

# PROTOCOLO PARA LA APERTURA ARTIFICIAL DE LA BARRA DE LA LAGUNA DE ROCHA

## 1. INTRODUCCIÓN

El equipo técnico del proyecto de la Universidad de la República, en coordinación con los administradores del Área Protegida Laguna de Rocha (Intendencia de Rocha y Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente), y en consideración de la meta de mantener la mayor naturalidad posible en el funcionamiento ecosistémico de la laguna, ha elaborado el presente protocolo de apertura artificial de la barra de arena del sistema.

Los detalles del protocolo se fundamentan en aspectos físicos, ecológicos y sistémicos, derivados de la experiencia internacional y de las investigaciones desarrolladas en la propia Laguna de Rocha. El protocolo contribuirá a la estandarización de la apertura artificial de la barra, llevando a que la misma sea realizada solo frente a ciertas situaciones de interés social y/o productivo, y bajo condiciones predeterminadas que indiquen cuándo (el momento), dónde (el lugar) y cómo (el mecanismo) llevar adelante la práctica.

## 2. PROTOCOLO DE APERTURA ARTIFICIAL DE LA BARRA

### 2.1 ¿Cuándo realizar la apertura?

Cuándo realizar la apertura se basa en un árbol de decisión guiado a través de tres preguntas intuitivas y secuenciales. Para el mismo, se asume que la laguna no está conectada con el océano, pero que existe un aumento progresivo del nivel de agua que promoverá una apertura natural, que podrá ser acelerada mediante una apertura artificial bajo ciertas condiciones. La primera y principal pregunta se refiere al nivel del agua de la laguna, la que desencadena los siguientes pasos y preguntas en el protocolo, dependiendo de la situación de inundación observada:

#### Situación 1

Si el nivel del agua no ha alcanzado las cuatro marcas (*ver nota 2 en Anexo 1*) ya acordadas en la Comisión Asesora Específica (que se ubican aproximadamente a 1.6 m del Cero Oficial, CO; *ver nota 1 en Anexo*), no se toma ninguna acción ya que se considera que el nivel del agua no es suficiente para permitir una apertura artificial. Cuanto más se acerque el nivel del agua de la laguna a dicho valor, se deberá realizar un monitoreo más frecuente por parte del personal del Área Protegida.

#### Situación 2

El nivel del agua de la laguna es superior a 1.6 m CO, pero inferior a 1.9 m CO (*ver nota 3 en Anexo 1*). El valor 1.9 m CO representa el nivel máximo de agua observado en una de las aperturas artificiales recientes (junio de 2013). Alcanzado este rango de nivel de agua se disparará una alerta por la Dirección del Área Protegida para que se puedan comenzar a preparar las condiciones (*ver nota 5 en Anexo 1*) para llevar a cabo la apertura artificial en caso que el nivel del agua siga en aumento, o se mantenga hasta 15 días en el rango reportado (*ver nota 4 en Anexo 1*).

Una vez transcurrido este período de tiempo (nivel de agua entre 1.6 y 1.9 m CO durante 15 días) entran en el árbol de decisión la segunda y tercera preguntas, en relación con la previsión de precipitación (*ver nota 6 en Anexo 1*) y la altura de la berma (*ver nota 7 en Anexo 1*). Luego de superados 15 días con un nivel de agua en dicho rango se debe esperar hasta 10 días antes de tomar una decisión sobre la apertura artificial, plazo durante el cual la Dirección del Área

Protegida o personal a cargo deberá consultar el pronóstico de lluvias para la zona, para evaluar si es probable que ocurra un evento de precipitación en la cuenca en ese plazo (plazo de 10 días). Si en las estimaciones, la precipitación pronosticada indica que el aumento del nivel del agua podría superar la altura de la berma en la barra, no se autorizará la apertura artificial, en el entendido que es altamente probable que la apertura ocurra naturalmente.

Por el contrario, si la previsión de precipitación para los 10 días es baja (o si la berma es demasiado alta), y por tanto el nivel del agua esperado en la laguna indica que la berma no será coronada, la apertura artificial será autorizada, pero solo si los otros criterios (nivel de agua superior a 1.6 m CO por 15 días, más los 10 días de previsión de precipitación) se cumplen.

