda, 2011), dulcificación y colmatación. Estas consecuencias interfieren severamente con los usos/servicios previstos y provistos por los cuerpos de agua, particularmente con el suministro de agua potable y usos recreativos. No obstante, el abordaje respecto a estos procesos se ha basado en el *aftermath*, es decir, en la implementación de acciones a partir de hechos constatados, los cuales son la expresión final de un proceso extenso, paulatino y acumulativo.

Por último, señalar un aspecto medular de los impactos constatados, de particular relevancia para los científicos del pasado, quienes basan en la postdicción de procesos ya acontecidos o en marcha la predicción de trayectorias futuras. En todos los sistemas analizados, resultó evidente, a partir de los análisis de zonación (agrupamiento) de muestras de los diversos indicadores, que el período reciente (la muestra superficial) representa un estado nuevo, generalmente sin análogo en la historia natural de estos sistemas. Esta constatación podría,

a futuro, interferir con el necesario abordaje de “análogo moderno” para inferir un proceso o estado pretérito, en tanto el estado actual no encuentra un co-relato natural.

Perspectivas

Como en todo trabajo que pretenda constituir una contribución a la mejor comprensión de fenómenos y procesos con un enfoque científico, son muchas más las interrogantes que las certezas, con la excepción de la certeza absoluta de todo lo que aún se ignora y aguarda a ser develado. Sin embargo, es posible establecer algunas líneas pasibles de futuro desarrollo, de modo que en el corto plazo se amplíe el conocimiento y éste alimente la toma de decisiones informadas, ambientalmente responsables y socialmente equitativas:

En primer lugar, se logró extraer información histórica de usos/coberturas del suelo a partir de fuentes cartográficas detalladas de períodos pretéritos. Existe una rica base de datos de, por ejemplo, cartas de mensura del período colonial, que son pasibles de procesamiento e incorporación a Sistemas de Información Geográfica para ampliar los períodos de comparación de evolución de vegetación, cultivos, etc.

En segundo lugar, este trabajo introdujo dataciones radiocarbónicas para períodos post 1945 AD. Esta técnica, de disponibilidad reciente, permite generar edades de estimación numérica de alta resolución que pueden constituir un insumo relevante para estudiar procesos de corta duración (décadas) acaecidos luego de la mencionada fecha. Además, científicos locales están comenzando a desarrollar la datación por luminiscencia (TLD-OSL) y ^{210}Pb – ^{137}Cs . Es esperable que en el corto plazo sea posible recurrir al uso de estas técnicas con una reducción significativa de costos, tiempos de procesamiento y la ventaja imponderable de la interacción fluida con el personal técnico responsable.

En tercer lugar, este trabajo se centró en la identificación de los procesos y cronología del Antropoceno para ambientes costeros de la región sudeste. La cronología identificada para el área no es necesariamente extrapolable a otras regiones, por lo que serán necesarios abordajes locales que den cuenta de la cronología y otras características del proceso de antropización para comprender el Antropoceno en una escala geográfica más amplia. En cuanto a la cronología del Antropoceno, es posible que incluso a pocas decenas de kilómetros

del área de estudio exista un Paleoantropoceno, un impacto humano antiguo que desvió al sistema de su trayectoria natural y del cual no hay memoria cultural, pero sí huella ecológica. En este sentido, investigaciones multidisciplinarias ya en marcha y otras en gestación darán cuenta de estas interacciones tempranas y sus consecuencias.

Por último, si bien se ha señalado que el modelo de interacción humano-ambiental actual es esencialmente el mismo que a fines del siglo XIX, existen señales alentadoras de ciertos cambios. Al respecto, los organismos e instituciones del aparato gubernamental están incorporando conceptos, técnicos y acciones que lenta, pero sostenidamente, internalizan a la sostenibilidad como eje de acción. En forma simultánea, las áreas protegidas, otrora espacios de exclusión de actividades antrópicas como paradigma de la conservación de “lo natural”, las cuales excluían en primer lugar los usos de subsistencia de pobladores locales, están incorporando a los mismos en esquemas participativos de ensayo de uso sustentable de recursos y ambientes. Adicionalmente, se está trascendiendo la visión uni-sectorial y compartimentada de gestión de ambientes y abordaje de problemas, como bien lo ejemplifican el Comité de Cuenca de Laguna del Sauce y del Santa Lucía. Estos espacios de construcción colectiva de toma de decisiones se basan en áreas con sentido ambiental (las cuencas) y suponen un gran adelanto respecto a la gestión previa, basada en límites político-administrativos. En este contexto, la recién creada Licenciatura en Gestión Ambiental es una clara señal desde la academia para trascender la visión progresista de aumento continuo de producción hacia un manejo sustentable de los ambientes en un marco de co-adaptación de sociedades y ambientes a los escenarios futuros.

“well, this earth is a graveyard,

it will shallow our bones.

It was here long before us,

It will be here when we're gone.”

John Mellemcamp, Another sunny day 12/25

Referencias Bibliográficas

Alexandre, A., Meunier, J.D., Lézine, A.M., Vicens, A., Schwartz, D., 1997. Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 136:213-229.

Alonso, E. 1994. Monte psamófilo espinoso. Una imagen de lo que fue la costa uruguaya. In : *Bañados del Este*, 2:12. Probidis, Rocha, Uruguay.

Altesor, A., Oesterheld, M., Leoni, E., Lezama, F., Rdríguez, C. 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecol.* 179:83-91

Anderson, D., Maasch, K., Sandweiss, D., Mayewski, P. 2007. Climate and culture change: exploring Holocene transitions. In: Anderson, D.G., K.A. Maasch y D.H. Sandweiss (Eds.) *Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective on Mid-Holocene Transitions*. Elsevier, pp1-23.

Angulo, R.J., Lessa, G.C., de Souza, M.C. 2006. A critical review of mid-to late Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews* 25:486-506.

Angulo, R.J., de Souza, M.C., Reimer, P., Sasaoka, S.K., 2005. Reservoir effect of the southern and southeastern Brazilian coast. *Radiocarbon* 47, 1-7.

Appleby, P. 2001. Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: W. M. Last & J. P. Smol (eds.), 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 1: Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda: 171-203.

Appleby, P.G., Oldfield, F. 1978. The calculation of Lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported ^{210}Pb to the sediment. *Catena* 5: 1-8.

Araujo, O. 1900. *Diccionario Geográfico del Uruguay*. Dornaleche y Reyes.

Arechavaleta, J. 1892. Viaje a San Luis. In: *El Uruguay en la Exposición Histórico-Americana de Madrid. De los Trabajos Realizados por la Comisión Nacional encargada de organizar los elementos de concurrencia*. Montevideo: 65-120.

