



GUÍA PRÁCTICA DE BOLSILLO

# Uso de Información Meteorológica en Agricultura

Dr. Guillermo A. Baigorria

Dra. Consuelo C. Romero



  
Servicios Climáticos para el Desarrollo



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



**GUÍA PRÁCTICA DE BOLSILLO**

# Uso de Información Meteorológica en Agricultura

Dr. Guillermo A. Baigorria

Dra. Consuelo C. Romero

**Ministerio del Ambiente  
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú  
Proyecto Climandes - Servicios Climáticos para el Desarrollo**

**Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE**

**Ministra del Ambiente**  
Dra. Lucía Ruíz Ostoic

**Presidente Ejecutivo del SENAMHI**  
Dr. Ken Takahashi Guevara

**Proyecto Climandes**  
Grinia J. Avalos Roldán, Coodinadora de Climandes  
Teresa García Vilca, Coodinadora de Gestion del Conocimiento  
(Módulo 2) de Climandes

**Equipo de Invetigación**  
Autor Principal: Guillermo A. Baigorria, Consuelo C. Romero

**Cuidado de la edición y corrección del texto**  
Consuelo C. Romero

**Ilustraciones y diseño gráfico**  
Consuelo C. Romero, Guillermo A. Baigorria  
Fotos obtenidas con permiso de Depositphotos

Guía Práctica de Bolsillo. Uso de Información Meteorológica en  
Agricultura

**©SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)**  
Jr. Cahuide 785, Jesus María, Lima 11, Perú.

Ira edición - junio 2019  
Tiraje: 3000 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2019-07993

Se terminó de imprimir en Junio 2019 en:

Q&P IMPRESORES S.R.L.

Av. Ignacio Merino 1546, Telefono: 4701788 - 2660754 Lince.

Climandes es parte del programa Global de Cambio Climático y Medio Ambiente de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Es una iniciativa que tiene como objetivo brindar servicios climáticos confiables y oportunos para la toma de decisiones en la búsqueda de un desarrollo más resiliente ante la variabilidad climática en alianza con los servicios meteorológicos de Suiza (MeteoSwiss) y Perú (SENAMHI), la academia, el sector privado y los ciudadanos. Se implementa en el contexto del Marco Mundial de Servicios Climáticos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente ni registrada o transmitida por cualquier sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro sin el permiso previo por escrito del SENAMHI.

# Índice

Introducción . . . . .	2
Parte I . . . . .	4
Capítulo 1: Topografía, radiación solar y cultivos . . . . .	5
Capítulo 2: Efecto termorregulador del agua . . . . .	11
Capítulo 3: Efecto de los cultivos de cobertura . . . . .	15
Capítulo 4: Capturando agua en el suelo . . . . .	20
Capítulo 5: Almacenamiento de semilla de papa . . . . .	24
Capítulo 6: La temperatura y la aplicación de pesticidas . . . . .	27
Capítulo 7: El aire frío y la microtopografía . . . . .	30
Capítulo 8: El pronóstico de lluvias y la fertilización nitrogenada . . . . .	34
Capítulo 9: Surcos en contorno . . . . .	37
Capítulo 10: Fechas de siembra basado en el pronóstico climático estacional . . . . .	40
Parte II . . . . .	57
Capítulo 11: Abrigo para animales durante eventos de heladas . . . . .	58
Capítulo 12: Captación de agua para irrigación . . . . .	60
Capítulo 13: Condiciones básicas para el planeamiento comunal o de grupos de agricultores . . . . .	68
Biografías . . . . .	71

## **Introducción**

La presente guía práctica de bolsillo para el uso de información meteorológica en la agricultura ha sido creada teniendo en mente principalmente al agricultor. Es por esta razón que el lenguaje utilizado en esta guía ha dejado de lado todos los términos científicos y técnicos que hubiesen hecho imposible el entendimiento de cada detalle que queremos transmitir. Existe información científica y técnica que sólo los especialistas pueden acceder, al cual lamentablemente no tienen acceso los reales tomadores de decisiones y beneficiarios que son los agricultores.