Un protocolo específico ha sido diseñado para calcular, para una precipitación esperada dada en la cuenca, el nivel del agua esperado en la laguna, para poder estimar si la berma puede ser sobrepasada o no (*ver nota 8 en Anexo 1*). También se incluyen indicaciones para la medición de la berma (*ver nota 7 en Anexo 1*).

Si el pronóstico de lluvia indica que el nivel de la laguna aumentará por encima de la berma, pero dicho pronóstico no se cumple en el período estipulado de 10 días, también se autorizará la apertura artificial. De esta manera, el tiempo máximo con el nivel de agua en el rango indicado en la situación 2 será de hasta 25 días.

### Situación 3

Si el nivel del agua en la laguna alcanza 1.9 m CO se asume, en base a la información disponible, que la barra se abrirá de forma natural (*ver nota 3 en Anexo 1*). Si esto no ocurre en un tiempo prudencial (por ejemplo, 24 a 48 horas), se autorizará la apertura artificial.

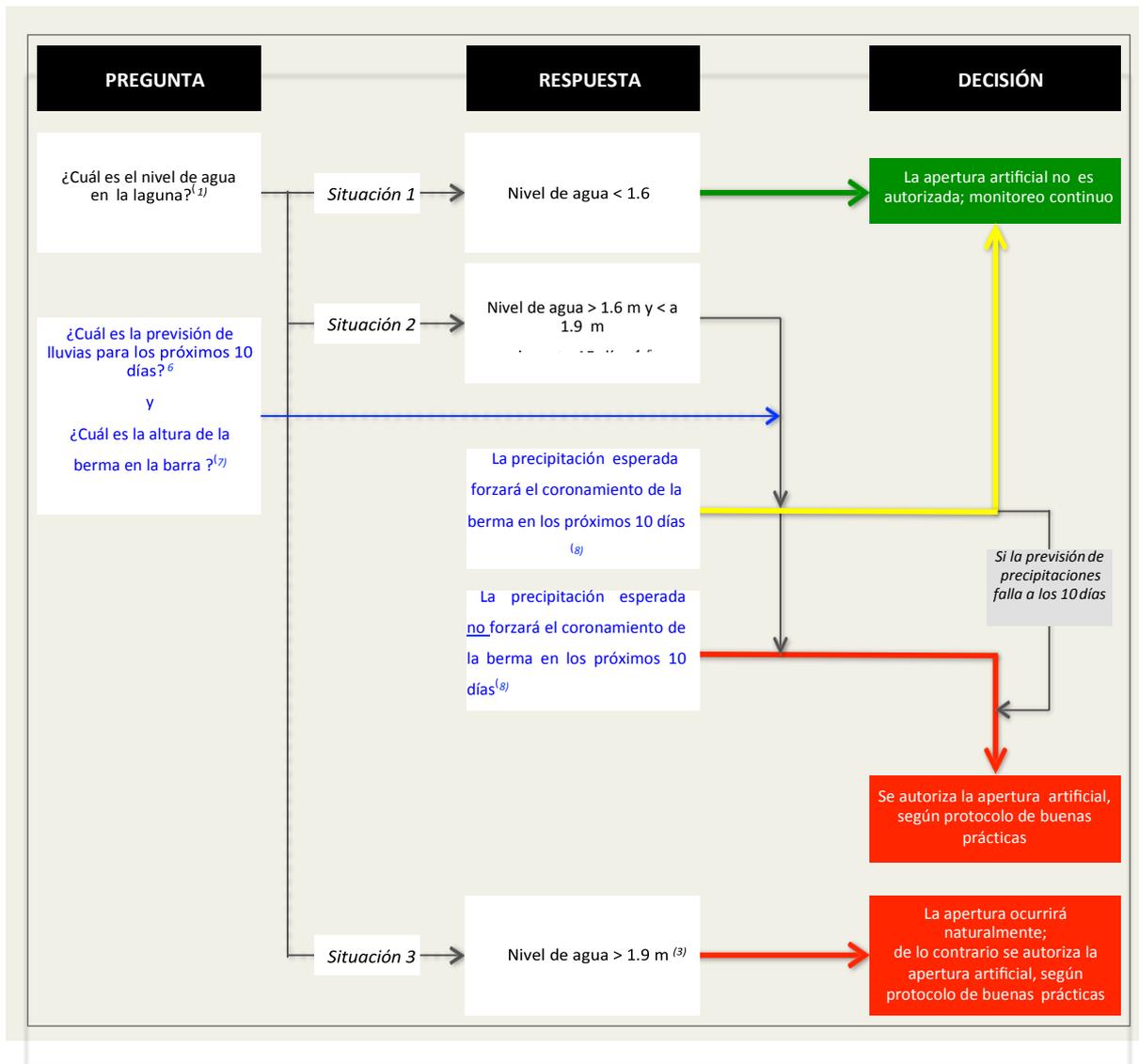


Figura 1. Flujograma para la toma de decisión de cuándo abrir artificialmente la barra de la Laguna de Rocha.

### 2.1.1 Estimación del nivel de agua esperado con pronóstico de precipitación

Pasos para estimar el nivel de agua esperado en la laguna en base al pronóstico de precipitación en la cuenca:

1. Registrar en los limnígrafos o boyas el nivel del agua de la laguna al menos una vez por día durante los 10 días estipulados (ver Situación 2, Figura 1).
2. Ubicar en qué curva de la siguiente figura se encuentra dicho nivel; por ejemplo, la curva color vino representa un nivel de agua de 1.50 m.

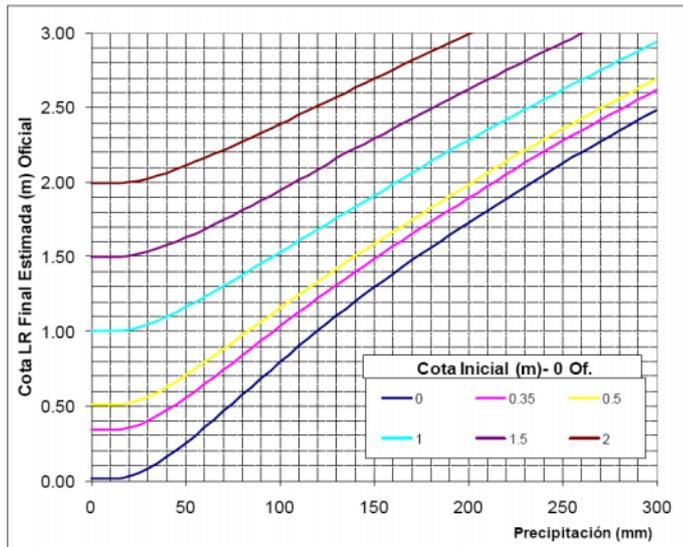