Armesto, J., Manuschevich, D., Mora, A., Smith-Ramirez, C., Rozzi, R., Abarzúa, A., Marquet, P. 2010. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years *Land Use Policy*, 27: 148–160.

Arredondo, H. 1958. Viajeros visitantes del Uruguay. *Revista de la Sociedad de Amigos de la Arqueología*. XV:11-313.

Arredondo, H. 1956. Santa Teresa y San Miguel. La restauración de las fortalezas. La formación de sus parques. (De mis memorias). *Revista Sociedad Amigos de la Arqueología*. XIV:5-304.

Arredondo, H. 1951. *Civilización del Uruguay. Aspectos arqueológicos y sociológicos*. Tomo I. Instituto Histórico y Geográfico del Uruguay. Montevideo.

Arredondo, H. 1929. Maldonado y sus fortificaciones. *Revista de la Sociedad de Amigos de la Arqueología*. III: 298-498

Aston, M. 1985. *Interpreting the Landscape. Landscape Archaeology and Local History*. Routledge. Londres y Nueva York. 169pp.

Baeza, J., Bosch, A., Femenías, J., Moreno, M., Pinto, M., De Pinto, S. 1973. Informe sobre la zona costera atlántica de Cabo Polonio-Balizas (1ª parte). *Actas del II Congreso Nacional de Arqueología*, sin paginar.

Baeza, J., Bosch, A., Femenías, J., Moreno, M., Pinto, M., De Pinto, S. 1974. Informe sobre la zona costera atlántica de Cabo Polonio-Balizas (2ª parte). *Actas del III Congreso Nacional de Arqueología*, sin paginar.

Balée, W., Erikson, C. (Eds.), 2006. *Time and Complexity in Historical Ecology: Studies in the Neotropical Lowlands*. Columbia University Press, New York.

Banco de Historia Locales de Maldonado. <http://www.bhl.org.uy>. Acceso marzo de 2016.

Bar-Yosef, O. 2015. Facing climatic hazards: Paleolithic foragers and Neolithic farmers. *Quaternary International*. In Press: 1-9.

Barrán, J.P., Nahum, B. 1972. *Historia Rural del Uruguay Moderno*. Compendio del tomo I. 1851-1885. Montevideo, Ediciones de la Banda Oriental: 209 p.

Barrán, J.P., Nahum, B. 1971. *Historia Rural del Uruguay Moderno*. Tomo II. 1886-1894. Montevideo, Ediciones de la Banda Oriental: 680 p.

Barrán, J.P., Nahum, B. 1967. *Historia Rural del Uruguay Moderno*. Apéndice documental al tomo I. 1851-1885. Montevideo, Ediciones de la Banda Oriental: 355 p.

Bauzá, F. 1929. *Historia de la Dominación Española en el Uruguay*. Tomos Primero y Segundo. Talleres Gráficos "El Demócrata", Montevideo.

Beach, T., Luzzadder-Beach, S., Cook, D., Dunning, N., Kennett, D., Krause, S., Terry, R., Trein, D., Valdez, F. 2015. Ancient Maya impacts on the Earth's surface: An Early Anthropocene analog? *Quaternary Science Reviews*, 124: 1-30.

Behringer, W. 1999. Climatic change and witch-hunting. The impact of the Little Ice Age on mentalities. *Climatic Change*, 43:335-351.

Bennett, K., Willis, K. 2001. Pollen. In: J. P. Smol, H. J. B. Birks & W. M. Last (eds.), 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda: 5-32.

Bidegain, M., Crisci, C., del Puerto, L., Inda, H., Mazzeo, N., Taks, J., Terra, R. 2012. Clima de Cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Variabilidad climática de importancia para el sector productivo. In: N. Mazzeo y H. Inda (comps.) *Resultado del TCP URU 3302, Volumen I*, MGAP, Montevideo.

Binford, L. 1983. *In Pursuit of the Past*. Thames & Hudson. Londres – Nueva York.

Binford, L. 1978. *Nunamiut Ethnoarchaeology*. Academic Press. New York. 260pp.

Bird, E. 1994. Physical setting and geomorphology of coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (Editor), *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, 60:9-40.

Birks, H. 2001. Plant macrofossils. In: J. P. Smol, H. J. B. Birks & W. M. Last (eds.), 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda: 49-74.

Blanco, A. 2003. *Evaluación estratégica ambiental y desarrollo metodológico destinado a la gestión sostenible de la fuente de agua potable. Caso de estudio: Cuenca del A° Solís Chico como fuente alternativa para el abastecimiento de agua potable*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.

Blasi, A., Castiñeira, C., del Puerto, L., Inda, H., Bracco, R., García-Rodríguez, F. 2005. Sedimentación Holocena en Los Bañados de Santa Teresa y el Registro Arqueológico, Planicie Costera del Departamento de Rocha, Uruguay. In: Cabaleri N., Cingolani, C.A., Linares, E., López de

Luchi, M.G., Ostera, H.A. y Panarello, H.O. (eds.). *Actas del XV Congreso Geológico Argentino* CD-ROM. Artículo 486, 8 pp.

Bozarth, S.R., 1992. Classification of opal phytoliths formed in selected dicotyledons native to the Great Plains. In: Rapp Jr., G., Mulholland, S.C. (Eds.), *Phytolith Systematics. Emerging Issues, Advances in Archaeology and Museum Science*, vol. 1, pp. 193-214.

Bracco, D. 2005. *Charrúas, Guenoas y Guaraníes. Interacción y destrucción: indígenas en el Río de la Plata*. Lnardí y Risso, Montevideo. 398pp.

Bracco, R., López, J. 1992a. Rescate arqueológico de la Cuenca de la Laguna Merín: resultados de la etapa de prospección. In: *1^{as} Jornadas de Ciencias Antropológicas en el Uruguay*. IMPO, Montevideo: 33-50.

Bracco, R., López, J. 1992b. Prospección arqueológica y análisis de foto aérea (Bañado de India Muerta y Bañado de San Miguel, Dpto. de Rocha). In: *1^{as} Jornadas de Ciencias Antropológicas en el Uruguay*. IMPO, Montevideo: 51-56.

Bracco, R., Ures, C. 1998. Las variaciones del nivel del mar y el desarrollo de las culturas prehistóricas del Uruguay. *Revista do Museu de Arqueología e Etnología*. 8: 109-115. Sao Paulo.

Bracco, R., Inda, H., del Puerto, L., Capdepon, I., Panario, D., Castiñeira, C., García-Rodríguez, F. 2014. A reply to "Relative sea level during the Holocene in Uruguay". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 401:166-170.

Bracco, R.; García-Rodríguez, F.; Inda, H.; del Puerto, L.; Castiñeira, C.; Panario, D. 2011a. Niveles Relativos del Mar Durante el Pleistoceno Final – Holoceno en la Costa de Uruguay, In: Felipe García Rodríguez (Editor) *El Holoceno en la Zona Costera del Uruguay*. p.: 65 - 92, CSIC, Montevideo.

