

Protocolo de evaluación y restauración de ecosistemas después de eventos climáticos extremos caso huracanes: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - RB Seaflower, Colombia.



Formulación de protocolo de evaluación y restauración de ecosistemas después de eventos climáticos extremos caso huracanes, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - RB Seaflower, Colombia / 2021.



**Participantes:
Team:**

CORALINA

Dr. Allan Britton, Director General
Dra. Dayana
Dra. Mischel
Bio. Marcelo Viela

BLUE INDIGO

Biol. María Fernanda Maya
Biol. Mariana Genecco

ECOMARES

Dra. Elvira Alvarado
Dra. Valeria Pizarro
Biol. Juliana Vanegas

CEMARIN

Dr. Andrés Osorio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Sede Caribe

Dra. Adriana Santos-Martínez
Cand. PhD. Julian Prato
Dra. Carolina Velásquez
Dr. Juan David Osorio
Dr. Fady Ortiz
Cand. MSc. Diana Castaño
Biol. Yanelis Cantillo
Cand. PhD. Juan Carlos Mejía
M.Sc. Osmani Castellanos
Tec. Venus Avendaño

Sede Bogotá

Dr. Ernesto Mancera
Dra. Brigitte Gavio
Biol. Lina Ochoa
Biol. Álvaro Sandoval
Ing. Paola Echeverry

Sede Medellín

Dr. Andrés Osorio

Asesorías y apoyo



Resumen Ejecutivo Capítulo Pastos Marinos: Autor, Álvaro Sandoval Riveros. Supervisión: Brigitte Gavio.

**Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe, Corporación para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Coralina.
San Andrés Isla, Colombia, 2022.**



Fondo de Compensación Ambiental-FCA

Procedimientos de preparación pre-huracán

La fase de preparación se desarrollará previo a cualquier huracán. Esto sabiendo que la temporada de huracanes en el Archipiélago se presenta cada año entre las temporadas de Junio y Noviembre.

La fase de preparación constará de diferentes elementos:

1. Levantamiento de información base:

- Por medio de información secundaria, revisión de bibliografía relacionada y estudios previos.
- Desarrollo de acciones de investigación y reconocimiento que tapen los vacíos de conocimiento en cuanto a la información base.
- Implementación de monitoreos sistematizados para tener una idea en el tiempo del estado y evolución de los ecosistemas.

Tanto para el levantamiento de la información base como para el trabajo en un eventual escenario post-huracán, se hace indispensable establecer estaciones permanentes de monitoreo que permitan realizar comparaciones más directas y robustas en el tiempo o tras el paso de un huracán. Para esto, un buen sitio monitoreo será: (i) Una pradera típica, conformada por el ecosistema de referencia, (ii) Praderas que sean relativamente homogéneas, (iii) Praderas de fácil acceso para monitoreo y evaluación, (iv) Una pradera de pastos marinos que se aleja de cualquier gran impacto obvio.

2. Preparación logística:

Corresponde a la designación de roles en cuanto a la gestión e implementación de acciones dentro del proceso de respuesta y restauración ante el paso de un huracán por el Archipiélago. En este sentido, es necesario contar con preparación logística en cuanto a las siguientes preguntas:

- ¿Qué entidades van a participar?
- ¿Qué convenios se pueden generar a lo largo del proceso?
- ¿Qué permisos se necesitan?
- ¿Quién va a administrar los recursos y cómo se van a mover éstos?
- ¿Quién va a conformar el equipo científico y técnico?
- ¿Quién va a realizar la interventoría a lo largo del proceso?
- ¿Qué actores locales van a participar y cómo se van a vincular?
- ¿Qué rutas de acción se van a implementar?
- ¿Qué materiales y equipos se necesitan?

3. Recursos

Se debe contar con la capacidad económica para la adquisición de insumos, pago de personal e imprevistos a lo largo del tiempo de preparación, al igual que durante los años de duración de los diferentes proyectos o acciones implementadas de restauración y monitoreo. En este sentido, se debe contar con una base constante de recursos para el monitoreo y evaluación del estado de los ecosistemas o los protocolos de restauración.