Esta primera guía es el comienzo de un proceso más largo de recolección de conocimiento que puede llevarse a la práctica rápidamente, y si bien es cierto tratamos de explicar rápidamente las bases del funcionamiento de los procesos, esta guía no debe usarse por profesionales para reemplazar la lectura de publicaciones avanzadas. Esta guía está basada en años de trabajo científico alrededor del mundo realizada por los autores, tanto en el campo como en laboratorios y que esperamos pueda ser de utilidad para los lectores.

La guía está dividida en dos partes. La primera que es para la toma rápida de decisiones dentro de una campaña agrícola, desde que variedades seleccionar y su mejor fecha para sembrar hasta que agroquímicos como fertilizantes y pesticidas se debe aplicar. Decisiones basadas especialmente en observaciones meteorológicas, así como pronósticos de tiempo atmosférico (desde horas hasta dos semanas) y de clima estacional (entre 1 a 9 meses).

La segunda parte de la guía está relacionada a la toma de decisiones basadas en la información meteorológica, pero a más largo plazo, lo que involucra principalmente construcción de infraestructura, así como las bases para la preparación de comunidades o grupos de agricultores para la llegada de desastres. Desde este punto de vista, las autoridades comunales y agricultores tienen las bases y alternativas sobre la mesa para la discusión de planes a implementar.

Esperamos se diviertan leyendo y usando esta guía tanto como nosotros disfrutamos escribiéndola. Esta guía es nuestra pequeña contribución para el potencial aprendizaje de los usuarios a la ciencia y tecnología.

*Dr. Guillermo A. Baigorria / Dra. Consuelo C. Romero*

# Parte I

## Decisiones Tácticas

## **Capítulo 1: Topografía, radiación solar y cultivos**

**E**n zonas planas, bajo cielo despejado, es posible recibir radiación directa del Sol durante todo el día desde el amanecer hasta el atardecer. A esta duración del día se le conoce como “fotoperiodo”. Sin embargo, en zonas de montaña, el Sol no puede verse directamente cuando amanece y/o cuando se oculta en el horizonte ya que éste es bloqueado por las montañas.

Así, dependiendo de (1) la altitud de las montañas, (2) la distancia entre éstas, (3) las pendientes y (4) los ángulos de las laderas con respecto al Norte, la radiación solar directa será interceptada por un número de horas. La eficiencia de la capacidad de fijación de radiación solar de los cultivos (fotosíntesis) está grandemente influenciada por la calidad de radiación que recibe la planta. Es importante hacer énfasis que la luminosidad es diferente que la radiación. Dos ambientes iluminados con la misma intensidad pueden tener muy diferente calidad de radiación (Figuras 1 y 2).





*Figura 1: Radiación solar de la mañana incidiendo en el lado Oeste de las laderas.*



*Figura 2: Radiación solar de la tarde incidiendo en el lado Este de las laderas. Nótese la nubosidad dominante en la zona.*

En términos de **calidad de radiación**, la radiación solar directa tiene mucha más energía que la radiación solar indirecta.

La **radiación solar directa** es la que llega directamente del Sol sin ser bloqueada por ningún objeto o partícula en el camino, es decir podemos ver el Sol directamente a simple vista (lo cual no es recomendable hacer para evitar ceguera). La **radiación solar indirecta** (difusa), por otro lado, es la radiación solar que llega indirectamente a una superficie después de haber sido filtrada o desviada por algún cuerpo o partícula, como por ejemplo una nube o una montaña. Podemos ver todo el cielo iluminado, pero no vemos el Sol directamente.

Debido a que las plantas toman energía del Sol, cuanto mayor sea la calidad de radiación que éstas puedan tomar, más eficiente será la fotosíntesis. Entonces, comparado con superficies planas, los cultivos en zonas de montaña poseen menos horas de acceso a una radiación de alta calidad.

