



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



MMAyA
Ministerio de Medio Ambiente y Agua



CATÁLOGO DE MEDIDAS de REDUCCIÓN del RIESGO EN PROYECTOS DE RIEGO

MI RIEGO
MÁS INVERSIÓN PARA RIEGO

El Catálogo

Este Catálogo consta del análisis de las amenazas más recurrentes en proyectos de Sistemas de Riego y de las posibles medidas a ser asumidas por el formulador de proyectos con el propósito de hacer más resiliente los proyectos de riego y que nos permitan comprender en forma sencilla y detallada sobre las medidas a ser consideradas e incorporadas dentro del estudio de Diseño Técnico de Preinversión (EDTP), según exigencias de la Resolución Ministerial 115/2015 del Órgano Rector (MPD) y la Resolución Ministerial N° 480 del 26 de junio de 2018 de la Cabeza de Sector (MMAyA).

CONSIDERE QUE:

- ▶ Este documento es un texto de consulta rápida, si el usuario requiere profundizar más el conocimiento, es recomendable hacer uso de la bibliografía proporcionada en este Catálogo.
- ▶ Es un complemento al momento de abordar el análisis de medidas resilientes que plantea la Guía de Análisis de Resiliencia de Inversiones del sector Riego aprobada bajo la Resolución Ministerial No 480 de fecha 20 de septiembre de 2017.

Elaboración:

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)
Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR)
UCEP—MI RIEGO
Proyecto Reducción del riesgo de desastres (PRRD)

Revisión y aporte temático:

Marcelino Aliaga
Diercina Salazar
Nubia Pacheco
Alfredo Wolff Muñoz

Diseño:

Daniela Larrazabal

La elaboración de este documento contó con el apoyo del Proyecto Reducción del riesgo de desastres de la Cooperación Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation.

INDICE

COMPONENTES TÍPICOS DE UN SISTEMA DE RIEGO	8
DESLIZAMIENTOS	10
MEDIDAS QUE HACEN RESILIENTES A SISTEMAS DE RIEGO ANTE DESLIZAMIENTOS	13
INUNDACIONES	18
MEDIDAS QUE HACEN RESILIENTES SISTEMAS DE RIEGO ANTE INUNDACIONES	20
SEQUÍAS	22
MEDIDAS QUE HACEN RESILIENTES A CULTIVOS EN SISTEMAS DE RIEGO ANTE SEQUIAS	26
GRANIZADAS	30
MEDIDAS QUE HACEN RESILIENTES A CULTIVOS EN SISTEMAS DE RIEGO ANTE GRANIZADAS	34
HELADAS	36
MEDIDAS QUE HACEN RESILIENTES SISTEMAS DE RIEGO ANTE HELADAS	38

PRESENTACIÓN

Con el propósito de apoyar y orientar a los formuladores de proyectos de inversión pública dentro del Sector de Medio Ambiente y Agua, en el marco de sus atribuciones y competencias, el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR) presenta el “Catálogo de medidas de reducción de riesgos” para proyectos de riego y lo pone a disposición de las instituciones y profesionales vinculados a esta actividad.

Este Catálogo provee a los profesionales inmersos en el Sector de Riego de una herramienta orientativa que permitirá tomar decisiones para incorporar las medidas resilientes en los proyectos de riego.

El presente Catálogo presenta una alternativa de análisis de riesgos de desastres y de adaptación al cambio climático, según es el mandato de la Resolución Ministerial 115, aprobada el 12 de mayo de 2015 por el Órgano Rector (Ministerio de Planificación del Desarrollo, MPD), que es de cumplimiento obligatorio por todas las entidades ejecutoras, por lo que su difusión y aplicación por parte de las instituciones vinculadas al sector contribuirá a mejorar la calidad y sostenibilidad de la inversión pública en todo el país.

Se agradece el apoyo temático y financiero de la Cooperación Suiza en Bolivia, a través del Proyecto Reducción del Riesgo de Desastres (PRRD) de HELVETAS Swiss Intercooperación y de la UCEP MI RIEGO del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego.

Ing. Braulio Nelzon Huaylla Cáceres
Viceministro de Recursos Hídricos y Riego

COMPONENTES DE UN PROYECTO DE RIEGO

1. ÁREA DE APORTE Superficie de terreno en el cual se produce la recarga de la fuente de agua que alimenta el sistema de riego.

2. OBRA DE TOMA

Embalses o presas

Se denomina embalse a una construcción en el lecho de un río que cierra parcial o totalmente su cauce. La obstrucción del cauce puede darse por obras construidas por el hombre para tal fin, como son las presas. Los embalses construidos mediante presas tienen la finalidad de regularizar el caudal de un río, almacenando el agua de los períodos de lluvia para utilizarlos durante los períodos más secos para el riego.

Toma de agua lateral

Cuando la toma es lateral al cauce permanente de un río o quebrada.

Tomas con azud derivador

Es la construcción de una obra transversal en el cauce del río o quebrada, con la derivación hacia la aducción.

Toma de agua sumergida

Construcción de una estructura de toma en el interior de una presa o embalse. La profundidad en este tipo de obra garantiza un flujo permanente de líquido en el conducto de agua para la toma lateral hacia el desarenador.

3. DESARENADOR

Desarenador es una estructura diseñada para retener la arena que traen las aguas superficiales a fin de evitar que ingresen al canal de aducción. La construcción de esta estructura es básica y tiene la función de prevenir el ingreso en el sistema, de lodos, arenas, raíces y otros objetos flotantes.

4. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

1. Canales Abiertos

Es un conducto por el cual circula agua, que tiene una superficie libre expuesta a la presión atmosférica.

2. Tuberías

Una tubería es un conducto cerrado que cumple la función de transportar agua. Se suele elaborar con materiales muy diversos

5. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento son estructuras de diversos materiales, que son usadas para almacenar agua.

6. OBRAS DE ARTE (PASOS DE QUEBRADA)

Son estructuras que atraviesan las quebradas, puede ser mediante tuberías colgadas o canales abiertos apoyados en columnas

7. CÁMARAS REPARTIDORAS

Son depósitos que cumplen la función de repartir los caudales necesarios a diferentes áreas de cultivo

8. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

Son redes de distribución que permiten que el agua llegue hacia la parcela de riego, ya sea por canales secundarios cuando el riego es por inundación o mediante tuberías cuando el riego es tecnificado.

9. CULTIVOS TRADICIONALES

Son cultivos usuales de la región, generalmente de consumo propio y de mercado como por ejemplo: maíz, papa, haba, arveja, etc. y que se cultivan tanto a secano como con riego.

10. CULTIVOS NUEVOS

Cuando son introducidos o propuestos por el proyecto, con una inclinación preferencial para la comercialización, especialmente en proyectos de riego tecnificado. Son cultivos que se cultivan solo bajo riego como por ejemplo: tomate, cebolla, zanahoria y otras hortalizas.

11. CULTIVOS ESPECIALES

Que pueden ser parte de complejos o cadenas productivas, debido a las posibilidades de transformación en nuevos productos como árboles y plantas frutales de los cuales se pueden generar mermeladas, dulces, bebidas y/o licores como por ejemplo: frutillas, vid, duraznos, etc. Son cultivos con orientación de mercado cuando se cultivan en cantidad pero que, antes del proyecto existían como pequeños cultivos tradicionales caracterizados por pocos arbolitos familiares.

12. PASTOS FORRAJEROS Y BOFEDALES

Cuyo beneficio no siempre es el ingreso directo por venta sino su utilización como alimento para la producción ganadera propia de la zona.

DESLIZAMIENTOS

Los movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollarse intempestivamente a velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por la superficie de rotura.

Es de gran utilidad la información en torno a los movimientos en masa, expresada en un lenguaje sencillo, con definiciones que describan los aspectos únicos que caracterizan al movimiento y que pueden emplearse para diferenciarlo de los otros.