La fase de preparación requerirá entonces de la gestión de los recursos para su uso en la implementación de los procedimientos de evaluación de daños, para de esta forma estar preparados para el eventual paso de un huracán sobre el archipiélago y poder responder de manera inmediata. Estos recursos se verán reflejados en rubros de transporte, materiales, equipos, personal, pago de laboratorios o instalaciones técnicas, viáticos e imprevistos de uso exclusivo en actividades de reconocimiento, monitoreo o investigación de línea base o estado actual del ecosistema.

Rubro	Costo estimado
Transporte	640.000
Personal	12`400.000
Viáticos	100.000
Materiales	9`910.000
Uso de laboratorios, instalaciones	6`400.000
Imprevistos	2`945.000
Total	32`395.000

Los valores se estiman con los costos a 2021. *El uso de laboratorios e instalaciones incluye el uso de balanza analítica de precisión, mufla, estufa u horno, los cuales no se consideran dentro de los costos de materiales. **Los costos se estiman para un día completo de monitoreo en campo y un total de dos meses de análisis de muestras en laboratorios o instalaciones técnicas y mediante herramientas SIG. Estos no contemplan los gastos de personal administrativo del proyecto, sino la parte técnica y científica.**

Procedimiento de evaluación de daños

La evaluación de los daños en los ecosistemas de pastos marinos se realizará en dos fases. La primera fase será la evaluación inmediata (1 a 10 días después del paso del huracán), mientras que la segunda fase será la evaluación para la implementación de medidas de restauración. No obstante, si en la primera fase se concluye que no hay una afectación significativa sobre los ecosistemas de pastos, no es necesario realizar la segunda fase.

En la primera fase, lo primero que se debe evaluar es si se ha dado una pérdida de cobertura significativa de pastos marinos, para lo que se implementará el uso de imágenes satelitales (de ser posible) o fotografías obtenidas mediante dron. Esto podría conducir a la selección de sitios inmediatos de interés en donde se hayan perdido coberturas de más de una hectárea para las islas de San Andrés y Providencia, en donde los costos de restauración son menores respecto a los cayos y bancos (transporte) y en donde se encuentran las praderas más extensas, mejor desarrolladas y de mayor interés social y económico. A su vez, el monitoreo en campo será fundamental para evaluar si ha habido enterramiento, erosión u otra afectación a causa del huracán que pueda generar mortalidad de pastos en el corto plazo, para lo cual se propone analizar los aspectos mencionados anteriormente en “sitios para monitoreo”, sumado a lo siguiente:

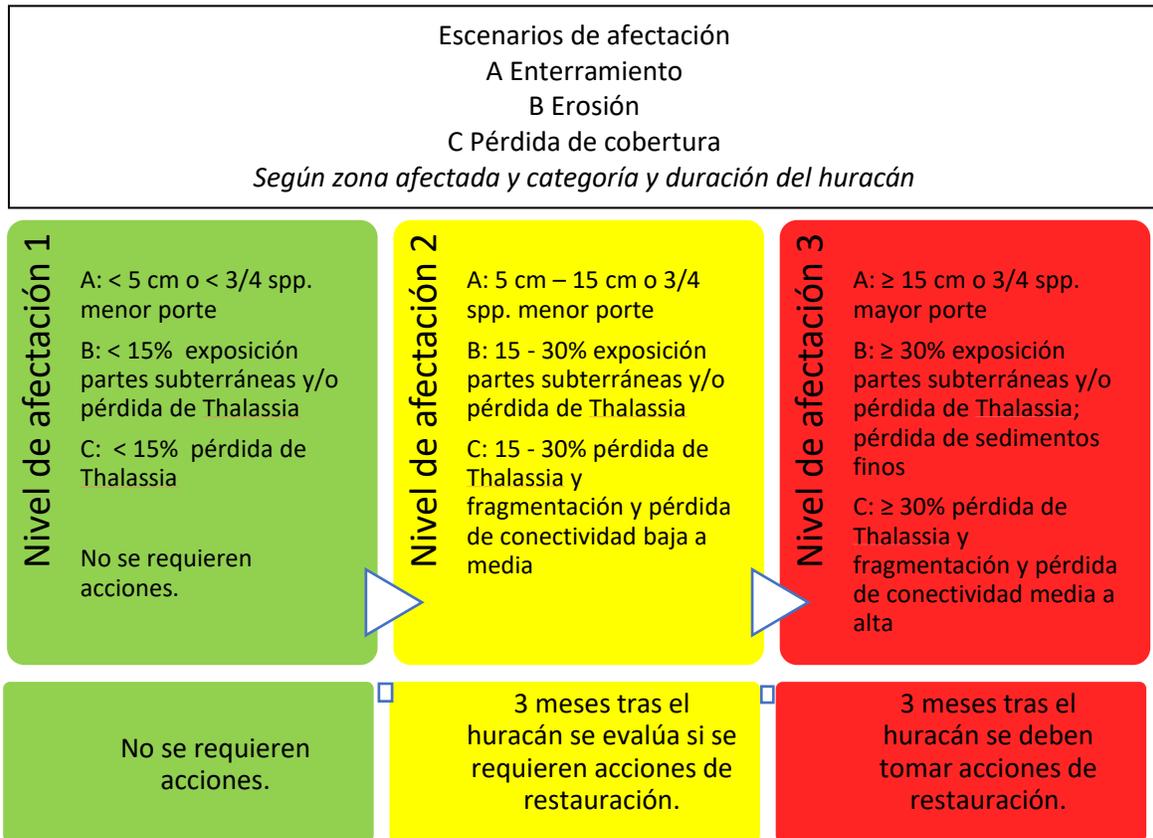
- Sitios de mayor vulnerabilidad ante el paso de huracanes según modelos y simulaciones de altura de olas y velocidad de la corriente.