Ahora, en un mismo lugar dentro de las montañas, aquellas laderas que miran hacia el Este tienen acceso a una mayor calidad de radiación solar que aquellas laderas que miran hacia el Oeste.

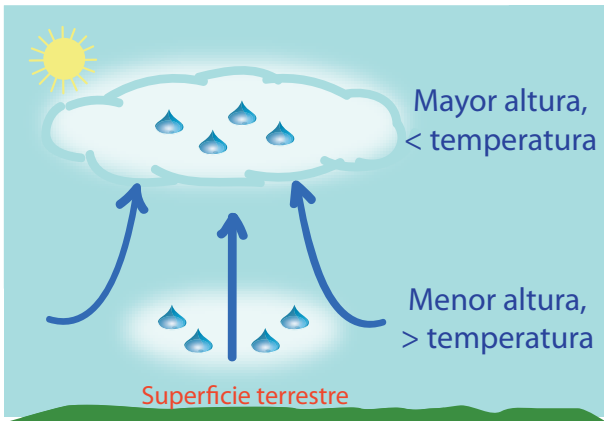
*¡El motivo no es topográfico, sino meteorológico!*

Durante el día, especialmente en primavera y verano (época de cultivos) la superficie del suelo comienza a calentarse más y más. Esto hace que el aire cercano al suelo se caliente y al igual que los globos aerostáticos, estas masas de aire comienzan a elevarse en un proceso llamado **convección** (Figura 3).



*Figura 3: Ejemplo de linterna de papel ascendiendo a la atmósfera.*

Por otro lado, debido a la evaporación de agua del suelo y de fuentes de agua, así como de la transpiración de los cultivos (llamada también **evapotranspiración**), el aire cercano a la superficie tiende a tener más moléculas de agua en forma de gas (mayor humedad absoluta) que el aire de niveles más altos subiendo en una perpendicular a la superficie (atmósfera libre). Conforme esta masa de aire se va elevando, su temperatura va disminuyendo y su humedad relativa va aumentando (Figura 4).



*Figura 4: Ejemplo de una nube localizada a dos diferentes alturas en la atmósfera.*

Ojo que el número de moléculas de agua (humedad absoluta) es potencialmente la misma; sin embargo, la humedad relativa (a su nivel de saturación) es la que aumenta.

Al llegar la humedad relativa a 100% las moléculas de agua en forma de gas se transforman en agua líquida formando nubes. Este es el motivo por el cual durante las tardes existe una mayor probabilidad de tener un cielo nublado o incluso con lluvia. Comparada con las mañanas, estas nubes de la tarde generadas por convección bloquean el ingreso de radiación directa transformándola en radiación indirecta con menos energía, lo que a su vez afecta la fijación de carbono y nutrientes por los cultivos.

Entonces se recomienda que las laderas que miran hacia el Oeste alberguen un menor número de plantas por metro cuadrado comparado con las laderas que miran hacia el Este para así poder compensar la menor calidad de radiación solar.

## Capítulo 2: Efecto termorregulador del agua

Debido a la naturaleza transparente del agua, la **radiación solar** es capaz de ingresar a capas más profundas (en algunas condiciones hasta 200 metros) comparado con otros cuerpos tales como el suelo (2 cm). Ahora bien, **el agua y el suelo** son capaces de almacenar energía (al igual que las alcancías que pueden almacenar monedas). El agua representaría una alcancía muy profunda, mientras que el suelo representaría una alcancía poco profunda. La radiación solar son representadas por las monedas.

Cuando la radiación solar comienza a incidir sobre el agua y el suelo, ambas comienzan a almacenar la energía del Sol. El suelo, representado por la alcancía de poca profundidad, se llenará más rápido que el agua, y por lo tanto al ya no poder almacenar más, las monedas quedarán en el aire fuera de la alcancía.