El objetivo de este catálogo es presentar los tipos de movimientos en masa de una manera simple y comprensible, conservando los conceptos establecidos en las clasificaciones más usadas, para determinar las medidas resilientes para mitigar el impacto de esta amenaza.

Este catálogo, está especialmente dirigido a técnicos del programa Mi Riego, de Gobiernos Autónomos Departamentales, de Gobiernos Autónomos Municipales y a consultores independientes.

INSTRUMENTO

1

DESLIZAMIENTOS

Generalidades

Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que adoptan en forma permanente las masas de suelo. El talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas.

Cuando el talud tiene formación natural, sin intervención de la mano del hombre, se denomina ladera natural o simplemente ladera.

La Estabilización de taludes en la fase de formulación de proyecto se realiza en aquellos casos donde existen condiciones que generan riesgo para componentes del proyecto, comprometiendo el funcionamiento del sistema, y se debe principalmente a que el ángulo del talud es superior al ángulo de rozamiento interno del material que lo compone, por tanto el talud es inestable y se deben aplicar medidas estabilizadoras o de protección de la infraestructura.

Se entiende por estabilidad de taludes o laderas, al grado de seguridad que ofrece contra la falla o contra las fuerzas externas o internas que pueden generar el movimiento de masas. Antes de proponer cualquier medida, es necesario definir el grado de estabilidad del talud, que permite determinar cuál será la inclinación apropiada en un corte o un terraplén o cual será la inclinación más apropiada en el talud, de manera que otorgue la seguridad deseada.

Partes de un deslizamiento

Los taludes y laderas son estructuras complejas, que se prestan a muchos estudios y a través de los cuales la naturaleza se manifiesta de forma diversa.

Los problemas relacionados con la estabilidad de laderas naturales difieren normalmente de los que se presentan en taludes construidos por el hombre. Dentro de éstos se deben distinguir los problemas ocasionados por cortes de laderas y conformación de terraplenes. Las diferencias importantes radican en **i)** las propiedades geotécnicas del material que conforma el talud, **ii)** las cargas a las que estarán sometidos y condiciones externas como erosión hídrica, eólica, cobertura vegetal, presencia de humedad o flujos de agua, etc.



Tipos de movimientos en masa

CAIDA Es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable, este movimiento se caracteriza por ser muy rápido y repentino.

VOLCAMIENTO Se denomina así, a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior, este movimiento es debido a la gravedad por empuje o presión de los fluidos en las grietas del cuerpo de la roca o suelos, este movimiento en masa puede ser lento o gradual.



DESLIZAMIENTO Es un movimiento de una masa de suelo o roca que ocurre a lo largo de una superficie de falla con una gran deformación cortante.



A) Deslizamiento traslacional.- Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada, estos movimientos suelen ser más superficiales que rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella.

B) Deslizamiento en cuña.- La mecánica de falla que abarca el deslizamiento de una cuña a lo largo de la línea de intersección de dos familias de discontinuidades.

C) Deslizamiento rotacional.- Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca.

D) Flujo de lodo).- Flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (Índice de Plasticidad mayor al 5%), el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento, mientras que el deslizamiento por flujo ocurre por licuación in situ, sin un incremento significativo del contenido de agua. También se denomina flujo o torrente de barro.

MEDIDAS QUE HACEN RESILIENTES A SISTEMAS DE RIEGO ANTE DESLIZAMIENTOS

COMPONENTES DE UN PROYECTO DE RIEGO

13. ÁREA DE APORTE

14. OBRA DE TOMA

Presas

Toma de agua lateral

DAÑO ESPERADO E IMPACTO AL PROYECTO

Deterioro del área de la microcuenca, con la reducción de la cantidad y calidad del agua, posibles represamientos en los aportantes y excesiva generación de sedimentos y material suelto que podría sedimentar en componentes importantes como embalses.

En caso de que un deslizamiento dañe a la obra de toma, el daño resultaría significativo, debido a que por la fragilidad de este tipo de infraestructura, ocasionaría la interrupción del servicio y daños difíciles de reparar.

En el caso de presas, estos deslizamientos aguas arriba provocarían el arrastre de sedimentos y la colmatación del embalse

No sufren impacto significativo. Si el curso de agua presenta un arrastre mayor de sedimentos, se debe evitar que estos colmaten, los sedimentadores y se introduzcan hacia la tubería.

MEDIDAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Modificación de la geometría del talud

Aplicable en taludes inestables. Las actividades se enfocan a modificar su geometría para obtener una nueva configuración que estabilice el talud. Esta configuración busca obtener al menos uno de los dos efectos siguientes:

- ▶ Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa.
- ▶ Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales en zonas convenientes de la superficie de rotura.

Pueden aplicarse las siguientes medidas generales:

A. Eliminar la masa potencialmente inestable.- Es una solución que solo se aplica en casos extremos, consiste en retirar toda la masa incorporada en la inestabilidad con el fin de evitar su caída o desplazamiento.

B. El perfilado de taludes.- Su finalidad es configurar un talud de corte o de un terraplén para adaptarlo a las pendientes y alturas que los hacen estable. Se recomienda ejecutar paralelamente labores de vegetación.

Construcción de soportes de tierra o escollera

Los soportes de tierra en el pie de un talud se realiza simultáneo con el perfilado y la finalidad es aumentar las tensiones normales en la parte baja para aumentar la resistencia. El incremento depende del ángulo de rozamiento interno de la parte inferior de la superficie de falla. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento compromete la base y es igual de efectivo colocar el relleno frente al talud. El peso propio del soporte de tierra aumenta el momento estabilizador frente a la rotura a manera de cuña estabilizadora.

COMPONENTES DE UN PROYECTO DE RIEGO

Tomas con azud derivador

DAÑO ESPERADO E IMPACTO AL PROYECTO

No sufren impacto significativo. Si el curso de agua presenta un arrastre mayor de sedimentos, se debe evitar que estos colmaten, sedimentados y se introduzcan hacia la tubería.

Toma de agua sumergida

No sufren impacto.

15. DESARENADOR

Si esta obra se encuentra en zonas con posibilidades de deslizamiento, podrían sufrir daños mayores en la infraestructura o su colmatación con sedimentos y el respectivo arrastre de los mismos hacia la línea de conducción.

16. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

- Canales Abiertos
- Tuberías

Impacto alto: Cuando la línea de conducción atraviesa zona inestable, generalmente se produce su rotura, interrumpiendo la continuidad del servicio del agua hacia las áreas de cultivo.

Impacto menor: Cuando la línea de conducción por canales abiertos está expuesta a la caída de materiales, podría generarse también taponamientos con la consiguiente interrupción en el servicio.

MEDIDAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Secuencia de bermas y taludes

Las bermas cumplen una función estabilizadora del talud, facilitan el proceso constructivo y las labores de mantenimiento del tratamiento, retienen la caída de fragmentos de roca y se pueden disponer las estructuras hidráulicas y los drenes horizontales permitiendo el ordenamiento de aguas superficiales y sub superficiales.

Drenaje superficial

Las medidas de drenaje superficial tienen varias finalidades:

- ▶ Evitar que las aguas de escorrentía que lleguen a un talud o área tratada, se infiltren directamente o a través de grietas, modificando la humedad natural del talud, modificando sus propiedades geotécnicas e incrementando las cargas.
- ▶ Controlar los efectos por la erosión hídrica de las aguas de escorrentías acumuladas en las áreas tratadas y el deterioro de los taludes.
- ▶ Evitar altos volúmenes de infiltración en áreas niveladas que acumulan grandes volúmenes de agua de escorrentía.

Control de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son las que se encuentran bajo la superficie del terreno o dentro de los poros o fracturas de las rocas, o dentro de las masas de capas de roca sueltas; en zonas húmedas a metros de profundidad. Las aguas subterráneas son causantes de múltiples problemas de estabilidad de taludes.