Bracco, R.; del Puerto, L.; Inda, H.; Panario, D.; Castiñeira, C.; García-Rodríguez, F. 2011b. The relationship between emergence of mound builders in SE Uruguay and climate change inferred from opal phytolith records. *Quaternary International*, 245: 62 – 73.

Bracco, R., del Puerto, L., Castiñeira, C., García-Rodríguez, F., Panario, D., Inda, H. 2010. Cambios ambientales y arqueología en el actual territorio de Uruguay. *Cazadores Recolectores del Cono Sur. Revista de Arqueología* 3: 17-28.

Bracco, R., del Puerto, L., Inda, H. 2008a. Prehistoria y Arqueología de la Cuenca de la Laguna Merín. In: D. Loponte y A. Acosta (Comps.) *Entre la Tierra y el Agua. Arqueología de Humedales de Sudamérica*. Editorial Libros del Riel, Buenos Aires: 1-60.

Bracco, R., García, F., del Puerto, L., Inda, H., Castiñeira, C. 2008b. Holocene relative sea-level variation inferred from records in the basin of Castillos. In: *Structure and function of world shallow lakes*. Book of Abstracts p. 75. Punta del Este, Uruguay.

Bracco, R., Inda, H., del Puerto, L., Castiñeira, C., Sprechman, P., García-Rodríguez, F. 2005a. Relationship between holocene sea-level variations, trophic development and climatic change in Negra Lagoon Southern Uruguay. *Journal of Paleolimnology* 33: 252-263.

Bracco, R., del Puerto, L., Inda, H., Castiñeira, C. 2005b. Middle-Late Holocene Cultural and Environmental Dynamics in Eastern Uruguay. *Quaternary International. Special Issue: Mid-Holocene Paleoenvironment and Human Occupation in Southern South America*. Edited by M. Zárate, G. Neme and A. Gil. Vol. 132(1): 37-45.

Bracco, R., Montaña, J., Bossi, J., Panarello, H., Ures, C. 2000. Evolución del Humedal y Ocupaciones Humanas en el Sector Sur de la Cuenca de la Laguna Merín. *Arqueología de las Tierras Bajas*. Coirolo, A. y Bracco, R. (eds.). MEC. 99-116.

Bracco, R., Panario, D., Ures, C., 1999. Dataciones 14C y efecto reservorio para el litoral del Uruguay. *I Jornadas del Cenozoico en Uruguay*. Facultad de Ciencias. Montevideo.

Bradje, T. 2015. Earth Systems, Human Agency, and the Anthropocene: Planet Earth in the Human Age. *J Archaeol Res.* 23:369–396.

Bradje, T., Erlandson, J. 2013. Looking forward, looking back: Humans, anthropogenic change, and the Anthropocene. *Anthropocene*, 4: 116–121.

Brook, B., Bradshaw, C. 2012. Strange bedfellows? Techno-fixes to solve the big conservation issues in southern Asia. *Biological Conservation*, 151: 7–10.

Brown, J., Curtin, C., Braithwaite, R., 2003. Management of the semi-natural matrix. In: Bradshaw, G.A., Marquet, P.A. (Eds.), *How Landscapes Change. Human Disturbance and Ecosystem Fragmentation in the Americas*. Springer, Berlin, pp. 327–343.

Butzer, K. (Ed.), 1992. *The Americas before and after 1492: Current Geographical Research. Annals of the Association of American Geographers*. Blackwell Publications, Oxford y Cambridge.

Butzer, K. 1982. *Archaeology as Human Ecology: Method and Theory for a contextual approach*. Cambridge University Press, Cambridge. 377pp.

Buzzetti, J. 1948. Recuperación Territorial en la Zona Este. Un Capítulo de la Reforma Agraria. *Almanaque del Banco de Seguros del Estado*, XXXV:193-214.

Cabrera, L., Femenías, J. 1992. Modelos arqueológicos resultantes en relación a los “cerritos” del Este del Uruguay y Brasil. In: *1^{as} Jornadas de Ciencias Antropológicas en el Uruguay*. IMPO, Montevideo: 57-62.

Campos, S., del Puerto, L., Inda, H. 2001. Opal phytoliths analysis: its application to the archaeobotanical record in the East of Uruguay. In: J.D. Meunier y F. Colin (eds.), *Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History*: 129-142. BALKEMA.

Capdepont, I., del Puerto, L., Inda, H. 2005. Instrumentos de molienda: evidencias del procesamiento de recursos vegetales en la Laguna de Castillos (Rocha, Uruguay). *InterSecciones en Antropología* 6: 153-166.

Cavallotto, J.L., Violante, R.A., Parker, G., 2004. Sea-level fluctuations during the last 8600 years in the de la Plata River (Argentina). *Quaternary International* 114:155-165.

Chagas, L. 1995. Identificación y análisis del material óseo de los sitios costeros del litoral atlántico. In: M. Consens, J. López y M. Curbelo (eds.) *Arqueología Uruguaya: 120 años después*. Imprenta & Editorial Surcos SRL, Montevideo: 106-115.

Chebataroff, J. 1969. *Relieves y Costas*. Nuestra Tierra 3. 39pp.

Chin, A., An, L., Florsheim, J., Laurencio, L., Marston, R., Solverson, A., Simon, G., Stinson, E., Wohl, E. 2016. Investigating feedbacks in human–landscape systems: Lessons following a wildfire in Colorado, USA. *Geomorphology*, 252:40–50.

Corlett, R. 2015. The Anthropocene concept in ecology and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, Vol. 30, No. 1:36-41.

Crumley, C. 1994. *Historical Ecology: Cultural Knowledge and Changing Landscapes*. School of American Research Press, Santa Fe, Nuevo México.

Crutzen, P., Stoermer, E. F. 2000. The ‘Anthropocene’. *IGBP Newsletter*, 41: 17–18.

Darwin, C. 1859. *The Origin of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, Londres, 502pp.

de Álava, D. 2007. *Incidencia del Proceso de Transformación Antrópico en el Sistema Costero La Paloma – Cabo Polonio, Rocha, Uruguay*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.

De María, A. 1933. Fragmento de un pipa precolombina hallado en el Departamento de Maldonado. *Revista Sociedad Amigos de la Arqueología*, VII:155-168.