Esto significa que la radiación solar comenzará a ser usada para calentar la superficie e incrementar la temperatura del aire sobre el suelo.

El agua, mientras tanto, seguirá almacenando radiación solar en forma de energía y la temperatura del aire sobre el agua no será tan caliente como en el caso del suelo.

Ahora bien, ¿qué sucede cuando necesitamos las monedas de la alcancía? ¿Entre el agua y el suelo, cuál de las dos tendrá más monedas (energía) almacenadas? La respuesta es el agua. Durante la noche cuando ya no tenemos radiación solar, la energía es tomada por el aire que se encuentra sobre el suelo y el agua. Ya que el suelo almacenó poca energía, y al acabarse rápidamente, el aire de la superficie del suelo comenzará a enfriarse mucho; en cambio, como el agua almacenó más energía, el aire sobre la superficie del agua se mantendrá más caliente.

A esto se llama: “**Efecto termorregulador del agua**”.

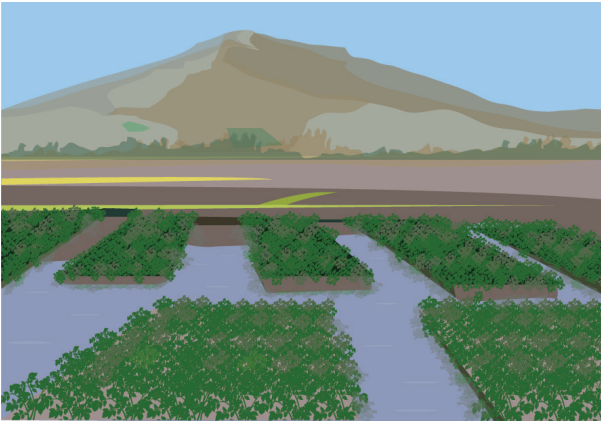
Entonces, en lugares donde no existen espejos de agua (lagunas, lagos, océanos, etc.) la temperatura aumenta mucho durante el día y disminuye mucho durante la noche. En lugares cercanos a espejos de agua ocurre lo opuesto, la temperatura aumenta poco durante el día pero también disminuye poco durante la noche.

Es importante conocer esta capacidad de almacenamiento de energía del agua ya que en zonas donde la temperatura puede bajar hasta dañar un cultivo, podríamos usar el agua para evitar que la temperatura baje tanto.

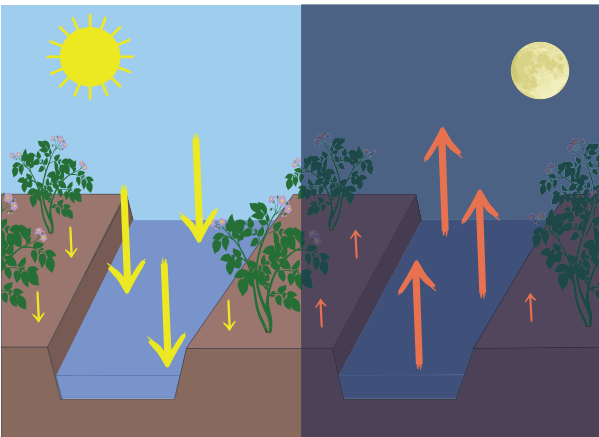
Entre las técnicas para termorregular áreas tenemos los llamados “**camellones**”, o “**Waru-Warus**” (Figura 5), en donde parcelas de cultivos relativamente pequeñas están rodeadas de amplias pozas de agua.

El agua de estas pozas almacena el calor durante el día y lo libera durante la noche, creando así las condiciones de temperatura adecuadas para el crecimiento de los cultivos sembrados (Figura 6).