COMPONENTES DE UN PROYECTO DE RIEGO

17. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

DAÑO ESPERADO E IMPACTO AL PROYECTO

Alto Impacto. Si el tanque se encuentra en zona de deslizamientos, los daños pueden variar desde menores hasta destrucción total.

Independientemente del daño, es probable que el servicio se vea interrumpido mientras duran los trabajos de reparación.

18. OBRAS DE ARTE (PASOS DE QUEBRADA)

Alto Impacto; Los pasos de quebrada expuesto a deslizamientos, pueden colapsar y generar la interrupción del servicio de agua a los beneficiarios

19. CÁMARAS REPARTIDAS

Al ser elementos menores y dispersos en diversos puntos de la red, el impacto sobre el funcionamiento del sistema es menor, debido a que ocasiona cortes parciales en el sistema.

MEDIDAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Zanjas de drenajes Las zanjas de drenajes son lechos filtrantes establecidos en excavaciones en zanja. Dependiendo de las condiciones de humedad del terreno a proteger y de los caudales de aguas, se pueden instalar con tubería o sin ella. Son útiles para controlar las subpresiones sobre canales construidos por líneas de drenajes o cauces.

Trincheras filtrantes Las trincheras filtrantes son estructuras utilizadas para establecer un camino preferencial al agua en zonas de bajo nivel freático.

Drenes horizontales Los drenes horizontales son perforaciones sub horizontales ejecutadas normalmente en sitios inferiores de laderas y taludes. Van revestidos con tubería perforada o especial y se utilizan para generar abatimiento de las presiones neutras o intersticiales en la pata de taludes saturados total o parcialmente.

ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Muros en concreto ciclópeo Los muros de gravedad en concreto ciclópeo tiene diferentes usos: como muros de contención, diques para corrección de cauces, o como paredes dentro de una canalización. Su empleo es recomendable para alturas menores a los 5 metros. Se recomienda especial cuidado en su ubicación, teniendo en cuenta que el elevado peso de este tipo de medidas podría ocasionar modificaciones en las fuerzas actuantes sobre el talud.

COMPONENTES DE UN PROYECTO DE RIEGO

20. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

DAÑO ESPERADO E IMPACTO AL PROYECTO

Impacto alto: Cuando la línea de conducción atraviesa zona inestable, generalmente se produce su rotura, interrumpiendo la continuidad del servicio del agua hacia las áreas de cultivo.

Al ser elementos menores y dispersos en diversos puntos de la red, el impacto sobre el funcionamiento del sistema es menor, debido a que ocasiona cortes parciales en el sistema.

MEDIDAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Muros en gaviones Son estructuras con base en gaviones, las cuales constan de canastas rectangulares de alambre galvanizado rellenas de piedra, para estabilizar escarpes o taludes viales. Su empleo es recomendable para alturas menores a los 5 metros y que requieren de estructuras que admiten deformaciones. Se recomienda especial cuidado en su ubicación, teniendo en cuenta que el elevado peso de este tipo de medidas podría ocasionar modificaciones en las fuerzas actuantes sobre el talud.

Muros en concreto reforzado Son estructuras utilizadas para estabilizar cortes y rellenos en espacios reducidos, donde no se aceptan deformaciones del material de relleno. Estas estructuras ocupan espacios reducidos de concreto y utilizan los materiales de relleno como elementos que contribuyen a la estabilidad. Su empleo es recomendable para alturas mayores a los 5 metros.

Muros en tierra reforzada Similares a los muros de gaviones, pero extremadamente susceptibles a la presencia de aguas.

Tratamientos con vegetación

La plantación de vegetación tanto en el talud como en el área por encima del talud es una medida importante para su estabilidad. La vegetación cumple funciones principales:

- A)** Intercepta la lluvia,
- B)** Aumenta la capacidad de infiltración,
- C)** Extrae la humedad del suelo,

D) Grietas por desecación

E) Minimiza la escorrentía superficial, evitando la erosión del talud

F) Sus raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante

G) Anclan el suelo superficial a mantos más profundos,

H) Aumentan el peso sobre el talud,

I) Transmiten al suelo fuerza del viento,

J) Retienen las partículas del suelo, disminuyendo susceptibilidad a la erosión

La implementación de esta medida es recomendable junto a todas las medidas previamente descritas, ya que complementan sus propiedades estabilizadoras. Sin embargo se debe tomar en cuenta que su efectividad está en función del tiempo y de la capacidad de mantenimiento que tengan los operadores del proyecto (riego y refallo por ejemplo).

Control de carcavas

Cuando la estabilidad de un talud se vea comprometida debido a procesos erosivos o de deterioro de sus superficies, se recomienda la ejecución de medidas localizadas destinadas a limitar su avance. Este tipo de medidas consisten en por ejemplo el clavado de estacas, terraceo menor, plantación de arbustos, en puntos específicos, etc.

Mejorar las capacidades de la población

Una de las medidas más efectivas en todo proyecto, es la generación de capacidades en la población o en el operador del sistema para identificar potenciales problemas de deslizamiento prematuramente y ejecutar medidas correctivas oportunas, antes de que se conviertan en problemas mayores. Esta medida consiste en labores de capacitación, sensibilización y equipamiento al comité de regantes, así como la generación de instrumentos como Planes de Contingencia, destinadas a generar las capacidades necesarias para actuar oportunamente ante la posibilidad de desestabilización de un talud y posible daño en los componentes del sistema.

INUNDACIONES

Las poblaciones, entendían la naturaleza de las inundaciones no como un evento destructivo sino como un elemento natural en el diario vivir. Los asentamientos humanos eran establecidos en las orillas de los ríos, con el fin de aprovechar estas aguas como medio de transporte y fuente de abastecimiento de agua para el consumo y regadío de los sembradíos en sus llanuras de inundación, sin embargo las viviendas eran construidas en lugares más altos para evitar daños a causa de las inundaciones.

El crecimiento de la población, los procesos de migración hacia tierras más fértiles, además de la falta de conocimiento de la prevención, ha permitido nuevos asentamientos dentro de las superficies de inundación, esto ha ocasionado que la población y sus servicios como los sistemas de riego sean más vulnerables a las inundaciones.

Un factor desencadenante de las inundaciones es la deficiente gestión y manejo de las aguas y recursos, así como el cambio en el uso del suelo y la deforestación, tanto en zonas altas como en las de bosque ocasionando escurrimientos con arrastres de sólidos, provocando en consecuencia inundaciones más severas y con mucha frecuencia. A ello se debe añadir los factores de cambio en las precipitaciones y temperatura por efecto del cambio climático.



Generalidades

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, estas pueden ser por desbordamiento de ríos, por lluvias torrenciales, deshielo, subida del nivel de lagos y lagunas y por riadas en quebradas con alta pendiente.

El régimen de un río es la variación estacional de su caudal, depende de su distribución de las precipitaciones y de la mayor o menor importancia de la precipitación pluvial. El caudal de un río no es constante a lo largo del año y también difiere a lo largo de varios años. Se estudia generalmente a partir de datos medios mensuales. Los datos diarios sólo se emplean normalmente para el estudio de situaciones excepcionales, tales como grandes crecidas o períodos de aguas bajas (estiajes).

Tipos de inundaciones

Las inundaciones pueden clasificarse como repentinas o súbitas y lentas o progresivas.

Inundaciones lentas o progresivas Se producen sobre terrenos planos que desalojan el flujo muy lentamente y cercanos a las riberas de los ríos o donde las lluvias son frecuentes o torrenciales. Muchas de ellas son parte del comportamiento normal de los ríos, es decir, de su régimen de río.

Inundaciones súbitas o repentinas Se producen generalmente en cuencas hidrográficas de fuerte pendiente por la presencia de grandes cantidades de agua en un corto periodo de tiempo. Son causadas por fuertes lluvias, a veces combinadas con alto arrastre de sedimentos y troncos.

Las variaciones de caudal a lo largo del año definen el régimen hidrológico de un río. Las variaciones temporales se dan durante o después de las tormentas. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas próximas.