- Praderas que por trabajos previos se encuentren en zonas de mayor exposición a las olas y mayores velocidades de corriente.
- Praderas que tengan la comunidad de *Thalassia* más exuberante o mejor desarrollada con hojas verdes limpias. (Indicativo del máximo de productividad)
- Praderas mixtas de *Thalassia* y *Syringodium* representativas del ecosistema.
- Sitios trabajados previamente (Estaciones de muestreo).

Se seleccionarán por lo menos tres sitios, y por cada sitio se seleccionarán por lo menos tres o cuatro puntos para hacer transectos que abarquen diferentes profundidades (separados por al menos diez metros). En cada transecto se harán tres cuadrantes en los cuales se tomarán los datos correspondientes a las siguientes metodologías:

- | | |
|--|---|
| • % de cobertura | • Biomasa total y aérea |
| • Nivel de enterramiento (Si hay) | • Nivel de exposición de partes subterráneas (Si se presenta) |
| • Fauna asociada | • Granulometría de sedimentos |
| • Densidad de vástagos | • %MO de sedimentos |
| • Altura del dosel | • Infauna |
| • Área foliar | • Densidad de brotes |
| • Condiciones Fisicoquímicas del medio | |

Tras analizar los datos, se evalúa el estado de la pradera en cuanto a salud con el fin de determinar si es necesario implementar una segunda fase de evaluación de daños, la cual sería a los 3 o 4 meses después del paso del huracán, buscando analizar si las afectaciones del paso del huracán generaron mortalidad de las praderas de pastos. En este caso la evaluación en la segunda fase se haría a nivel de campo con las metodologías enlistadas anteriormente, con el fin de establecer si las afectaciones continúan o han generado mortalidad, indicando que estas zonas requieren de la implementación de acciones de restauración según el siguiente diagrama.



Procedimiento de respuesta a la restauración

La implementación de acciones de restauración se debe abordar desde dos puntos, el primero es un análisis de rentabilidad y la segunda a partir de la evaluación de daños post-huracán. Con el análisis de rentabilidad se pueden determinar qué proyectos pueden ser viables y cuales no antes de iniciar cualquier medida de restauración, pero hay escenarios de pérdidas muy significativas de pastos, que sin un análisis de rentabilidad podrían conducir a la implementación de acciones de restauración inmediatas.

$$Rentabilidad = \frac{Beneficio \text{ (hectareas)} \times Probabilidad \text{ de éxito de planes de restauración}}{Costo \text{ total}}$$

La probabilidad de éxito se puede analizar con los avances en restauración desarrollados en 2020 en la Isla de San Andrés en el marco del proyecto “Seagrass restoration as mitigation of ocean acidification in the caribbean region – Blue carbon restoration project” (Datos no publicados) sumado a éxito en otras áreas del caribe.