*Figura 5: Vista general de los camellones.*



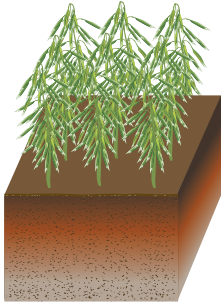
*Figura 6: Comparación entre la energía almacenada por el suelo y el agua durante el día y la noche.*

## Capítulo 3: Efecto de los cultivos de cobertura

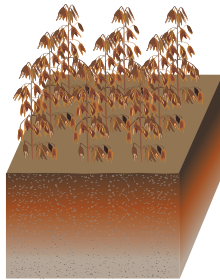
A diferencia del pronóstico del tiempo atmosférico, que es la predicción de las condiciones meteorológicas en los próximos días hasta dos semanas, el **pronóstico estacional** es aquella predicción hecha para proyectar las condiciones meteorológicas en los próximos meses o estaciones del año (verano, invierno, etc).

En el periodo entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente cultivo, es común que el suelo quede descubierto por varios meses. Normalmente en **zonas de alta pendiente** como zonas de montaña o **zonas de muy alta precipitación**, es recomendado dejar el rastrojo del cultivo sobre el suelo después de la cosecha para que éste pueda proteger al suelo de la erosividad de las lluvias.

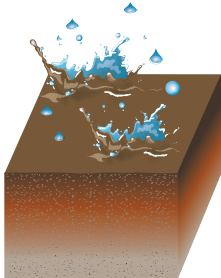
Sin embargo, en **zonas más planas**, debido al corto periodo de tiempo disponible entre cosecha y siembra o a condiciones desfavorables para la siembra de cultivos rentables, se recomienda sembrar algún cultivo no necesariamente económicamente rentable, o uno rentable que no llegará a ser cosechado.



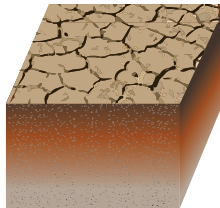
Superficie de suelo con cultivo de cobertura bajo año húmedo.



Superficie de suelo con cultivo de cobertura bajo año seco.



Superficie de suelo sin cultivo de cobertura bajo año húmedo.



Superficie de suelo sin cultivo de cobertura bajo año seco.

*Figura 7: Posibles escenarios de la superficie del suelo bajo la presencia o ausencia de una cobertura vegetal.*

A esta práctica se le conoce como **cultivo de cobertura** y se recomienda para **preservar la humedad del suelo** y que ésta esté disponible para el cultivo que será sembrado posteriormente (Figura 7).

Muchos **estudios** han sido hechos para sustentar los beneficios de esta práctica, sin embargo no existen evidencias definitivas sobre su eficiencia.

Esta es una **decisión importante** para el agricultor ya que se requiere una inversión fuerte de semilla y de maquinaria para el establecimiento de dicho cultivo. El asunto es que para determinar el uso o no de un cultivo de cobertura va a depender del **pronóstico climático estacional** de los servicios meteorológicos.

**En caso de predecir una campaña agrícola normal o seca:** El hecho de preservar la humedad en el suelo es importante para poder tener condiciones favorables durante el momento de la germinación, lo que en su momento mejorará la viabilidad de la semilla, así como un buen establecimiento del siguiente cultivo.

**En caso de predecir campaña agrícola húmeda o de inicio de lluvias adelantada:** El hecho de mantener el suelo con humedad genera condiciones favorables para **enfermedades fungosas**, así como también para la **pérdida del nitrógeno por lixiviación** en el suelo (si las lluvias son continuas, por ejemplo). En este caso el agricultor no sólo incurre en gastos para el establecimiento del cultivo de cobertura, sino también en el incremento de insumos agrícolas caros como fungicidas y fertilizantes.

Suelos en ladera de poca profundidad, con cultivos de cobertura en años que se prevén lluvias intensas, pueden transformar un proceso de erosión superficial a un proceso de remoción en masa por sobre saturación del suelo.

Entonces: “**El uso de cultivos de cobertura** debe ser una **decisión dinámica** basada en el pronóstico climático estacional y no una receta de cocina para todos los años”.