COMPONENTES DE UN PROYECTO DE RIEGO

DAÑO ESPERADO E IMPACTO AL PROYECTO

1. ÁREA DE APORTE

Las intensas precipitaciones pluviales en el área de aporte favorecen los procesos de erosión, ocasionando su deterioro y facilitando el arrastre de materiales. Su impacto es alto, ya que podría ocasionar la colmatación de embalses, reduciendo la capacidad de almacenamiento de las presas.

2. OBRA DE TOMA

El impacto sobre el proyecto es alto, ya que grandes inundaciones pueden ser portadoras de importantes cantidades de sedimento que podrían ocasionar la colmatación del embalse generando la disminución en el almacenamiento de la presa y la reducción en la cantidad de agua que llega a las parcelas.

Toma de agua lateral

Tomas con azud derivador

Toma de agua sumergida

Dependiendo de la velocidad y de la profundidad de socavamiento en el sitio de la obra de toma, se podrían ocasionar daños significativos que se deriven de la disminución del caudal de captación o el corte en el suministro de agua, causando disminución en el rendimiento de los cultivos y pérdidas a los productores.

3. DESARENADOR

Dependiendo de la exposición del desarenador a los efectos negativos de las inundaciones, los daños podrían ser significativos, ocasionando el corte o la disminución en el caudal.

4. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

- Canales Abiertos
- Tuberías

La proximidad de la línea de conducción y/o del tanque de almacenamiento al cauce del río y la falta o deficiencia en los elementos de protección, podrían ocasionar daños difíciles de reparar que generalmente se traduce en el corte temporal o definitivo en el funcionamiento del sistema.

5. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

6. OBRAS DE ARTE (PASOS DE QUEBRADA)

La proximidad de la línea de conducción al cauce del río y la falta o deficiencia en los elementos de protección, podrían ocasionar daños difíciles de reparar que generalmente se traduce en el corte temporal o definitivo en el funcionamiento del sistema.

7. CÁMARAS REPARTIDORAS

8. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

Bajo Impacto. En caso de registrarse daños en líneas de distribución o cámaras repartidoras, generalmente estas son puntuales o con impacto localizado sobre el sistema de riego. Las reparaciones normalmente son fáciles de realizar y rápidas.

Trampas de sedimentos Controlar el proceso de socavación lateral y de fondo del drenaje mediante la construcción de diques o presas para estabilización de cauces y retención de sedimentos. Permiten limitar el impacto de sedimentos y reducir la velocidad en el flujo.

Desvíos permanentes por medio de cauces de alivio

Conocidos también con el nombre de desvíos de caudales altos o vertederos, corresponden a canales de desvío que pueden ser tanto naturales como artificiales, así también como conductos que trasladan las aguas lejos de los componentes del sistema de riego. Luego las aguas pueden ser conducidas de forma tal, que lleguen nuevamente al río de donde salieron.

Corte de meandros Cuando un río presenta meandros, lo que se persigue al rectificarlo es incrementar su capacidad hidráulica, aumentando la pendiente por medio del corte de una o varias de sus curvas.

Defensivos longitudinales Son estructuras que se construyen a lo largo de las márgenes de la corriente. Las inundaciones se evitan al confinar los escurrimientos dentro de secciones más estrechas que las naturales, produciendo una sobreelevación del nivel del agua; además, al no permitir desbordamientos la avenida solo se traslada aguas abajo. Pueden estar contruidos de elementos flexibles como defensivos de gaviones, o de elementos rígidos como defensivos de Hormigón Ciclópeo u Hormigón Armado.

Espigones Los espigones son elementos de protección de los márgenes con la característica principal que son transversales a la corriente. Se implantan en la orilla y suelen tener una ligera pendiente desde la coronación

en dirección al eje del cauce. Estos defensivos tienen por función modificar la dirección de las aguas, orientándolas para los lugares deseados disipando de esta manera la energía del río. Al mismo tiempo cumple la función de facilitar la sedimentación en su trasdós.

Otras alternativas

- ▶ Muros tipo Acantilado de Piedra
- ▶ Defensivos Rústicos
- ▶ Disminuir la pendiente en el río mediante caídas sucesivas
- ▶ Forestar el área de aporte
- ▶ Profundización de fundaciones
- ▶ Corte y limpieza de troncos y arbustos en el área de aporte (evitar palizadas)
- ▶ Mantenimiento y limpieza del cauce
- ▶ Respetar aires de río
- ▶ Ductos elevados
- ▶ Protección de fundaciones

El cambio climático y la variabilidad del clima están provocando en algunas zonas la disminución de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas amenazando con el recrudecimiento de las sequías. En ciertos territorios se suceden sequías cíclicas, muchas de las cuales se relacionan estrechamente con el fenómeno del Niño o con la pérdida de bosque tropical. Esto tiene un impacto en las fuentes de alimentación, recursos hídricos, biodiversidad, bosques, eventos extremos, salud y la producción de energía. El fenómeno de la sequía es el riesgo que ocasiona mayores pérdidas de producción, sobre todo en las regiones sin riego.

El presente capítulo aborda el rol de las organizaciones de usuarios en el manejo y administración de la red extra predial, con recomendaciones generales para la gestión en condiciones de sequía. Asimismo, propone recomendaciones para la utilización del agua a nivel predial y su gestión en situaciones de escasez.

Sequías

La sequía es un fenómeno con el cual los habitantes de nuestro país han convivido desde sus orígenes. No se trata de un fenómeno nuevo; por lo tanto, la población y los diversos sectores productivos deben seguir siendo capaces de adaptarse e implementar medidas que permitan enfrentar de mejor forma los futuros períodos de escasez de agua.

Las sequías no tienen ciclos bien definidos en el país. Sin embargo, hay una alta probabilidad de que se incrementen por efectos del cambio climático global, de modo que la racionalización de los usos del agua es un tema de alta prioridad que se debe considerar para evitar el impacto de este fenómeno.

En términos generales una sequía corresponde a una situación de déficit de agua suficiente para afectar adversamente a la vegetación, fauna, ser humano y sus actividades en un área determinada.

Definición de sequías

Las sequías son el resultado de un proceso complejo en el que intervienen tanto la oferta como la demanda; la primera, condicionada por la naturaleza; la segunda, condicionada por el nivel de desarrollo y las exigencias que se hacen a los sistemas naturales.

Es un fenómeno de lento desarrollo y amplia cobertura espacial. Mientras dura el fenómeno, resulta difícil precisar su duración y extensión física. Sus dimensiones pueden ser determinadas con mayor exactitud una vez que la sequía ha finalizado, desde una perspectiva histórica. Esta situación dificulta la adopción de medidas durante su desarrollo.

Tipos de sequías

Se distinguen diferentes tipos de sequía: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica. De estos tipos de sequía, los dos primeros describen fenómenos físicos, mientras que el tercero describe el impacto de los dos primeros en la producción agrícola.

Sequía meteorológica Desde el punto de vista meteorológico, la sequía puede definirse como una condición anormal y recurrente del clima que ocurre en todas las regiones climáticas de Bolivia. Este fenómeno se caracteriza por una marcada reducción de la cantidad de precipitación que se presenta en una zona, y puede producir serios desbalances hidrológicos.

Sequía hidrológica En términos hidrológicos, se habla de sequía cuando se presenta una precipitación menor a la media estacional en escala regional, lo que se traduce en un nivel de aprovisionamiento anormal de los cursos de agua y de los reservorios de agua superficial o subterránea. Es decir, existe una disminución de los recursos hídricos por debajo de un nivel determinado durante un periodo dado de tiempo. Su definición incorpora datos de disponibilidad y tasas de consumo basadas en el suministro normal del sistema (uso doméstico, industrial y agricultura de riego).