En el corto plazo, las acciones estarán encaminadas a una restauración primaria y se enfocarán en recuperar la cobertura y densidad de pastos marinos a partir de definir el protocolo necesario para restaurar los ecosistemas de pastos marinos según el escenario y el nivel de afectación

Los sitios a restaurar dependerán de los recursos disponibles, la accesibilidad y los resultados de la evaluación del estado del ecosistema post-huracán, buscando priorizar sitios con las siguientes características:

- Praderas que por su mayor estructura y composición presenten prioridad desde la pérdida de funciones y servicios ecosistémicos. Por ejemplo, pérdida o disminución en la capacidad pesquera o la estabilización de los sedimentos (En este caso se tiene que evaluar tanto desde una perspectiva ecológica como económica).
- Cuando una zona específica presente una pérdida considerable de cobertura.
- Las praderas de providencia que presentan composiciones mixtas de *T. testudinum* y *S. filiforme*, por su exclusividad dentro del archipiélago siendo la que presenta mayor complejidad estructural.
- Pérdida de conectividad,
- Pérdida de corredores biológicos.
- Zonas protegidas del oleaje.

Una vez seleccionados los sitios a restaurar y el tipo y nivel de afectación (Fase diagnóstica), se sigue con la metodología a la restauración, la cual se contempla mediante dos rutas diferentes como lo muestra el siguiente cuadro:

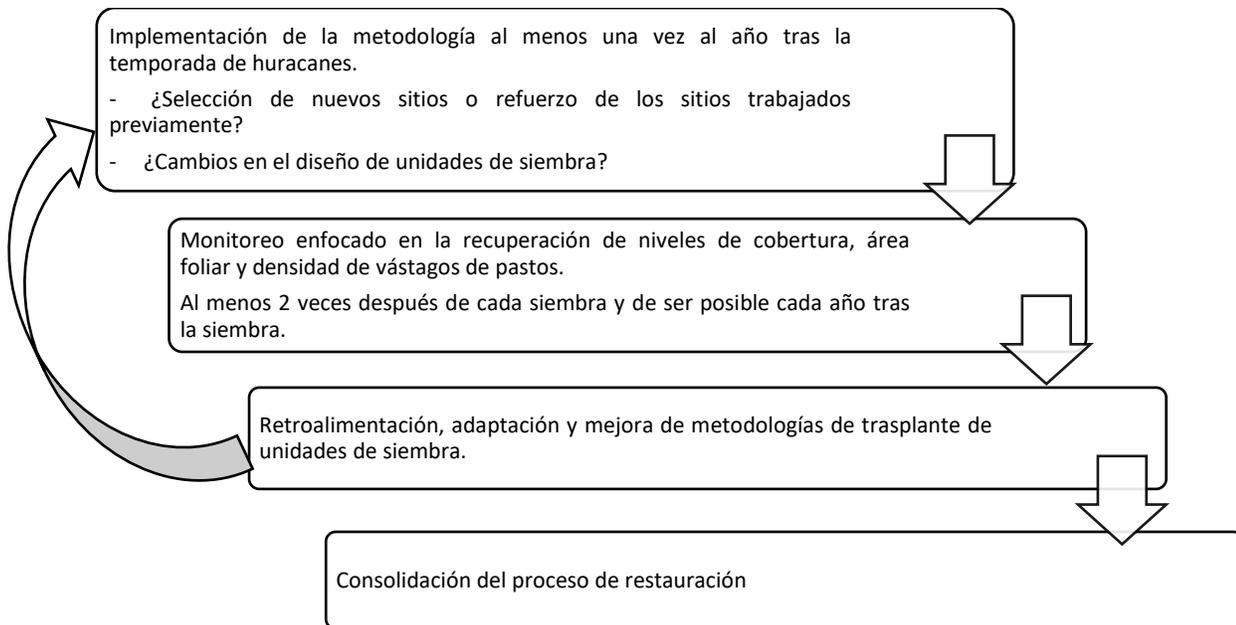
Fase diagnóstica	
<p>PASO 1 Selección de sitios para evaluación rápida.</p> <p>PASO 2 Evaluación rápida del estado del ecosistema post-huracán.</p> <p>PASO 3 Definición del escenario y grado de afectación general a partir del cual se decide si es necesario implementar acciones y procesos de restauración.</p>	
<p>RUTA A: Cuando no se presenten barreras al establecimiento o persistencia, es decir, condiciones ambientales iguales que antes del paso del huracán.</p>	<p>RUTA B: Cuando se presenten barreras al establecimiento o persistencia y se decide esperar estabilización de factores ambientales para restaurar. (Recomendado cuando se cuenta con los recursos para <i>manutención de cultivos o redes colaborativas</i>)</p>
<p>PASO 4 Definir objetivos de restauración.</p> <p>PASO 5 Selección de sitios a restaurar (Mayores afectaciones, Mayores tiempos de recuperación estimada, Mayor rentabilidad costo-beneficio).</p> <p>PASO 6 Seleccionar los sitios o material donantes</p> <p>PASO 7 Diseñar y seleccionar la metodología de restauración: Siembra manual de brotes o núcleos, tipo de anclaje de unidades de siembra.</p> <p>PASO 8 Implementar la metodología.</p> <p>PASO 9 Monitoreo</p>	<p>PASO 4 Definir objetivos de restauración.</p> <p>PASO 5 Seleccionar los sitios o material donantes</p> <p>PASO 6 Implementación de metodologías de propagación en vivero o cultivos controlados si no se han establecido con anterioridad (zonas de propagación).</p> <p>PASO 7 Monitoreo (3 meses tras Paso 2).</p> <p>¿Persisten las barreras o ya se puede continuar con implementar procesos de siembra para restauración?</p> <p>PASO 8 A) Si persisten: Esperar y realizar un nuevo monitoreo tras 6 meses del disturbio; B) * No persisten y</p>