De igual manera: “La **selección del cultivo de cobertura**, así como su densidad de siembra, también debería estar basado en el **pronóstico climático estacional**”.

## Capítulo 4: Capturando agua en el suelo

**E**l suelo es el material encargado de la retención de agua y nutrientes para su posterior disponibilidad por parte del cultivo que crecerá sobre él. Dependiendo de sus características físicas, como por ejemplo su textura, estructura, grado de compactación, profundidad, etc., el agua ingresará al suelo y se movilizará con mayor o menor facilidad, y así mismo, la cantidad de agua retenida también dependerá de estas características.

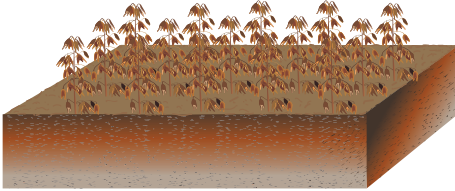
Si el evento de lluvia o riego fue lo suficientemente abundante como para saturar el suelo en un campo de cultivo esto significa que “tanto los macro y microporos del suelo quedaron llenos de agua”. En poco tiempo, el agua retenida por los macroporos será “escurrida” (percolada) a las capas más profundas del suelo por acción de la gravedad, quedando vacíos y reteniendo aire. Y éste es el aire que es tan importante para las raíces de las plantas para que crezcan y desarrollen saludablemente.

Sin embargo, los microporos están aún llenos de agua. Este nivel de humedad en el suelo es conocida como “capacidad de campo”.

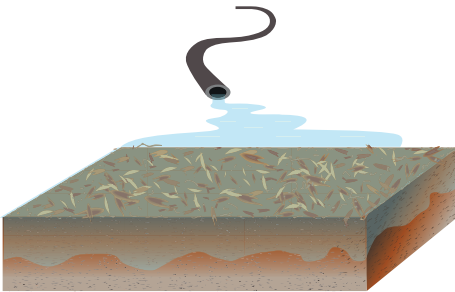
Y esto es importante porque ésta es el agua que será aprovechada por la planta durante su etapa de crecimiento. Las raíces comienzan a absorber esta agua, que es la disponible para la planta, hasta que poco a poco se llega al “punto de marchitez”, que es el nivel de humedad del suelo en el cual la planta ya no puede aprovecharla. Ahora bien, si no existiese ninguna cobertura vegetal en la superficie del suelo el agua queda inamovible y atrapada en los microporos momentáneamente (excepto en los 2 a 3 primeros cm. superficiales donde el agua se evapora) hasta que un nuevo cultivo se establezca y utilice el agua para su crecimiento.

Existen algunos cultivos con requerimientos especiales de crecimiento como el trigo de invierno. Sembrar trigo de invierno es diferente a sembrar trigo de verano en la estación de invierno. El trigo de invierno requiere quedarse literalmente congelado como semilla, dentro del suelo, o incluso ya germinado durante el invierno. Sin este requerimiento, el trigo no generará una cosecha. Por otro lado, el trigo de verano, que no tiene este requerimiento de temperaturas bajo cero, es normalmente sembrado durante el invierno en lugares donde las temperaturas no llegan bajo cero por varios meses (Figura 8).

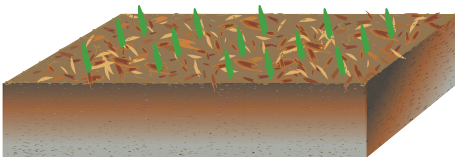




Campo de cultivo listo para cosechar.



Recomendable irrigar a capacidad de campo para asegurar agua disponible al trigo de invierno al reiniciar su crecimiento.



Trigo de invierno reiniciando crecimiento.