Sequía agrícola En el sector agrícola, la sequía se refiere al déficit marcado y permanente de lluvia que reduce significativamente la producción agrícola con relación a la normal o los valores esperados para una región dada. La sequía agrícola es el impacto que las sequías meteorológica y/o hidrológica tienen en el rendimiento de los cultivos. Estos últimos requieren de condiciones particulares de temperatura, humedad y nutrientes durante su crecimiento para que puedan alcanzar su máximo desarrollo.

Si la disponibilidad de humedad es menor que la cantidad requerida durante el ciclo de crecimiento, entonces éste se verá afectado y la producción se reducirá. Sin embargo, las sequías pueden causar diversos impactos en los diferentes cultivos.

Para algunos especialistas, el déficit de humedad en el suelo, que está ligado a los efectos sobre la producción agrícola y pastizales para ganadería-, es frecuentemente denominado sequía edáfica.

Sequía socioeconómica La sequía en el sector socio-económico ocurre cuando las lluvias son insuficientes y tienen un efecto significativo sobre las comunidades y su economía (energía hidroeléctrica, aprovisionamiento en agua potable, en la industria, etc.).

Impactos de la sequía

En general, los impactos de las sequías pueden ser analizados desde tres puntos de vista: económico, social y ambiental. Las sequías producen efectos en la agricultura, ganadería, industria, producción hidroenergética, entre otras áreas, lo cual se traduce en un incremento de los precios y reducción de las actividades económicas.

ÁMBITOS	IMPACTOS
 Económico	<ul style="list-style-type: none">• Impacto en la productividad agrícola forestal• Impacto en la productividad ganadera• Impacto en la producción de hidroenergética• Impacto en los costos de tratamiento y provisión de agua potable• Impacto en las actividades industriales y comerciales
 Social	<ul style="list-style-type: none">• Impacto en la higiene y salud personal y pública• Incremento en la tasa de desempleo• Deterioro o pérdida de espacios para la recreación• Incremento de los índices de morbilidad y mortalidad
 Ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Erosión de suelos• Incendios forestales• Degradación de la calidad del agua (contaminación)• Deterioro de la calidad visual del paisaje• Efectos sobre la fauna y flora originales• Proceso de desertificación• Disminución de los caudales bajo los mínimos ecológicos

MEDIDAS QUE HACEN RESILIENTES A CULTIVOS EN SISTEMAS DE RIEGO ANTE SEQUÍAS

La prevención contra sequías en la fase de formulación de proyecto de inversión pública se realiza en aquellos casos de condiciones externas o crítica, considerando que los cultivos en el proyecto estarán amenazado por sequías extremas.

CULTIVOS DE UN PROYECTO DE RIEGO

Cultivos tradicionales

CULTIVOS NUEVOS

CULTIVOS ESPECIALES

PASTOS FORRAJEROS Y BOFEDALES

DAÑO ESPERADO E IMPACTO A LA POBLACIÓN

Se presentarán pérdidas importantes de estos cultivos o reducción en los rendimientos esperados, por la amenaza de sequía

Si el cultivo es muy sensible a la amenaza de sequía por sus características genotípicas y además la imposibilidad de variar la época de siembra, genera condiciones para que la amenaza incida en el período más sensible de crecimiento ocasionando pérdidas irreversibles en el cultivo.

La sequía impacta de diferentes formas; pudiendo ser directas e indirectas, simples o acumulativas, inmediatas o tardías, algunas afectan de forma permanente a grandes extensiones, otras en forma semipermanentes y algunas en forma aislada.

Las condiciones ambientales en los bofedales y otros pastizales hacen que estos ecosistemas sean clasificados como frágiles ante esta amenaza

MEDIDAS PARA MITIGAR LAS SEQUÍAS

Reutilización de aguas grises o residuales tratadas

La eficiencia de riego en una cuenca incluye la reutilización de toda el agua de drenaje y es considerablemente mayor que la eficiencia del sistema de riego entonces el flujo de drenaje de un sistema es usado para regar otras áreas de cultivo aguas abajo.

Almacenaje de aguas superficiales

Atajados: Consisten en pequeñas presas de retención de aguas, cuyo objetivo es almacenar el agua de la lluvia y retener el flujo de pequeños cursos de agua. Usualmente están construidos de manera rústica (tierra compactada) o pueden estar equipadas también con componentes más elaborados como cámaras de control de ingreso o membranas de impermeabilización. Su uso más frecuente es la provisión de agua para riego en agricultura y consumo animal.

Almacenaje de aguas en el subsuelo

Se entiende por infiltración el flujo de agua que penetra a través de la superficie del suelo y se redistribuye desde las zonas saturadas hacia las no saturadas del perfil.

Los factores que afectan la infiltración son:

- Tipo de cubierta vegetal,
- Características hidráulicas del suelo y del terreno,
- Estado de humedad del suelo,
- Intensidad de la lluvia o cantidad de agua de riego,
- Calidad del agua,
- Formación de costras superficiales,
- Trabajos agrícolas.

Parte del volumen de agua que infiltra fluye rápidamente a través de los macroporos, en los cuales se presenta baja energía de retención, y sale de la zona radical para abastecer la napa freática. Es un volumen de agua no aprovechada inmediatamente por las plantas; sin embargo, abastecerá a los acuíferos subterráneos y los manantiales. Por ello es importante el rol que cumplen la fauna del suelo (lombrices, insectos y otros), los microorganismos y las raíces, al crear bioporos (poros grandes y continuos) para que el agua de lluvia (o de riego) se infiltre rápidamente.

Intercambios de agua entre cuencas

Conocido como trasvase de cuencas, son obras hidráulicas cuya finalidad es la de incrementar la disponibilidad de agua en una cuenca vecina. Un trasvase consiste en llevar de forma segura el agua sobrante de una región hacia otra en la que hay escasez, garantizado el buen uso y el reparto justo de este recurso entre la región o las regiones destinatarias.

El trasvase de agua de una cuenca a otra significa el transporte del líquido, con todos los elementos que en él se encuentran, de un ecosistema concreto a otro diferente.

Control de la deforestación

Tomar acciones de control de la deforestación implica que los bosques evitan que se sequen las fuentes de agua. El uso de la tierra determina, en parte, cuál es el porcentaje de lluvia que cae y se infiltra en el suelo (donde puede permanecer bastante tiempo) y qué porcentaje se pierde, fluyendo rápidamente para abajo como escorrentía. Los bosques naturales suelen tener una buena infiltración; su amplia estructura de raíces abre muchos poros en el suelo y la vegetación lo protege de la compactación.

Por esto, se supone que los bosques recargan los acuíferos y aseguran que no se sequen los manantiales, arroyos y ríos.

Protección de áreas naturales de siembra de agua

Consiste en la protección de las áreas de recarga de acuíferos, con acciones como el cerramiento de su perímetro, la ejecución de acciones puntuales como control de cárcavas, la ejecución de acciones blandas como la emisión de leyes de protección, concientización de los pobladores, etc. Las ANSAs buscan que el agua de los manantiales o vertientes protegidas se infiltre en el subsuelo, asegurando así la recarga de acuíferos. Esta estrategia de protección se basa principalmente en el “cerramiento” del área, que se establece mediante acuerdos legalmente validados, después de consensos entre los propietarios del terreno, los usuarios del agua y las comunidades vinculadas.

Variedades resistentes y/o tolerantes a la sequía

En todas las regiones con déficit hídrico, hay especies que presentan mayor eficiencia en el uso del agua, sean introducidas o nativas. Si se cultivan dichas plantas, hay un menor consumo y se reduce la necesidad de captación de agua.

Una especie vegetal, nativa o introducida, para presentarse como una opción técnica a ser difundida y adoptada a escala económica, necesita cumplir, por lo menos, con los siguientes requisitos:

Tener material genético productivo, estable y uniforme. Una cosa es producir como planta nativa espontánea; otra situación es producir como planta cultivada, para consumo y/o comercialización de sus productos, donde se requiere de factores como calidad, uniformidad y productividad.