	<p>tras el tiempo transcurrido aun es necesario restaurar: Implementar ruta A con ayuda de la comunidad donante establecida en los cultivos, solo si lograron ser efectivos.</p>
--	--

*Pasos para la restauración primaria de pastos marinos post-huracán. Entiéndase como barreras al establecimiento o persistencia niveles elevados de turbidez, disminución de oxígeno disuelto o de la salinidad, nutrificación, cambios en tipo y nivel de sedimentos * Se puede dar un escenario en el que al esperar que las condiciones ambientales se reestablezcan, en el monitoreo del estado del ecosistema se determine que por medios naturales el ecosistema se recuperó o está en una trayectoria a rehabilitarse naturalmente y no sea necesario implementar acciones de restauración.*

El diseño y la selección de la metodología para las unidades de siembra será basado en costos a la restauración, por lo que idealmente se espera desarrollar siembra manual, ya sea de fragmentos, brotes y/o núcleos colectados manualmente de poblaciones donantes o en el caso de los fragmentos, libres. Para la siembra idealmente se esperaría el uso de estacas para mantener unidas al sustrato las diferentes unidades de siembra.

En el mediano y en el largo plazo las acciones se verán enfocadas en el aumento de la extensión de los pastos marinos, la retroalimentación de los procesos de restauración implementados anteriormente y a la recuperación de servicios y funciones de los ecosistemas de pastos marinos. Para esta última, se pueden desarrollar diferentes actividades como la asistencia al ecosistema, remoción de especies y/o adición de especies, las cuales se desarrollaran únicamente en casos de rentabilidad positiva y en los que se ha determinado que es necesario para el cumplimiento exitoso de los objetivos iniciales.



Pasos para la restauración secundaria de pastos marinos post-huracán en procesos a largo plazo (más de 2 años), y en los que el enfoque es básicamente restaurar biomasa y cobertura.

Finalmente, al igual que en la etapa de preparación, la claridad en cuando a recursos, equipos y materiales necesarios en la fase de restauración será fundamental para el éxito de cualquier acción implementada en el corto, mediano y largo plazo, para que no se den casos en los que la implementación de acciones de restauración se vea detenida debido a falta de recursos o equipos. En la siguiente tabla se hace una estimación de los principales recursos necesarios por cada rubro en la fase de restauración. Estos valores están estimados para protocolos de restauración primaria los cuales se desarrollarían a lo largo de un año en el cual se implementen dos acciones de siembra después de la temporada de huracanes y dos fechas de monitoreo tras la implementación (1 y 3 meses). Esta tabla está sujeta a cambios según el tipo de restauración (primaria o secundaria), el tipo de afectación o el cronograma y numero de jornadas de siembra que se decidan implementar. Cada jornada de siembra se espera que abarque por lo menos 3 puntos: haciendo 4 cuadrantes de siembra de 1 m² en 3 transectos para cada punto o 4 transectos con 3 cuadrantes de siembra de 1 m² (área total de siembra por jornada = 36 m² Que equivale a 72 m² año si se hacen dos jornadas).