*Figura 8: Recomendaciones de riego antes de la fase de congelamiento del trigo de invierno.*

Lo importante es que el trigo de invierno reinicia su ciclo de crecimiento apenas el suelo comienza a descongelarse. Muchas veces las fuentes de agua y/o los sistemas de riego (equipos) están congelados en el tiempo de siembra y no pueden ser utilizados hasta por dos o tres semanas (dependiendo del tiempo atmosférico) para irrigar el trigo. Bajo estas circunstancias, y dependiendo del pronóstico estacional de lluvias, se recomienda un riego a capacidad de campo al campo de trigo de invierno lo más cercano posible al momento en que las temperaturas comienzan a bajar y congelar los campos de cultivo. Esto hará que el campo quede con humedad suficiente para cuando comience el descongelamiento y así el trigo de invierno no sufra de estrés hídrico.

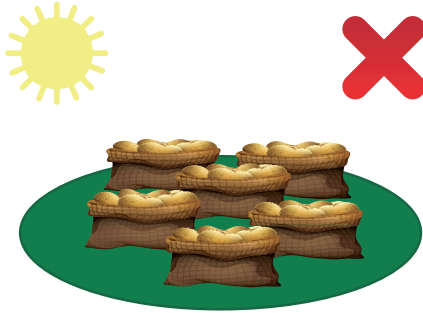
Ahora bien, este riego puede ser eliminado sólo en el caso de que el pronóstico climático estacional de lluvias prevea alta precipitación y/o adelanto de lluvias durante el mes de descongelamiento del suelo.

## Capítulo 5: Almacenamiento de semilla de papa

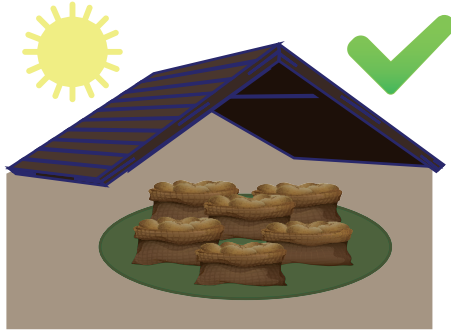
Existen diversos sistemas de almacenamiento de semilla de papa para garantizar su conservación y propagación, generación tras generación, con el objetivo de obtener plantas fuertes y vigorosas que den buenos rendimientos.

Siendo el objetivo de estos sistemas minimizar pérdidas de semilla optimizando la respiración, transpiración y aparición de brotes, es el **almacenamiento bajo radiación difusa** (comunmente almacenamiento bajo luz difusa) la que nos interesa en esta oportunidad, como una aplicación de la meteorología a la agricultura (Figura 9).

La semilla de papa necesita **radiación difusa**, es decir, no puede recibir radiación solar directa ya que ésta provocará su verdeamiento y favorecera la presencia de sustancias no deseables en la semilla. Una razón importante por la que se debe almacenar bajo radiación difusa es que los brotes de la semilla de papa crecerán lentamente y serán cortos (fácil manejo para la siembra) y vigorosos. Almacenar semilla de papa en ambientes oscuros promoverá el crecimiento de brotes largos y débiles (Figura 10).



*Figura 9: El almacenamiento a la intemperie no es recomendable por la radiación directa que afecta la calidad de la semilla de papa.*



*Figura 10: El almacenamiento bajo radiación difusa; sin embargo, es ideal para la aparición de brotes cortos y fuertes en la semilla de papa.*

En resumen, los beneficios del almacenamiento bajo radiación difusa son:

- a) Promover la aparición de brotes cortos, fuertes y vigorosos;
- b) Los brotes crecen lentamente;
- c) La semilla almacenada de esta forma no pierde agua rápidamente, es decir, que no se deshidrata tan rápido;
- d) Habrá uniformidad cuando las plantas emerjan en el campo.
- e) El verdeamiento del tubérculo incrementará el amargor de la papa y ya no será apetecida por potenciales plagas.

Para lograr una buena distribución de la radiación difusa es recomendable mantener una distancia entre las bandejas de almacenamiento entre 15 a 20 cm y deben removerse cada 15 días.