Métodos de propagación. Deben estar bien definidos, ser eficientes y sencillos, para viabilizar su producción comercial.

Exigencias nutricionales, plagas y enfermedades suficientemente conocidas. El cultivo producido a escala comercial presenta una relación diferenciada con el ambiente (agroecosistema) en comparación con la presencia de la planta en el ambiente natural (ecosistema). Lo anterior tiene implicancias relacionadas con la extracción de nutrientes del suelo y el comportamiento de los organismos (plagas y patógenos) con la planta.

Tecnologías de producción y utilización definidas. Los procesos de producción (época de siembra, población, espaciamiento, control de malezas, punto de cosecha, etc.) y de postcosecha (almacenamiento, aprovechamiento y transformación) deben estar claramente definidos.

Por lo tanto, plantas tolerantes a la sequía o menos exigentes en agua, adaptadas a ecosistemas locales, no siempre están disponibles para que los agricultores las cultiven para comercializar en los mercados locales. Aun cuando las haya, puede ser que aspectos ligados a falta de tradición, dificultades de mercado o de organización, comprometan su cultivo en una zona.

Saberes ancestrales

Indicadores naturales:

- **Indicadores biológicos**
Estos son los fitoindicadores como ser la floración de las plantas, crecimiento, frutos y semillas
- **Indicadores astronómicos**
Son los zoindicadores, como ser: comportamiento, migración y forma y color de piel de los animales
- **Indicadores atmosféricos**

Indicadores astronómicos:

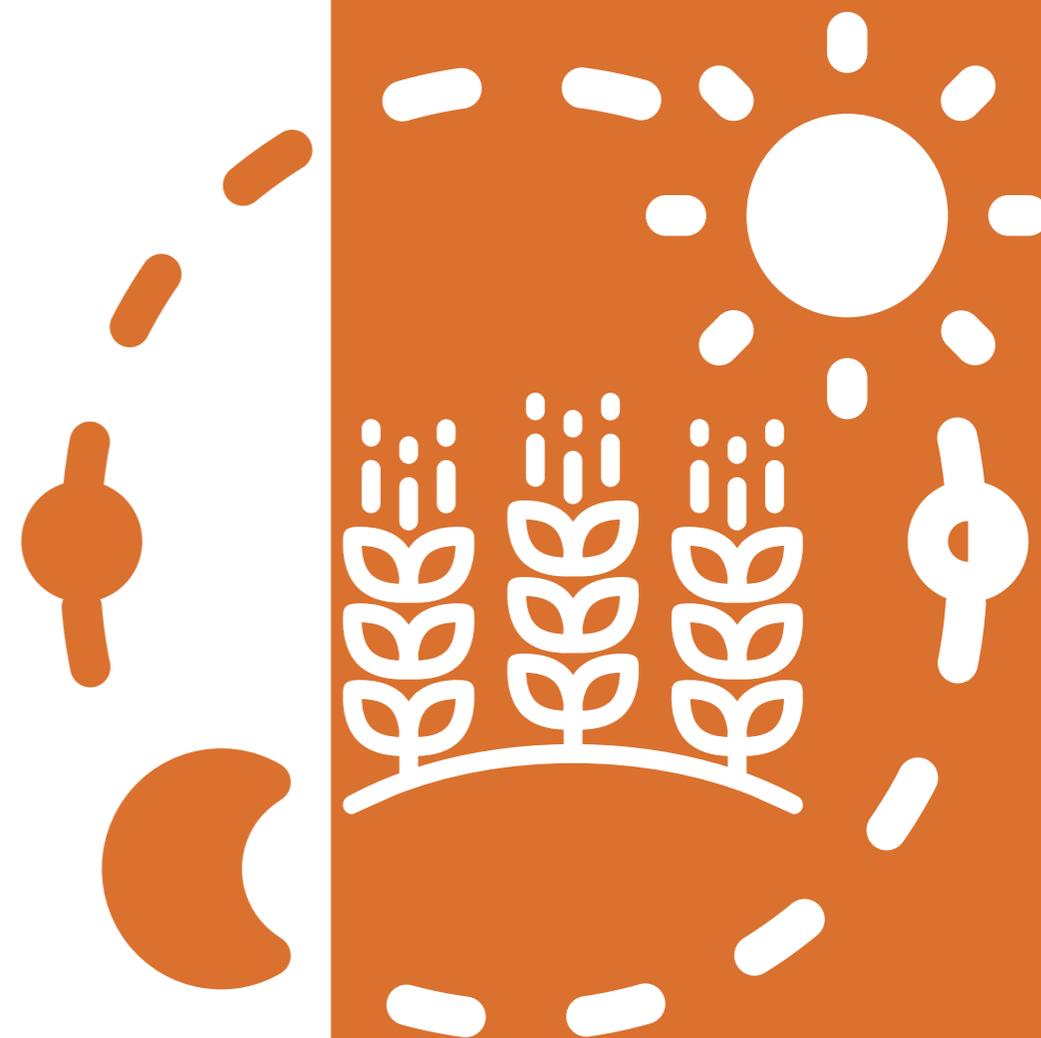
- La luna
- El sol
- Las estrellas

Indicadores atmosféricos:

- Las nubes
- El viento
- La nevada y otros

Modificación del calendario agrícola

La modificación del calendario agrícola, es una medida destinada a adaptar las fechas de las principales actividades productivas a las condiciones cambiantes del clima. Por ejemplo, modificar la época de siembra cuando se pronostica variaciones en la estacionalidad del clima (temperatura y precipitaciones) traducidas en un adelanto o retraso en la época de lluvias.



GRANIZADAS



Este documento pretende reunir información de conceptos y recomendaciones de utilidad para apoyar a los profesionales que brindan asistencia técnica. En él se tratan aspectos relevantes para mitigar los efectos de los fenómenos de granizadas en las zonas de riego de nuestro país.

Los contenidos abordan el rol de las organizaciones de usuarios en el manejo y administración de la red extra predial, con recomendaciones generales para la gestión en condiciones de granizadas. Asimismo, propone recomendaciones para la utilización de medidas de prevención contra esta amenaza.

Se han incluido diferentes enfoques de la problemática, tanto desde el punto productivo como social y ambiental. El detalle de la bibliografía se encuentra en las últimas páginas del Manual. Este material puede ser de utilidad para quienes deseen profundizar en las materias abordadas, puesto que las páginas siguientes son una guía práctica, y por lo tanto no ahondan en aspectos teóricos ni fórmulas complejas.

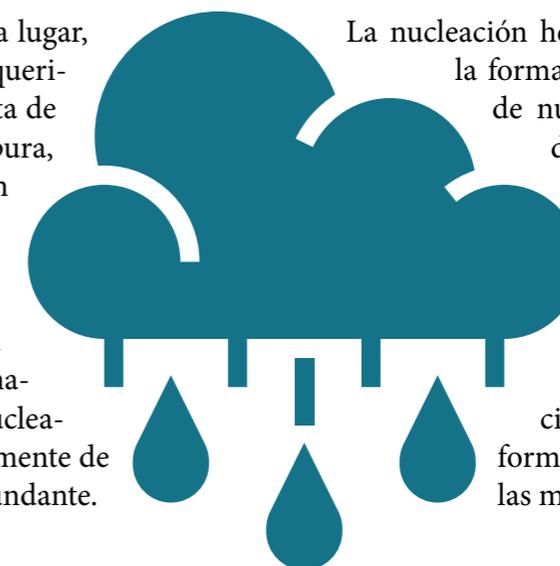
INSTRUMENTO

4

GRANIZADAS

Formación de gotas de nubes

Para ver como este proceso toma lugar, consideremos las condiciones requeridas para la formación de una gota de nube a partir de vapor de agua pura, este caso es llamado nucleación homogénea, en distinción del caso de nucleación heterogénea, en el cual las moléculas de vapor de agua se coleccionan sobre una sustancia extraña. Para la formación de una gota de nube por nucleación homogénea depende fuertemente de la humedad relativa del aire circundante.