De María, A. 1932. Objetos óseos hallados en los “Cerritos” del Departamento de Rocha. *Revista Sociedad Amigos de la Arqueología*, VI:183-191.

del Puerto, L. 2015. *Cambio climático y dinámica cultural en la Prehistoria del Sudeste del Uruguay*. Tesis de Doctorado PEDECIBA, Área Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.

del Puerto, L. 2011. *Silicofitolitos como indicadores paleoambientales. Bases comparativas y reconstrucción paleoclimática a partir del Pleistoceno tardío en el SE del Uruguay*. Editorial Académica Española. Saarbrücken. 160pp.

del Puerto, L.; Inda, H. 2008. Dinámica Ambiental: Análisis de silicofitolitos en sitios arqueológicos de la Cuenca de la Laguna de Castillos, Rocha, República Oriental de Uruguay, In: Alejandro Zucol, Margarita Osterrieth y Mariana Brea (editores) *Fitolitos: estado actual de su conocimiento en América del Sur*. p.: 221 – 236.

del Puerto, L.; García-Rodríguez, F; Bracco, R.; Inda, H.; Capdepon, I.; Castiñeira, C.; Blasi, A.; Fort, H.; Mazzeo, N. 2013a. Historia ambiental y dinámica cultural para el Holoceno medio y tardío en el este del Uruguay, In: *En_Clave Inter. Procesos, contexto y resultados del trabajo interdisciplinario*. p.: 99 – 110.

del Puerto, L., Bracco, R., Inda, H., Gutiérrez, O., Panario, D., García-Rodríguez, F. 2013b. Assessing links between late Holocene climate change and paleolimnological development of Peña Lagoon using opal phytoliths, physical and geochemical proxies. *Quaternary International* 287: 89-100.

del Puerto, L.; García-Rodríguez, F.; Bracco, R.; Castiñeira, C.; Blasi, A.; Inda, H.; Mazzeo, N.; Rodríguez, A. 2011. Evolución Climática Holocénica para el Sudeste del Uruguay: Análisis Multi-Proxy en Testigos de Lagunas Costeras, In: Felipe García Rodríguez (Editor) *El Holoceno en la Zona Costera del Uruguay*. p.: 117 - 154, CSIC, Montevideo.

del Puerto, L., Inda, H., García-Rodríguez, F., Castiñeira, C., Bracco, R. 2006. Paleolimnological evidence of Holocene paleoclimatic changes in Lake Blanca, Southern Uruguay. *Journal of Paleolimnology* 36:151-163.

del Puerto, L., Inda, H., García-Rodríguez, F. 2005. Mid/Late Holocene Paleoenvironmental Reconstruction in Negra Lagoon Basin, southeast Uruguay. *The Phytolitharien*. 17(2): 16.

Deschamps, J., Otero, O., Tonni, E. 2003. Cambio climático en la pampa bonaerense: las precipitaciones desde los siglos XVIII al XX. *Documento de Trabajo N° 109*. Universidad de Belgrano.

Di Gregorio, A. 2005. Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra (LCCS), version 2: Conceptos de Clasificación y Manual de Usuario. *FAO Environment and Natural Resources Service Series*, No. 8 - FAO, Rome. 208pp.

Dimbleby, G. 1980. El análisis del polen. In: D. Brothwell y E. Higgs (comps.) *Ciencia en Arqueología*. Fondo de Cultura Económica, México: 169-179.

Erlandson, J., Bradje, T. 2013. Archaeology and the Anthropocene. *Anthropocene*, 4: 1–7.

Fægri K., Iversen, J. 1992. *Textbook of pollen analysis*, 4th edn. Willey, Chichester, 328 pp.

Fagan, B. 2001. *The Little Ice Age: How Climate Made History, 1300-1850*. Santa Barbara: Basic Books.

Femenías, J., Fusco, N., Cabrera, L. 1992. Excavaciones arqueológicas en la Sierra de San Miguel (Dpto. Rocha). In: *1^{as} Jornadas de Ciencias Antropológicas en el Uruguay*. IMPO, Montevideo: 95-100.

Fernández, G. 2011. *Evolución del Arroyo Valizas: período 1943-2006. Laguna de Castillos, Rocha, Uruguay*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Montevideo. 116pp.

Fernández Honaine, M.F., Zucol, A., Osterrieth, M., 2006. Phytolith assemblages and Systematic associations in grassland species of the south-eastern Pampean plains, Argentina. *Annals of Botany* 98:1155-1165.

Ferrés, C. 1927. Los "terremotos de los indios". *Revista de la Sociedad de Amigos de la Arqueología*, 1:139-150.

Figueira, J. 1892. Los primitivos habitantes del Uruguay. In: *El Uruguay en la Exposición Histórico-Americana de Madrid. De los Trabajos Realizados por la Comisión Nacional encargada de organizar los elementos de concurrencia*. Montevideo: 121-221.

Fiori, S., Carcedo, M. 2011. Estado actual del conocimiento sobre *Heleobia australis* y perspectivas futuras. *Amici Molluscarum, Número Especial, El Género Heleobia (Caenogastropoda, Cochliopidae en América del Sur)*:28-29.

Flügel, F. 2009. La Colonia Agrícola de Santa Teresa: Una experiencia migratoria fracasada. *Revista Historica Rochense* N° 2.

Foley, S., Gronenborn, D., Andreae, M., Kadereit, J., Esper, J., Scholz, D., Pöschl, U., Jacob, D., Schöne, B., Schreg, R., Vött, A., Jordan, D., Lelieveld, J., Weller, C., Alt, K., Gaudzinski-Windheuser, S., Bruhn, K., Tost, H., Sirocko, F., Crutzen, P. 2013. The Palaeoanthropocene – The beginnings of anthropogenic environmental change. *Anthropocene*, 3: 83–88.

Folk, R.L., 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62 (4):344-359.

Fredlund, G.G., Tieszen, L.T., 1994. Modern phytolith assemblages from the North American Great plains. *Journal of Biogeography* 21:312-335.

Frenguelli, J., 1945. Las diatomeas del Platense. *Revista del Museo de La Plata, Sección Paleontología* 3:77-221.

Frenguelli, J., 1941. Diatomeas del Río de la Plata. *Revista del Museo de La Plata. Sección Botánica. (Nueva serie.)* 3:213-334.

Gadino, I. 2011. *Análisis de la ocupación territorial de la zona costera y sus efectos ambientales: sector oeste del Balneario La Paloma*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Montevideo. 148pp.

Gale, S., Hoare, P. 2012. The stratigraphic status of the Anthropocene. *The Holocene*, 22: 1491–1494.

Gallego, L., Distel, R., 2004. Phytolith assemblages in grasses native to central Argentina. *Annals of Botany* 94:865-874.

García-Rodríguez, F. 2002. *Estudio paleolimnológico de Lagunas de Rocha, Castillos y Blanca, sudeste del Uruguay*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de la República. Montevideo.