Figura 2. Esquema (preliminar) para la estimación de nivel esperado de la Laguna de Rocha en base a pronósticos de lluvia en la cuenca de la laguna.

3. Obtener el pronóstico de la precipitación esperada para los próximos 10 días (*ver nota 6, Anexo 1*).
4. Ubicar en el eje horizontal de la figura 2 el valor que corresponde al pronóstico de precipitación.
5. Usando la intersección del valor del pronóstico de precipitación con la curva del nivel de agua registrada, obtener en el eje vertical el nivel de agua en la laguna que se alcanzaría si efectivamente lloviera lo que está pronosticado.
6. Compara el nivel de agua estimado mediante este procedimiento con la altura de la berma medida en el terreno.

## 2.2 ¿Dónde realizar la apertura?

La selección del sitio de apertura deberá seguir los siguientes criterios:

Se deberá situar la zona para una primera apertura en el lugar donde la barra se cerró previamente, sitio que seguramente tendrá una de las menores distancias entre el mar y la laguna en toda la barra y teniendo en cuenta la zona recomendada en la figura 3. La zona de excavación del canal artificial deberá coincidir lo más ajustadamente posible con el canal de la apertura previa. Esto implica que la excavación no necesariamente se realizará perpendicularmente a la línea de costa o en la dirección de menor distancia entre la laguna y el mar, sino siguiendo el canal de apertura abandonado o la dirección del viento dominante. De esta forma, el canal preexistente y la energía del viento promoverán el movimiento del agua en el sentido de menor resistencia y rozamiento contra la arena.