La nucleación heterogénea es la responsable de la formación de la mayoría de las gotas de nubes; en este proceso, millones de pequeñas partículas de aerosoles que se encuentran en la atmósfera participan de un modo fundamental. Si la tensión superficial entre la superficie de la partícula nucleante y el agua es lo suficientemente baja, el agua podrá formar una gota sobre ella colectando las moléculas de agua.

Definición de granizada

El granizo es un tipo de precipitación sólida que se compone de esferas irregulares de hielo, cada uno de los cuáles se refiere como una piedra de granizo. A diferencia del granizo blando, el granizo está formado, principalmente de hielo de agua y su tamaño puede variar entre los 5 y 50 milímetros de diámetro, e incluso superar esa medida.

Condensación, evaporación y precipitación

Una vez formadas, las gotas de nube pueden seguir creciendo por la difusión de vapor hacia ellas, este proceso es conocido como condensación. El proceso inverso, es decir la disminución del tamaño de la gota por la difusión de las moléculas de agua líquida a vapor es llamado evaporación. Cuando una gota de nube crece, se encuentran presente ambos mecanismos, y su existencia o no queda supeditado a cuál tenga mayor influencia.

Si los procesos de condensación son de mayor importancia que los de evaporación, la gota de nube crecerá en tamaño y masa hasta que comenzarán a caer por efecto de las fuerzas gravitacionales, en la caída su velocidad se verá retardada por las fuerzas de fricción del aire.

Formación del granizo

Generalmente el granizo se forma a partir de los embriones (núcleos) de hielo ya formado (graupel) que comienza a crecer a partir de la recolección de gotas de nubes enfriadas o sobre enfriadas. Las gotas al tomar contacto con los embriones se congelan y liberan una cantidad de calor latente de fusión.

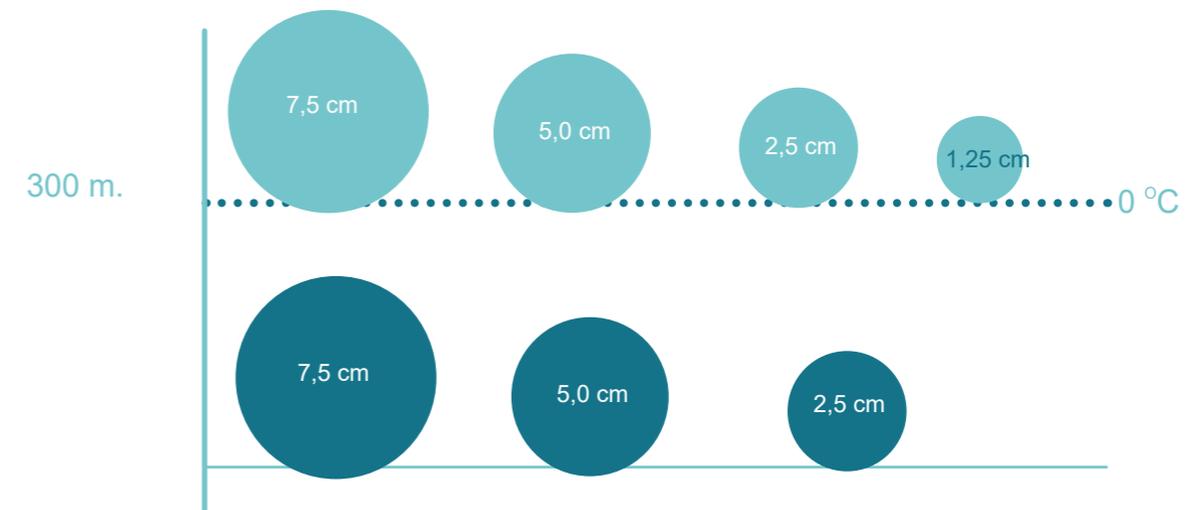
Mientras el granizo se mantenga a una temperatura por debajo de 0° C, su superficie se mantendrá seca, por lo que este proceso se conoce como crecimiento seco. En el caso que una piedra de granizo se encuentre en una nube grande sobre-enfriada, entonces su temperatura de equilibrio puede ser aproximadamente 0° C; a esta temperatura, las gotas sobre-enfriadas colectadas no se congelan espontáneamente por contacto con la superficie del granizo, y una considerable cantidad de ellas será colectada formando “trampas” de agua helada, este proceso se conoce como crecimiento húmedo. Durante todo su tiempo de vida, una piedra de granizo puede crecer alternativamente por cualquiera de los dos mecanismos, dependiendo de las zonas de nubes que atraviese en su recorrido. Cuando las piedras de granizo son abiertas, ellas frecuentemente exhiben estructuras de capas que evidencian estos modos de crecimientos alternativos.

La formación de granizo grande requiere de fenómenos físicos y dinámicos especiales dentro de una nube convectiva, tales como:

Una fuerte corriente ascendente que lleva las partículas de agua a zonas altas y muy frías de la atmósfera.

La existencia de embriones de granizo sobre el cual crecerán los futuros granizos grandes.

Agua líquida súper- enfriada que se agregará a los embriones para hacerlos crecer (cuanto mayor cantidad de agua sobre enfriada tiene una nube, mayor será el tamaño del granizo que se formará) y también al granizo ya formado.



MEDIDAS QUE HACEN RESILIENTES A CULTIVOS EN SISTEMAS DE RIEGO ANTE GRANIZADAS

La prevención contra granizadas en la fase de formulación de proyectos Sistemas de Riego se realiza en aquellos casos en que el cultivo estará amenazado por granizadas extremas o altamente dañinas.

CULTIVOS DE UN PROYECTO DE RIEGO

▶ CULTIVOS TRADICIONALES

▶ CULTIVOS NUEVOS

▶ CULTIVOS ESPECIALES

▶ PASTOS FORRAJEROS Y BOFEDALES

DAÑO ESPERADO E IMPACTO AL CULTIVO

Generalmente las zonas del altiplano, de montaña y valles pueden ser afectadas. La afectación depende principalmente del tipo de cultivo como del estado vegetativo.

En la zona de los valles son los frutales los afectados por este tipo de amenaza, debido a la temperatura, frecuencia de tormentas y sensibilidad.

Con frecuencia las consecuencias del granizo sobre los diferentes tipos de cultivo de los proyectos, se reflejan en la pérdida parcial o total de los mismos o en la disminución de los rendimientos esperados, por lo que su impacto es alto.

El impacto del granizo sobre los bofedales es menor, y está causado principalmente por la posible acumulación del granizo sobre los mismos.

MEDIDAS PARA MITIGAR LAS GRANIZADAS

El radar meteorológico

El sistema RADAR cuyas siglas vienen de Radio Detection And Ranging, y que se define como “Sistema de Radio determinación basado en la comparación entre señales radioeléctricas reflejadas o retransmitidas desde la posición a determinar”, en otras palabras, el principio de funcionamiento de un Radar es la transmisión de una determinada señal de Radiofrecuencia que incide en un objeto llamado “blanco”, el cual refleja la señal en varias direcciones, una porción de esta señal “eco” es captada por un receptor, que puede ser la misma antena de transmisión, que se encarga de filtrar la señal de un cierto ruido “clutter”, amplificarla y procesarla para obtener información del “blanco”. Al medir el tiempo entre la señal transmitida y la recibida así como por la posición de la antena, en elevación y azimut, se puede determinar la posición exacta del “blanco”. El nivel de señal recibida proporciona la intensidad de reflectividad y por tanto el tipo del “blanco”.

Sin embargo el incorporar a un proyecto de este tipo de elementos altamente tecnológicos puede ser inviable.

Cañón granífugo (morteros antigranizo)

Un cañón granífugo es un dispositivo usado en la agricultura con objeto de prevenir la formación de tormentas de granizo que acaben dañando las cosechas.