García-Rodríguez, F.; del Puerto, L.; Bracco, R.; Panario, D.; Castiñeira, C.; Mourelle, D.; Inda, H.; Gordon, N.; Adams, J. 2011. Desarrollo Paleolimnológico de las Lagunas Costeras del Sudeste

del Uruguay y Comparación Paleogeográfica entre América y África del Sur, In: Felipe García Rodríguez (Editor) *El Holoceno en la Zona Costera del Uruguay*. p.: 173 - 196, CSIC, Montevideo.

García-Rodríguez, F.; Stutz, S.; Inda, H.; del Puerto, L.; Bracco, R.; Panario, D. 2010. A multiproxy approach to inferring Holocene paleobotanical changes linked to sea-level variation, paleosalinity levels, and shallow lake alternative states in Negra Lagoon SE Uruguay. *Hydrobiologia*, 646: 5 – 20.

García-Rodríguez, F.; Piovano, E.; del Puerto, L.; Inda, H.; Stutz, S.; Bracco, R.; Panario, D.; Córdoba, F.; Silvestre, F.; Ariztegui, D. 2009. South American lake paleo-records across the pampean Region. *PAGES Newsletter*, 17 (3): 115 – 117.

García-Rodríguez, F., Sprechmann, P., Inda, H., del Puerto, L., Bracco, R., Rodríguez, A., Estol, P., Acevedo, V. 2006. Paleolimnología: Desarrollo de las Lagunas Costeras del Sudeste del Uruguay durante el Holoceno En: R. Menafrá, L. Rodríguez, F. Scarabino y D. Conde (Eds.) *Bases para el Manejo y Conservación de la Costa Uruguaya*: 487-494. Vida Silvestre, Montevideo.

García-Rodríguez, F., Sprechmann, P., Metzeltin, D., Scafati, L., Melendi, D. L., Volkheimer, W., Mazzeo, N., Hiller, A., von Tumpling, W., Jr., Scasso, F., 2004. Holocene trophic state changes in relation to sea level variation in Lake Blanca, SE Uruguay. *Journal of Paleolimnology*, 31:99–115.

García-Rodríguez, F., Castiñeira, C., Scharf, B., Sprechman, P. 2002a. The relationship between sea level variation and trophic state in the Rocha lagoon, Uruguay. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatsheft*. 2002 (1): 27-47.

García-Rodríguez, F., Mazzeo N., Sprechmann P., Metzeltin D., Sosa F., Treutler H.C., Renom M., Scharf B., Gaucher C. 2002b. Paleolimnological assessment of human impacts in Lake Blanca, SE Uruguay. *Journal of Paleolimnology*. 28:457-468.

Gari, E., Carigliano, M. 2007. Spatial and temporal variations of *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenb.) 1854 Grunow, 1884 in drift and periphyton. *Braz. J. Biol.*, 67(4):587-595.

Gascue, A., Baeza, J., Fleitas, M., Bortolotto, N., Gómez, J. en prensa. Catalogación y Contextualización Cronológica - Estratigráfica de los Bienes Culturales Prehistóricos del Parque Nacional Santa Teresa, *Revista Intersecciones en Antropología*.

Gascue, A., Baeza, J., Bortolotto, N., Lemos, J., Fleitas, M., Gómez, J. 2011. Gestión integral del patrimonio cultural prehistórico del Parque Nacional Santa Teresa: primeros resultados. *IV Jornadas de Investigación y III Jornadas de Extensión de la FHCE*.

Gautreau, P. 2006. *Relatos de crisis ambiental en el Río de la Plata. Una evaluación geográfica de 300 años de "destrucción" de los bosques uruguayos (siglos XVIII al XX)*. Université des Sciences et Technologies de Lille - U.F.R. de Géographie - Laboratoire Territoires, Villes, Environnements et Sociétés, Lille, Francia. Traducción al castellano: Hugo Inda. 357pp.

Gelman, J., Garavaglia, J. 1995. Mucha tierra y poca gente: un nuevo balance historiográfico de la historia rural rioplatense. *Latin American Research Review*, 30(3):75-105.

Gradstein, F., Ogg, J. Schmitz, M., Ogg, G. 2012. *The Geologic Time Scale*. Elsevier.

Gudynas, E. 2010. La ecología política del progresismo sudamericano: los límites del progreso y la renovación verde de la izquierda. *Sin Permiso*, 8:147-167.

Gudynas, E. 2005. *Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible*. Coscoroba Ediciones. 132pp.

Hammer, Ø, Harper, D., Ryan, P., 2001. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1):0-9.

Harris, E. 1989. *Principles of Archaeological Stratigraphy*. Academic Press Limited, Londres. 227pp.

Head, M., Gibbard, P. 2015. Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Past, present, and future. *Quaternary International*, 383: 4-35.

Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25:101-110.

Herre, W. 1980. La ciencia e historia de los animales domésticos. In: D. Brothwell y E. Higgs (comps.) *Ciencia en Arqueología*. Fondo de Cultura Económica, México: 262-277.

Heuser, C.J. 1971. *Pollen and spores of Chile. Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae*. The University of Arizona Press, Tucson, AZ, 167 pp.

Hoffman, G. 2009. *The Digital Munsell*. 45pp.

Hogg, A.G., Hua, Q., Blackwell, P.G., Niu, M., Buck, C.E., Guilderson, T.P., Heaton, T.J., Palmer, J.G., Reimer, P.J., Reimer, R.W., Turney, C.S.M., Zimmerman, S.R.H. 2013. SHCal13 Southern Hemisphere calibration, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4):1889–1903.

Hua, Q., Barbetti, M., Rakowski, A. J. 2013. Atmospheric Radiocarbon for the Period 1950-2010. *Radiocarbon*, 55(4):2059-2072.

Hutton, J. 1788. Theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the Globe. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. Vol. 1 (Part 2): 209-304.

Inda, H. 2011. *Paleolimnología de cuerpos de agua someros del Sudeste del Uruguay. Evolución holocena e Impacto Humano*. Editorial Académica Española. Saarbrücken. 134pp.

Inda, H., del Puerto, L., Bracco, R., Castiñeira, C., Capdepon, I., Gascue, A., Baeza, J. 2011. Relación hombre-ambiente para la costa estuarina y oceánica de Uruguay durante el Holoceno. Reflexiones y perspectivas. In F. García-Rodríguez (Ed), *El Holoceno en la zona costera de Uruguay* (pp. 229-260). CSIC, UdelAR, Montevideo.

Inda, H., del Puerto, L. 2007. Antracología y subsistencia: Paleoetnobotánica del fuego en la Prehistoria de la región este del Uruguay – Puntas del San Luis, Paso Barrancas, Rocha, Uruguay. In: B. Marconetto, P. Babot y N. Oliszewski (Comps), *Paleoetnobotánica del Cono Sur: Estudios de caso y propuestas metodológicas*, Museo de Antropología – FFyH, UNC, Córdoba: 137-152.