Siempre se deberá realizar dentro de la zona de intervención mínima, sub-zona de apertura de la laguna prevista por el Plan de Manejo del Paisaje Protegido Laguna de Rocha (Figuras 4), en la zona comprendida entre las coordenadas que se indican en la tabla a continuación. Estas coordenadas son orientativas, buscando delimitar cartográficamente la zona de aplicación del presente Protocolo.

Tabla. Coordenadas X e Y que delimitan aproximadamente la zona de aplicación del presente Protocolo (cartografiados en la figura 4)

X	Y
749375	6158762
749469	6158581
750116	6159096
750237	6158886

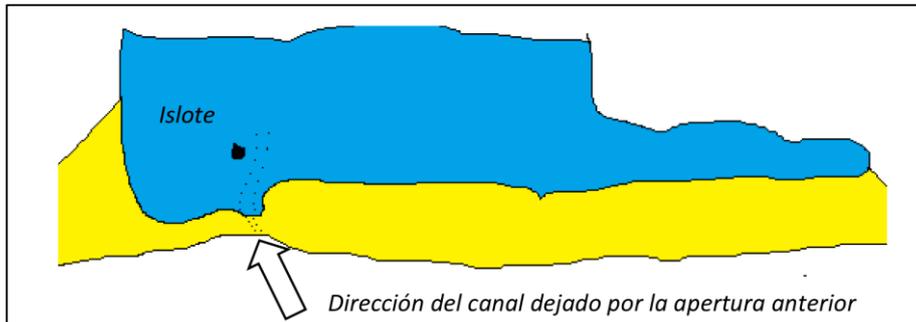


Figura 3. Esquema de la barra de la Laguna de Rocha, indicando zona recomendada para la apertura de la barra: en línea punteada, en la zona más angosta de la barra, se observa la cicatriz de la apertura anterior que coincide con los canales más profundos en el interior de la laguna; en celeste se indica el espejo de agua de la laguna, en amarillo la barra arenosa y en negro el islote.

En caso de que se proponga un cambio de la zona de apertura, atendiendo a alguna medida de manejo específico de la barra (e.g. recursos acuáticos o contaminación) o adaptaciones futuras del protocolo, la nueva zona debería también ser delimitada con la participación del equipo técnico que elaboró el presente protocolo (Anexo 2).