Rubro	Costo estimado
Transporte	6`400.000
Personal	57`160.000
Viáticos	1`000.000
Materiales	15`687.000
Uso de laboratorios, instalaciones	10`400.000
Imprevistos	9`064.700
Total	99`711.700

Los valores se estiman con los costos a 2021. *El uso de laboratorios e instalaciones incluye el uso de balanza analítica de precisión, mufla, estufa u horno, los cuales no se consideran dentro de los costos de materiales. **Los costos se estiman para dos días completos de monitoreo en campo, 2 jornadas de siembra (6 días en campo) y un total de dos meses de análisis de muestras en laboratorios o instalaciones técnicas y mediante herramientas SIG. Estos no contemplan los gastos de personal administrativo del proyecto, sino la parte técnica y científica.**

Métodos seguimiento y monitoreo de restauración

Un monitoreo exitoso debe seleccionar indicadores de seguimiento y éxito adecuados que cumplan con ciertas características:

- ser definibles claramente
- ser fácilmente medibles e interpretables
- ser útiles para múltiples análisis
- **no tener carácter destructivo**
- brindar el máximo de información por unidad de área
- proveer información con respecto al incremento en las características deseables y la reducción de las no deseables
- indicadores que permitan hacer inferencias sobre la recuperación de la estructura y de la función del ecosistema.

A partir de lo anterior, un monitoreo de restauración de ecosistemas de pastos marinos debería proponer los siguientes Indicadores de seguimiento y éxito enlistados según orden de importancia para el análisis:

- Supervivencia de unidades de siembra trasplantadas.
- Densidad de vástagos y porcentaje de cobertura.
- Fotografía / video.
- Cobertura: Verificaciones de cobertura y extensión.
- Altura del dosel.
- Área foliar.
- Físicoquímicos.
- Granulometría no destructiva.
- Fauna.
- Infauna.*
- Biomasa.*
- Densidad de brotes.*
- Funciones del ecosistema.*

*Se refiere a los monitoreos a muy largo plazo, ya que hacer este tipo de monitoreos que implican extracción de material son de carácter destructivo afectando la restauración. Puede que solo se implementen en la fase de consolidación.

Se deben presentar Informes de seguimiento con fechas, horas y ubicaciones geográficas (GPS) de las actividades de monitoreo, observaciones sobre el estado del mar y la marea en el momento del seguimiento, datos y observaciones sobre variables ambientales y meteorológicas para el período de seguimiento, datos cuantitativos sobre los atributos medidos o indicadores de seguimiento para cada parcela / sitio de trasplante y la interpretación detallada de los datos, respaldada por análisis estadístico (según corresponda).

Caja 4. Recomendaciones para una restauración efectiva

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Selección apropiada de sitios. • La alta energía de las olas y la fuerza de las corrientes puede generar desarraigo de los trasplantes. • Zonas con inestabilidad de sedimentos pueden causar erosión y entierro de plántulas. • Desarrollo de anclajes adecuados de los trasplantes para evitar su desarraigo. • No seleccionar zonas demasiado superficiales (afectación por desecación en bajamar) o demasiado profundas (luz insuficiente). • No trabajar a escalas muy pequeñas. • Evitar trabajar a escalas muy grandes sin la tecnología necesaria. | <ul style="list-style-type: none"> • Evitar sitios, temporadas o momentos con mala calidad del agua (turbidez, eutrofización, poca luz). • Evitar zonas con registros de florecimientos algales. • Evitar sitios con altas tasas de epifitismo o enfermedades. • Evitar sitios con bioturbación excesiva o presencia abundante de herbívoros. • Procurar tener siempre material donante o reserva de semillas. • Evitar zonas con alta actividad humana. • Trabajar después de temporada de lluvias. • No trabajar con poca planificación o con objetivos poco realistas. |
|--|---|