Inda, H., del Puerto, L. 2002. Silicofitolitos y reconstrucción paleoambiental: el caso de la Laguna Negra. *Fitolíticas (GEFACS)*. Segundo Encuentro de Investigaciones Fitolíticas del Cono Sur. 4. Mar del Plata.

Inda, H.; García-Rodríguez, F.; del Puerto, L.; Acevedo, V.; Metzeltin, D.; Castiñeira, C.; Bracco, R.; Adams, J. 2006a. Relationships between trophic state, paleosalinity and climatic changes during the first Holocene marine transgression in Rocha Lagoon, southern Uruguay. *Journal of Paleolimnology*, 35: 699 – 713.

Inda, H.; del Puerto, L.; Castiñeira, C.; Capdepon, I.; García-Rodríguez, F. 2006b. Manejo prehistórico de recursos costeros en el litoral atlántico uruguayo, In: Menafrá, L. Rodríguez, F. Scarabino y D. Conde (editores) *Bases para el Manejo y Conservación de la Costa Uruguay*. p.: 661 - 667, Vida Silvestre, Montevideo.

Iriarte, J. 2006. Landscape transformation, mounded villages and adopted cultigens: the rise of early Formative communities in south-eastern Uruguay. *World Archaeology* 38:644-663.

Iriarte, J., Holst, I., Marozzi, O., Listopad, C., Alonso, E., Rinderknecht, A., Montaña, J.. 2004. Evidence for cultivar adoption and emerging complexity during the mid-Holocene in the La Plata basin. *Nature* 432:614-617.

Isla, F.H., 1989. Holocene sea-level fluctuations in the southern hemisphere. *Quaternary Science Review* 8:359-368.

Kjerfve, B. 1986. Comparative oceanography of coastal lagoons. pp. 63-81. In: *Estuarine Variability*. (Wolfe D.A., ed.). Academic Press, New York.

Kjerfve, B. 1994. Coastal Lagoon Processes. In: Kjerfve, B. (Editor), *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, 60:1-7.

Knight, J., Harrison, S. 2014. Limitations of uniformitarianism in the Anthropocene. *Anthropocene*, 5: 71–75.

Kruk, C., Rodríguez-Gallego, L., Quintanas, A.F., Lacerot, G., Scasso, F., Mazzeo, N., Meerhoff, M., Paggi, J. 2006. Biodiversidad y calidad de agua de 18 pequeñas lagunas en la costa sureste de Uruguay. In: Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (Eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. VIDA SILVESTRE, URUGUAY, Montevideo, pp. 599-610.

Last, W., Smol, J. 2001. An introduction to physical and geochemical methods used in Paleolimnology. In: W. M. Last & J. P. Smol (eds.), 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 2: Physical and Geochemical Methods*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda: 1-5.

Lee, R. 1997. What Hunters Do for a Living, or, How to Make Out on Scarce Resources. In: J. Gowdy (ed.) *Limited Wants, Unlimited Means. A Reader on Hunter-Gatherer Economics and the Environment*. Island Press:43-64.

Ley N° 18308. Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.
<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18308-2008/>

Ley N° 10723. Ley de Centros Poblados. <http://www.impo.com.uy/bases/leyes/10723-1946/>

Lezama, A. 2006. 9 de junio de 1842. Naufragio de la Leopoldina Rosa y notas sobre la emigración vasco-bearnesa al Río de la Plata. MS Impresos, Montevideo. 40pp.

Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S., Folke, C., Alberti, M., Redman, C., Schneider, S., Ostrom, E., Pell, A., Lubchenco, A., Taylor, W., Ouyang, Z., Deadman, P., Kratz, T., Provencher, W. 2007. Coupled Human and Natural Systems. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8): 639-649.

López, J. 1995a. Aproximación al territorio de los “constructores de cerritos”. In: M. Consens, J. López y M. Curbelo (eds.) *Arqueología Uruguaya: 120 años después*. Imprenta & Editorial Surcos SRL, Montevideo: 65-78.

López, J. 1995b. El fósil que no guía, y la formación de los sitios costeros. In: M. Consens, J. López y M. Curbelo (eds.) *Arqueología Uruguaya: 120 años después*. Imprenta & Editorial Surcos SRL, Montevideo: 92-105.

López, J. 1994. Cabo Polonio: sitio arqueológico del litoral atlántico uruguayo. *Revista de Arqueología, Anais da VII Reuniao Científica da Sociedade de Arqueologia Brasileira* 8(2):333-353.

López, J., Gascue, A. 2007. El valle del arroyo Balizas: estructuras monticulares y sitios superficiales del litoral atlántico uruguayo. *Cazadores Recolectores del Cono Sur. Revista de Arqueología* 2:89-103.

López, J., Iriarte, J. 2000. Relaciones entre el Litoral Atlántico y las Tierras Bajas. In: A. Durán y R. Bracco (eds.) *Arqueología de las Tierras Bajas*. MEC, Comisión Nacional de Arqueología. 39-48.

López, J., Iriarte, J. 1995. Archaeology research in the Atlantic Coast of Uruguay. *Ultramarine News Letter* 2(3):9-11.

López, J., Moreno, F., Villamarzo, E., Gascue, A. 2009. Apuntes para una Arqueología costera y del Cabo Polonio. In: J. López y A. Gascue (comps.) *Arqueología prehistórica uruguaya en el siglo XXI*. Biblioteca Nacional – FHCE. 39-66.

López, J., Piñeiro, G., Castiñeira, C., Gascue, A. 1997. Ocupación humana en el litoral atlántico de Uruguay: aproximación paleoambiental al conocimiento de los sitios costeros: sitio "La Esmeralda". In: *Jornadas de Antropología de la Cuenca del Plata*. Rosario, Argentina. Propuesta Gráfica, Tomo III: 28-34.

Lyell, C. 1833. *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*. Vol 3. John Murray, Londres. 388pp.

Lyell, C. 1832. *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*. Vol 2. John Murray, Londres. 331pp.

Lyell, C. 1832. *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*. Vol 1. John Murray, Londres. 472pp.

Maeso, C. 1977. *Investigaciones Arqueológicas*. Imprenta Don Bosco, Montevideo. 200pp.

Mann, M., Zhang, Z., Rutherford, S., Bradley, R., Hughes, M., Shindell, D., Ammann, C., Faluvegi, G., Ni, F. 2009. Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*, New Series, 326(5957):1256-1260.

Mañosa, C. 1995. Utilización prehistórica de moluscos en Punta de la Coronilla (Rocha, Uruguay). In: M. Consens, J. López y M. Curbelo (eds.) *Arqueología Uruguaya: 120 años después*. Imprenta & Editorial Surcos SRL, Montevideo: 116-123.

Marchand, N. 2002. *Factores condicionantes de la estructura de la comunidad de peces en sistemas de aguas corrientes del sureste del Uruguay*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.