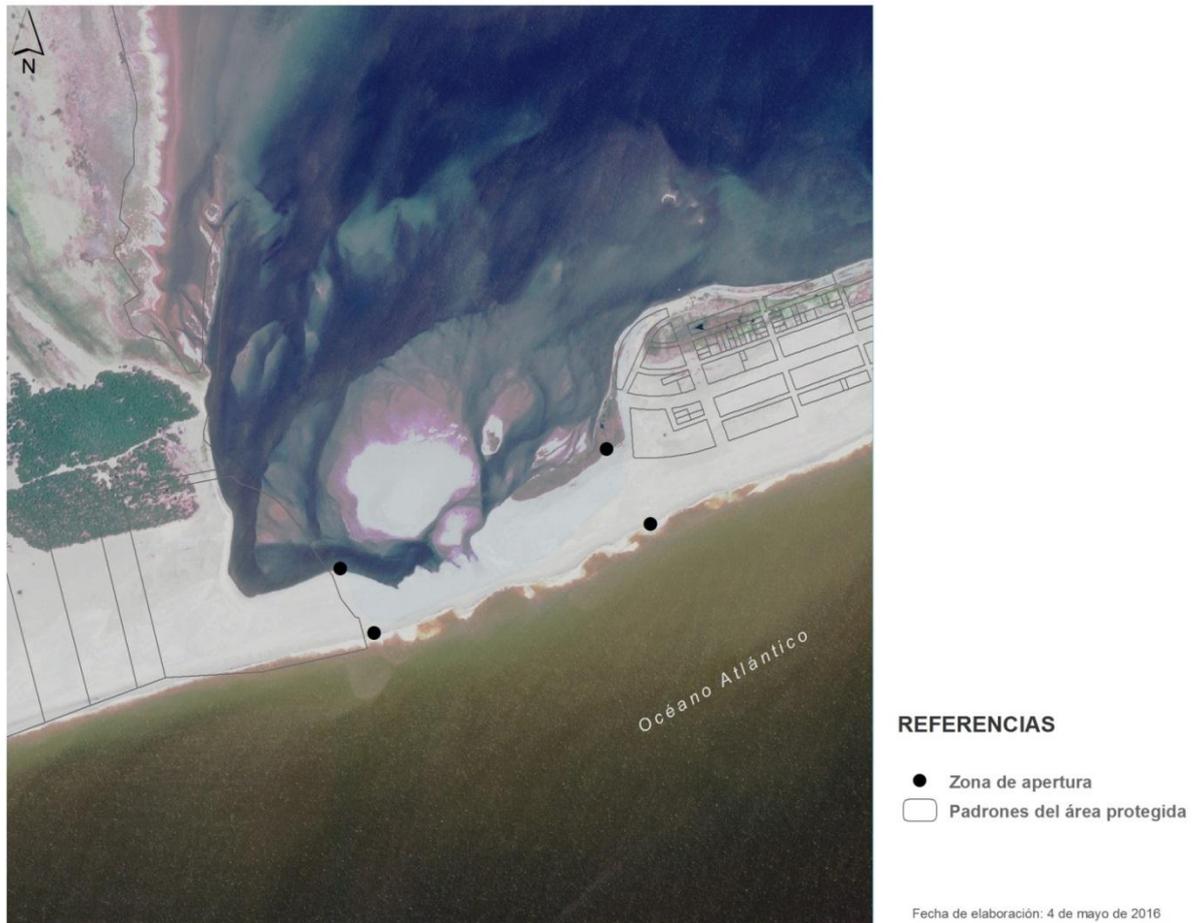


Figura 4. Zona aproximada de aplicación del presente Protocolo.

### 2.3 ¿Cómo realizar la apertura artificial?

Para realizar la apertura artificial se deberá propender a que el viento rote al sector NW-NNE con velocidades de menos de 30 km/h y cuando el oleaje marino no supere 1 m de altura. Esto asegurará que el canal excavado no sea rápidamente tapado por la arena transportada por el oleaje marino y que el agua de la laguna genere una alta presión hidráulica, promoviendo la descarga del agua al mar y remueva los sedimentos acumulados.

La maquinaria, o el trabajo manual deberá generar un canal evitando dejar túmulos de arena muy próximos a los márgenes del canal, a fin de que el canal no se colmate antes de lograr una descarga de agua con suficiente energía para arrastrar sedimentos. Los túmulos de arena deberán ser depositados preferentemente en el sector contrario al viento dominante, para evitar que la arena se vuele y ocluya el canal.

Idealmente, la IDR realizará la apertura con la colaboración activa de los pescadores artesanales y guardaparques, aspecto que debería ser discutido y propuesto en el marco de la Comisión Asesora Específica del Paisaje Protegido Laguna de Rocha, en la cual se propone la creación de un grupo especializado para este fin (ver Anexo 3).

## **Anexo 1: Detalles adicionales referidos a las notas 1 a 8 del protocolo**

1) *El nivel de agua de la laguna (o cota) es la altura de la columna de agua registrada en reglas (o limnógrafos) o en estacas, referenciados al Cero Oficial (CO). El CO es el nivel medio del agua en el Puerto de Montevideo. Las cuatro estacas del protocolo de la CAE tienen una cota aproximada de 1.6 m respecto del CO. En la Laguna de Rocha, la regla instalada por el MTOP en 1956 en La Virazón tiene un nivel cero (0) que corresponde, aproximadamente, al CO. El mojón de referencia colocado frente a la casa del Guardaparque Andrés Sosa en la barra por el equipo de agrimensores de este estudio tiene una cota aproximada de 1.9 m CO.*