El cañón antigranizo, mediante explosiones de gas acetileno y aire, emite ondas de choque que se desplazan a la velocidad del sonido e interfieren en la cristalización del granizo, dando como resultado una lluvia o granizo blando en lugar de granizo macizo.

- En nuestro país, el uso de morteros antigranizo es una medida ampliamente utilizada, aunque su efectividad es discutible, el considerar este tipo de medidas está en línea con las costumbres propias de los lugares.
- Para ser efectivo, el sistema debe iniciarse de 15 a 30 minutos antes que la tormenta de granizo.

Mallas o redes antigranizo

Constituye el remedio más eficaz de defensa contra el granizo y sólo sus dificultades de instalación y especialmente de costes han hecho que esta forma de defensa quede limitada exclusivamente a los cultivos de alta rentabilidad, (como la vid en Tarija).

Este sistema se compone de una estructura sobre la que se coloca la malla. Las redes pueden ser de polipropileno, poliamidas o incluso de acero, precisando soportes que aguanten su peso.

Generadores de yoduro de plata (agi)

Los generadores –sistema utilizado en la red antigranizo constituyen el método más usual de defensa desde el suelo. Su fundamento es aprovechar las corrientes verticales entre el cielo y las zonas inmediatas de la atmósfera, para emitir núcleos de condensación artificiales que son arrastrados en altura. Los generadores emplean una solución de yoduro de plata (AgI) disuelta en acetona pura (CH₃-CO-CH₃), cubriendo cada uno una superficie de 150 - 200 km².

Siembra de nubes con aviones

La ventaja de este método de la siembra de nubes haciendo uso de aviones, es que pueden realizar observaciones directas en el área. Sin embargo, la principal ventaja es la posibilidad que tiene el avión de ir a buscar la celda más allá de los límites de la zona buffer y de esta manera realizar una siembra más oportuna que la que efectuaría los cohetes. Otra ventaja importante en el caso de siembra de la nube por medio de aviones es la posibilidad de corregir y optimizar la posición e intensidad de la siembra.

El seguro agrario

Se trata de un método de defensa pasiva. El seguro ofrece una compensación monetaria frente a pérdidas, aunque no evita el perjuicio en la riqueza de una zona causada por el granizo.

Las heladas son eventos climáticos de gran preocupación en la actividad agrícola debido al potencial de pérdidas socio-económicas que generan. Se considera helada cuando se registra temperaturas tan bajas que ocasionan daños en el cultivo.

El nivel de daño que sufra el cultivo dependerá de varios factores tales como la vulnerabilidad de la especie o variedad a bajas temperaturas, intensidad de la helada, tiempo de exposición, ubicación geográfica.

Aunque las heladas son un fenómeno recurrente, los cambios observados en la variabilidad climática en la última década hacen que ellas se estén produciendo en forma inesperada y en zonas donde no han ocurrido normalmente, lo que hace necesario implementar medidas de adaptación, más aún considerando que en los últimos años se han observado algunas heladas que podemos determinar cómo catastróficas.

Este documento reúne información de conceptos y recomendaciones de utilidad para apoyar a los profesionales que brindan asistencia técnica a los productores involucrados en los proyectos. En él se tratan aspectos relevantes para mitigar los efectos de los fenómenos de heladas en las zonas de riego de nuestro país.

Definición de heladas

La helada es una masa de aire frío que se comporta como un fluido avanzando por el terreno y situándose en un determinado sector. El hecho de ser una masa de aire implica que puede afectar una gran superficie de terreno y su comportamiento de fluido es lo que la hace ubicarse en las partes bajas de los terrenos.

El daño que provocan las heladas a los cultivos no se debe a las frías temperaturas sino principalmente a la formación de hielo extracelular dentro del tejido de la planta, provocando la salida de agua y dañando las células por deshidratación

Tipo de heladas

Helada de Radiación Las heladas de radiación son acontecimientos usuales. Se caracterizan por un cielo despejado, en calma o con poco viento, inversión de temperatura, temperaturas del punto de rocío bajas y del aire que normalmente caen por debajo de 0 °C durante la noche pero que están por encima de 0°C durante el día.

Heladas de Advección Las heladas de advección se producen cuando el aire frío fluye en un área para reemplazar el aire más caliente que estaba presente antes del cambio meteorológico.



Métodos pasivos

Elección de la zona donde se establecerá el cultivo.- La mayoría de los productos deben cultivarse en zonas donde el riesgo de helada sea bajo o nulo durante el periodo en que las plantas, son sensibles al daño ocasionado por esta contingencia.

CULTIVOS DE UN PROYECTO DE RIEGO

DAÑO ESPERADO E IMPACTO A LA POBLACIÓN

CULTIVOS TRADICIONALES

CULTIVOS NUEVOS

CULTIVOS ESPECIALES

PASTOS FORRAJEROS Y BOFEDALES

Las intensas heladas en las áreas de cultivo provocan pérdidas en la producción agrícola. Y puede ocasionar una fuerte migración hacia los centros urbanos.

Elección de la zona donde se establecerá el cultivo

La mayoría de los productos deben cultivarse en zonas donde el riesgo de helada sea bajo o nulo durante el periodo en que las plantas, son sensibles al daño ocasionado por esta contingencia.

Manejo del drenaje frío

Para controlar el flujo de aire alrededor de zonas agrícolas, a veces se utilizan los árboles, arbustos, terraplenes, pilas de heno, y verjas. El propio emplazamiento puede afectar el potencial de daño por helada. Un estudio cuidadoso de los mapas topográficos puede, a menudo, prevenir los problemas de daño por helada.

Selección de especies adaptadas

Es importante escoger plantas con floración tardía para reducir la probabilidad de daño debido a la congelación, y seleccionar plantas más tolerantes a la congelación.

Eliminación de cobertura vegetal

Se puede eliminar el manto vegetal que se forma alrededor de los cultivos antes de la llegada de las heladas, ya que favorece la absorción de radiación por parte del suelo. La diferencia de temperatura que puede existir entre tener una cobertura vegetal o el suelo desnudo puede llegar a los 2° C.

Evitar laboreo del suelo

El trabajo del suelo crea espacios de aire en el suelo, por lo que se recomienda evitar este tipo de labores durante los periodos propensos a las heladas. El aire es un pobre conductor del calor y tiene un calor específico bajo, por ello los suelos, con más espacios de aire y más grandes, tienden a almacenar menos calor.

Riego

El riego es un método para intentar cambiar las condiciones del ambiente, que son las que originan las

heladas (temperatura, humedad, viento, etc). Cuando el agua cambia de estado de líquido a sólido se libera un calor latente que actúa como protección para los cultivos.

Coberturas con soporte

Estas coberturas son utilizadas para pequeñas áreas de cultivo, con el uso de polietileno, instalado este material por encima de la planta,.

Coberturas sin soporte

Puede utilizarse el polietileno por debajo de la planta, colocando este elemento en el piso para incrementar la temperatura del suelo.

Aspersores sobre plantas

El uso de una aspersión con agua por encima de plantas aprovecha la liberación de calor que se produce al congelarse el agua (80 cal/gr) y la energía almacenada en el agua (1 gr/Cal/°C). Dependiendo del tipo de cultivo, se puede requerir de 20 a 30 aspersores por hectárea.

Estufas

Las estufas proporcionan calor suplementario para ayudar a reemplazar las pérdidas de energía. Generalmente, las estufas o bien aumentan la temperatura a través de objetos de metal por ejemplo, estufas con chimenea) o bien funcionan como fuegos abiertos.

Ventiladores

El uso de ventiladores empujan el aire casi horizontalmente para mezclar el aire más caliente de la parte superior en una inversión de temperatura con el aire más frío cercano a la superficie.

Suka kollus o camellones

son el sistema de cultivos andinos, en el que intercalan plataformas de cultivo con canales, por los que circula el agua.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Reducción del riesgo de desastres