Marchesi, E., Durán, A. 1969. *Suelos del Uruguay*. Serie Nuestra Tierra, Volume 18. 72pp.

Markgraf, V., D'Antoni, H.L. 1978. *Pollen flora of Argentina. Modern spore and pollen types of Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae*. The University of Arizona Press, Tucson, 201 pp.

Marsh, G. 1864. *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action*. Sampson Low, Son and Marston, Londres. 559pp.

Martin, L., Landim, J. 1994. Geological History of Coastal Lagoons. In: Kjerfve, B. (Editor), *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, 60:41-68.

Martin, L., Suguio, K. 1992. Variation of coastal dynamics during the last 7000 years recorded in beach ridge plains associated with river mouths: example from the Central Brazilian Coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 99:119-140.

Metzeltin, D., García Rodríguez, F. 2003. *Las Diatomeas Uruguayas*. DIRAC Ediciones, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay, pp. 208.

Metzeltin, D., Langebertalot, H., García-Rodríguez, F., 2005. Diatoms of Uruguay: taxonomy, biogeography, diversity. In: Lange-Bertalot, H. (Ed.), *Iconographia Diatomologica*, vol. 15. A.R.G. Gantner Verlag, Koenigstein, 737 pp.

Morey C., Porcile J. 1992. *Aspectos fitosanitarios del desarrollo forestal en Uruguay*. Dirección Forestal. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo. Uruguay.

Mourelle, D. 2015. *Cambios de la vegetación de la región de los campos de Uruguay en respuesta a diferentes forzantes durante el Holoceno*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Navarro, P. 1999. Un país sin indios: la imagen de la Pampa y la Patagonia en la geografía naciente del Estado Argentino. *Scripta Nova*, 51.

Nin, M. 2013. *Mapeo de servicios ecosistémicos en la cuenca de la laguna de Rocha como insumo para la planificación territorial*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.

Oldfield, F., Alverson, K. 2003. The Societal Relevance of Paleoenvironmental Research. In: Alverson, K.D., R.s. Bradley y T.F. Pedersen (Eds.), *Paleoclimate, Global Change and the Future. Global Change - The IGBP Series*. Springer, Berlin. Pp 1-13.

Olivera, O. 2013. Primeros asentamientos en la zona de Valizas y Aguas Dulces. *Revista Histórica Rochense*. N° 6.

Olivero, J. 2010. Conservación y Exposición en las Fortificaciones Dependientes del Departamento de Estudios Históricos del Estado Mayor del Ejército Uruguayo. *VI Seminário Regional de Cidades Fortificadas e Primeiro Encontro Técnico de Gestores de Fortificações*.

Ortiz, E. 2002. Brazil nut (*Bertholletia excelsia*). In: P. Shanley, A. Pierce, S. Laird, A. Guillén (eds.) *Tapping the Green Market. Certification & Management of Non-Timber Forest Products*. Earthscan Publications Ltd. WWF. Reino Unido. 456pp.

Panario, D., Piñeiro, G. 1997. Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay. *Climate Research*, 9:67-72.

Pesce, F. 2009. *Análisis cuantitativo del proceso de erosión en las cárcavas del Parque Lacustre de laguna Garzón. Departamento de Rocha, Uruguay*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.

Phleger, F. 1969. Some General Features of Coastal Lagoons. In: Ayala, A. y Phleger, F. (Eds.) *Coastal Lagoons. A Symposium. Memoir of the International Symposium on Coastal Lagoons (origin, dynamics and productivity)*. UNAM, México:5-26.

Piovano, E., Ariztegui, D., Córdoba, F., Cioccale, M., Sylvestre, F., 2009. Hydrological variability in South America below the Tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 ka. In: Vimeux, F., Sylvestre, F., Khodri, M. (Eds.), *Past Climate Variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America and Surrounding Regions (Focus on Local and Large Scale Teleconnections)*. Springer- *Developments in Paleoenvironmental Research Series* (DPER), pp. 323-352.

Piperno, D. 2001. Phytoliths. In: J. P. Smol, H. J. B. Birks & W. M. Last (eds.), 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda: 235-251.

Piperno, D. 1988. *Phytoliths Analysis: an archaeological and geological perspective*. Academic Press, Nueva York. 280pp.

Plá, J. 2012. Origen territorial del Chuy, los primeros fraccionamientos y sus protagonistas. *Revista Historica Rochense*, N°5 (V):151-170.

Politis, G. 1984. Climatic variations during historical times in eastern Buenos Aires Pampas, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 3:133-161.

Politis, G., Martínez, G., Rodríguez, J. 1997. Caza y recolección como estrategia de explotación de recursos en ambientes de forestas tropicales. *Revista Española de Antropología Americana* 27:167-197.

Pollard, A., Batt, C., Stern, B., Ypung, S. 2007. *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge University Press, Nueva York. 420pp.

Ravindranath, N., Sathaye, J. 2002. Climate change and developing countries. In: M. Beniston (ed.). *Advances in global change research* Vol. 11. Kluwer Academic Press, Dordrecht. 286 pp.

Real de Azúa, C. 1953. “La Civilización del Uruguay” por Horacio Arredondo. *Marcha*, 660:15.

Reitz, E., Wing, E. 2008. *Zooarchaeology*. Cambridge University Press, Nueva York. 559pp.

Renfrew, C., Bahn, P. 1991. *Archaeology. Theories, Methods and Practice*. Thames and Hudson. Londres. 571pp.

Rodríguez, A. 2006. *Evolución del estado trófico de Laguna del Sauce e importancia de la carga interna de nutrientes*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.

Roosevelt, A. 2013. The Amazon and the Anthropocene: 13,000 years of human influence in a tropical rainforest. *Anthropocene*, 4:69-87.

Rubio, H. 2009. Ing. Luis Andreoni: la vida de un pionero. *Revista Histórica Rochense* N° 2.

Ruddiman, W. 2013. The Anthropocene. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 41: 45–68.

Russell, E., 1997. *People and the Land through Time: Linking Ecology and History*. Yale University Press, New Haven, 306pp.

Saint-Hilaire, A. de. 1887. *Voyage à Rio Grande do Sul (Brésil)*. Orléans, Ed. H. Herlusson. 1887: 644 p.

Scasso, F. 2002. *Ambientes acuáticos de la zona costera de los humedales del este. Estado actual y estrategias de gestión*. PROBIDES. Documentos de Trabajo N° 43. 45pp.

Seijo, C. 1945. *Maldonado y su región*. Imprenta El Siglo Ilustrado.

Smith, B., Zeder, M., 2014. The onset of the Anthropocene. *Anthropocene*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2013.05.001>.

Smol, J. 1985. The ratio of diatom frustules to chrysophycean statospores: a useful paleolimnological index. *Hydrobiologia*, 123:199–208.