*Idealmente, la medición del nivel de agua de la laguna deberá realizarse en limnógrafos, localizados en lo posible dentro del agua, de forma de obtener medidas de niveles de agua de la laguna tanto altos (crecidas) como bajos (estiajes). Algunos de esos sitios podrían ser ambos bolsones, la barra, La Riviera y Puerto de los Botes. Los limnógrafos deberán localizarse distribuidos en el perímetro de la laguna, de forma de tener mediciones representativas de todo el sistema. Una vez instaladas las dos boyas de medición automática que colocará el Centro de Manejo Costero (CURE-UdelaR) en la zona Norte y Sur de la laguna, podrá obtenerse un registro continuo del nivel de agua de la laguna. Sin embargo, es recomendable mantener la lectura en limnógrafos para prever períodos de rotura o de mantenimiento de dichos equipos.*

2) *En 2011, la CAE acordó instalar cuatro estacas en puntos estratégicos de la cuenca de la laguna, en acuerdo con productores agropecuarios, pescadores y guardaparques. Las estacas se colocaron en los sitios donde se consideró que el nivel del agua de la laguna era “normal” y comenzaba a inundar en forma evidente los predios privados, según estos actores locales. Dichas estacas se encuentran a 1.6 m CO.*

3) *El nivel de agua 1.9 m CO representa el nivel que alcanzó la Laguna de Rocha en la apertura artificial de junio de 2013. Esta apertura artificial se realizó con un nivel de agua elevado, pero sin afectar significativamente viviendas de pescadores. Dicho nivel de agua no generó conflictos en la toma de decisión de la apertura y es un nivel de agua relativamente cercano al posible nivel óptimo de apertura natural para las condiciones físicas actuales del sistema.*

*Se considera que el nivel óptimo de agua para una adecuada apertura natural está muy cercano a 2.2 m CO, nivel de agua registrado durante la segunda apertura artificial ocurrida en agosto de 2013, la que técnicamente presentó condiciones de apertura casi natural. En esa ocasión, el agua alcanzó viviendas de pescadores ubicadas en la planicie de inundación en la barra de la laguna. Al menos una vez entre 5 y 10 años el nivel de agua de la laguna alcanza esta zona. Este nivel de agua en el sistema se considera poco aceptable en relación a las viviendas de los pescadores, al menos hasta que las mismas no se reacondicionen en zonas más altas o con infraestructura que evite inundaciones (e.g. palafitos).*

4) *Los siguientes pasos del árbol de decisión implican que el nivel del agua de la laguna haya permanecido al menos 15 días entre los niveles de agua 1.6 y 1.9 m CO. Los 15 días se contarán acumulando el número de días que el agua se encuentra entre esos niveles; es decir, si hubieron días que el agua bajó por debajo de 1.6 m, los mismos no serán contabilizados.*

5) *Una vez alcanzado un nivel de agua de la laguna de 1.6 m CO es recomendable que el equipo de dirección del área comience a prepararse para una eventual apertura artificial, lo que puede requerir premura si hay pronósticos de precipitación importantes. Para esto se recomienda:*

- *Contactar con integrantes de la CAE (eventualmente con el subgrupo de trabajo que se*

*propone crear).*

- Consultar al equipo de la UdelaR participante del proyecto.*
- Organizar el trabajo de los guardaparques.*
- Informar a los actores locales para que estén alertas ante una eventual apertura de la barra, tanto natural como artificial.*
- Iniciar las gestiones para un posible uso de maquinaria excavadora.*
- Ubicar la zona de la última apertura para el monitoreo de la altura de barra en esa zona.*
- Organizar el monitoreo de la información meteorológica (chequear en forma periódica la previsión de precipitaciones, pronóstico de viento y oleaje).*

*6) A efectos de estimar el nivel de agua en la laguna en los siguientes 10 días, se deberá considerar alguno de los siguientes pronósticos meteorológicos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPEXCPTEC), modelos ETA/BRAMS, IMFIA, hasta tanto no existan estudios comparativos de pronósticos que sean más confiables para la zona (e.g. estudios en curso entre el CURE, Facultad de Ingeniería-IMFIA y la Facultad de Ciencias-Limnología (UdelaR).*

*7) La berma es la cresta o crestas de playa que se forman por la acción de saca-resaca del oleaje y es parcialmente removilizada por el viento frente a la zona de máxima rompiente del oleaje marino; es decir, es la duna sin vegetación que se forma en la zona de conexión entre la laguna y el mar. La berma actúa como dique natural que embalsa la laguna. La conexión de la laguna con el mar tiene lugar cuando el nivel de agua de la laguna supera la altura de la berma.*

*Medición de la altura de la berma: La altura de la berma será medida desde la ubicación de la última zona de apertura tomando como referencia a una marca en terreno especialmente colocada en un sitio próximo y visible desde la zona de apertura, cuya localización no sea modificada por las aperturas de la laguna. Esta marca en terreno será el nivel de referencia (acotado oportunamente) para calcular la altura de la berma en referencia al Cero Oficial o al Cero que se tome como referencia para todos los cálculos.*

*8) Para determinar si un nivel de agua esperado de la laguna con cierto pronóstico de precipitación en la cuenca, supera o no la berma en la barra, se deberá comparar directamente el nivel de agua esperado en la laguna con la altura observada de la berma en la barra. El nivel de agua esperado de la laguna con cierto pronóstico de precipitación en la cuenca puede estimarse mediante el procedimiento que se indica en la sección 2.1.*

*Si el nivel de agua esperado es suficientemente alto como para rebasar la altura de la berma (medida de acuerdo al punto 7), entonces sería esperable que la laguna se conecte naturalmente en poco tiempo con el mar. Si por el contrario la berma es muy alta o no hay pronóstico de precipitación suficiente, sería esperable que el nivel esperado de agua de la laguna no sea suficiente para rebasar la berma en el corto plazo, y por tanto debería practicarse una apertura artificial.*

## **Anexo 2. Marco de trabajo y equipo técnico que elaboró este protocolo**

El presente protocolo fue desarrollado por el Centro Interdisciplinario para el Manejo Costero Integrado (CURE/Espacio Interdisciplinario-UdelaR), la Sección Limnología (Facultad de Ciencias – UdelaR) y la Unidad de Ciencias de Epigénesis (IECA, Facultad de Ciencias-UdelaR), junto con el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (Facultad de Ingeniería-UdelaR), y en coordinación con la Unidad de Cambio Climático – DINAMA – MVOTMA), en el marco del proyecto “Diseño de un sistema de toma de decisión de la apertura artificial de la barra de la Laguna de Rocha”.

El equipo técnico estuvo conformado por Daniel Conde, Lorena Rodríguez-Gallego, Daniel de Álava, Natalia Verrastro, Christian Chreties, Ximena Lagos, Sebastián Solari, Gustavo Piñeiro, Luis Teixeira y Daniel Panario. A su vez, se contó con la colaboración de Carolina Cabrera, Lucía Nogueira, Leonardo Seijo, Javier Vitancurt y Hector Caymaris.

El mencionado proyecto se realizó en coordinación con los co-administradores del Paisaje Protegido Laguna de Rocha (Intendencia Departamental de Rocha y División SNAP/DINAMA/MVOTMA) y en consulta con la Comisión Asesora Específica de la mencionada área.

### **Anexo 3. Propuesta de creación de un subgrupo de trabajo especializado en la CAE**

Se propone la conformación de un subgrupo de trabajo en la CAE especializado en el tema de la barra, constituido por pescadores artesanales, guardaparques, administradores y otros actores relevantes como la DINARA y vecinos afectados, y que podría además integrar a miembros del equipo de investigación de la UdelaR que elaboró el protocolo, cuando sea necesario.

Los objetivos del subgrupo de trabajo serán:

- Asegurar el buen cumplimiento del protocolo de apertura aprobado.
- Realizar un seguimiento de los resultados obtenidos de la aplicación del protocolo de apertura, de forma de discutir posibles adaptaciones del mismo, tanto en sus aspectos técnicos como en los procedimientos de ejecución.
- Integrar y consensuar los intereses de los diferentes actores afectados por el manejo de la barra.
- Velar por el cumplimiento de los aspectos del Programa de Monitoreo e Investigación del Plan de Manejo del Área Protegida, en lo concerniente al manejo de la barra.
- Evaluar y proponer a priori eventuales situaciones de emergencia en las cuales se deba eximir la obligatoriedad de la aplicación de este protocolo (inundaciones extremas con riesgo de vidas, emergencia sanitaria, etc.).