Smol, J., Cumming, B., Douglas, M., Pienitz, R. 1995. Inferring past climatic trends using paleolimnological techniques. *Geos. Can.* 21: 113-118.

Steffen, M. 2012. *Barreras que limitan la conservación de servicios ecosistémicos: análisis del caso de Laguna del Sauce*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo.

Steffen, M.; Inda, H. 2010. *Bases Técnicas para el Manejo Integrado de Laguna del Sauce y Cuenca Asociada*. Editorial: Baferil SA, Montevideo. 150pp.

Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P., Jäger, J., Matson, P., Moore, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H., Turner, B., Wasson, R. 2004. *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*, Springer, Berlin.

Stoermer, E., Smol, J. 1999. *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press, Cambridge, 469pp.

Subiza, W., Paolino, C., Subiza, C. 2012. La demarcación de nuestra frontera con Brasil desde el arroyo Chuy hasta la Laguna Merín y los pobladores de la región en 1852. *Revista Histórica Rochense*, Nº 5(V):41-58.

Thomas, W. 1956. *Man's role in Changing the Face of the Earth. Vol I.* University of Chicago Press. 448pp.

Tomazelli, L. 1990. *Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da provincial costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico.* Ph.D. Thesis. UFRGS. 270pp.

Tomazelli, L.J., Villwock, J.A. 2000. O Cenozóico do Rio grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: Holz, M., De Ros, L.F. (Eds.), *Geologia Do Rio Grande Do Sul*. Edição CIGO/UFRGS, pp. 0-444.

Tomazelli, L.J., Dillenburg, S.R., Villwock, J.A., 2000. Late Quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. *Revista Brasileira de Geociencias* 30:470-472.

Trigger, B. 1989. *A History of Archaeological Thought.* Cambridge University Press. Cambridge y Nueva York.

Twiss, P.C., 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: Rapp Jr., G., Mulholland, S.C. (Eds.), *Phytolith Systematics: Emerging Issues, Advances in Archaeology and Museum Science*, vol. 1, pp. 113-128.

Udden, J. 1914. Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America*, 25:655-744.

Umpiérrez, A. 2012. 1959, cuando el cielo se vino abajo: Rocha y las inundaciones. *Revista Histórica Rochense*, Nº5 (V):215-248.

Unión Vecinal de Punta Ballena y Lagunas del Sauce y del Diario. 2007. Laguna del Diario: Diario de una laguna.
http://www.puntaballena.org/macros/TextContent_M_UV.jsp?contentid=266&version=1. Acceso marzo 2016.

Varese, J. 1999. *De naufragios y Leyendas en las costas de Rocha.* 3ª edición. Aguilar, Montevideo. 346pp.

Viera, W. 2011. El alemán errante. Carl Brendel y la Colonia Santa Teresa. *Revista Histórica Rochense*, Nº 4(IV):41-54.

Villegas, E. 1941. Los bosques de Maldonado. *Almanaque del Banco de Seguros del Estado*.183-185.

Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., Loss, E.L., Dehnhard, E.A., Horn, N.O., Bachi, F.A., Dehnhardt, B.A., 1986. Geology of the Rio grande do Sul coastal Province. *Quaternary of the South America and Antarctic Peninsula* 4:79-97.

Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J., Melillo, J., 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494–499.

von Schwerin, J., Richards-Rissetto, H., Remondino, F., Spera, M., Auer, M., Billen, N., Loos, L., Stenson, L., Reindel, M. 2016. Airborne LiDAR acquisition, post-processing and accuracy-checking for a 3D WebGIS of Copan, Honduras. *Journal of Archaeological Science*, 5: 85-104.

Wentworth, C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30:377-392.

Western, C. 1980. Madera y carbón en la Arqueología. In: D. Brothwell y E. Higgs (comps.) *Ciencia en Arqueología*. Fondo de Cultura Económica, México: 180-189.

Willey, G., Phillips, P. 1957. *Method and Theory in American Archaeology*. University of Chicago Press, Chicago.

Wiseman, J., El-Baz, F. 2007. *Remote Sensing in Archaeology*. Springer. 550pp.

Witkowski, A., Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D., 2000. Diatom flora of marine coasts I. In: Lange-Bertalot, H. (Ed.), *Iconographia Diatomologica*, vol. 7, 925 pp.

Yarnell, R. 1980. La paleo-etnobotánica en América. In: D. Brothwell y E. Higgs (comps.) *Ciencia en Arqueología*. Fondo de Cultura Económica, México: 219-232.

Zalasiewicz, J. 2014. *Newsletter of the Anthropocene Working Group*. Vol. 5: 1-19.

Zárate, M. 1991. Late Pleistocene and Holocene Loess Deposits of the Southeastern Buenos Aires Province, Argentina. *GeoJournal*, 24(2), Distribution and Chronological Problems of Loess: 211-220.

Zucol, A.F., 2001. Fitólitos III. Una nueva metodología descriptiva. Asociaciones fitolíticas de *Piptochaetium montevidense* (Stipeae, Poaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 36: 69-85.

Zucol, A.F., 2000. Fitólitos de poaceae de argentinas: III. Fitólitos foliares de especies del género *Paspalum* (Paniceae), en la Provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 38:11-32.

Zucol, A.F., 1998. Microfitólitos de las Poaceae Argentinas: II. Microfitólitos foliares de algunas especies del género *Panicum* (Poaceae, Paniceae), en la provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 36:29-50.

Anexo

Publicaciones

En el marco de esta Tesis se generaron, en carácter de primer autor, tres publicaciones científicas, las cuales se detallan a continuación.

Inda, H., García-Rodríguez, F., del Puerto, L., Stutz, S., Lopes Figueira, R., Alves de Lima, P., and Mazzeo, N. Discriminating between natural and human-induced shifts in a shallow coastal lagoon: a multidisciplinary approach. *Anthropocene*. Elsevier

Code: ANTHROPOCENE-D-15-00038R2

Estado: Accepted for publication with corrections. Submitted with changes.

Current Status: With Editor

Inda, H., del Puerto, L., Capdepon, I. and Bracco, R. Formation processes of coastal archaeological sites: a changing prehistoric scenario in the Atlantic shore of Uruguay. *Geoarchaeology*. Thomson Reuters.

Code: GEO-16-045

Estado: Under Review

Inda, H., del Puerto, L., Bracco, R., Castiñeira, C., Capdepon, I., Gascue, A. y Baeza, J. 2011. Relación hombre-ambiente para la costa estuarina y oceánica de Uruguay durante el Holoceno: reflexiones y perspectivas. In: F. García-Rodríguez (ed.) *El Holoceno en la zona costera de Uruguay*. Biblioteca plural, Udelar, CSIC. 229-260.