## Capítulo 6: La temperatura y la aplicación de pesticidas

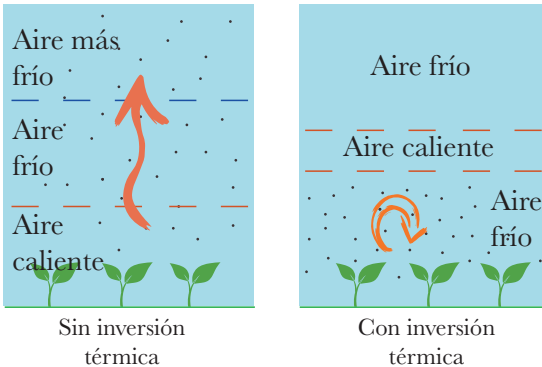
La dosis recomendada para la aplicación de un pesticida asume un porcentaje que se pierda en la atmósfera. Para que se dé la pérdida normal del pesticida hacia la atmósfera (por *volatilización*), se asume que la temperatura disminuye con la altura en la dirección perpendicular a la superficie (atmósfera libre) (Figura 11).

Sin embargo, bajo condiciones especiales esto no sucede. Por ejemplo, en días de cielo despejado y de alta temperatura (frecuentemente en verano) el suelo se calienta. Esto hace que el suelo libere su calor almacenado durante la noche. Y esto provoca que al día siguiente, cerca a la superficie del suelo, la temperatura aumente con la altura en vez de ir disminuyendo.

A esto se llama **Inversión Térmica**.

La inversión térmica crea una barrera invisible que evita que el vapor de agua de la evapotranspiración de las plantas, y que los pesticidas que se aplican sobre ellas, puedan ascender en la atmósfera y disiparse.

En caso que la humedad de las plantas encuentre una capa de inversión térmica, encontraremos una nube estática, o neblina, sobre el cultivo. Sin embargo, muchas veces esta ‘nube’ no se da, aunque nos encontremos con una capa de inversión térmica.



*Figura 11: Efecto de la inversión térmica.*

Cuando este fenómeno ocurre durante la aplicación de un pesticida, todo el producto queda sobre el cultivo (Figura 12). Esto es equivalente a aumentar la dosis del pesticida recomendado y en muchos casos puede ser dañino al cultivo. Si hay condiciones de viento, el pesticida concentrado será transportado y se depositará en los campos vecinos, causando también daño a las plantas.



*Figura 12: Campo de cultivo mostrando inversión térmica.*

Por lo tanto:

*“No es conveniente la aplicación de pesticidas durante inversiones térmicas”.*

De ser imprescindible, entonces se recomienda la aplicación de dosis menores, de la mitad a un tercio de la dosis recomendada. Esta información sobre la reducción de dosis recomendadas pueden encontrarse en las etiquetas informativas de los productos agroquímicos.



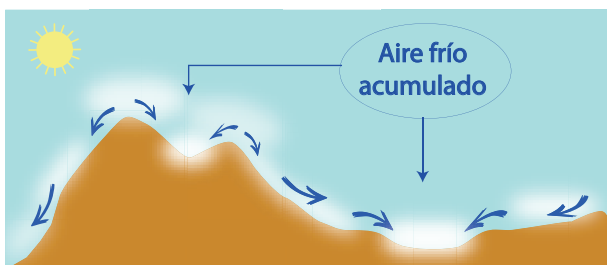
## Capítulo 7: El aire frío y la microtopografía

**E**l aire es un fluido y similar en varias características a los líquidos, como por ejemplo el agua. Dentro de un mismo fluido, las porciones más frías tienden a moverse y acumularse en las zonas bajas, mientras que las más calientes tienden a moverse y acumularse en las zonas más altas. Es por eso que cuando entramos a una piscina, la superficie del agua está más caliente que la zona del fondo de la piscina. En el océano este efecto puede ser modificado debido a la salinidad del agua.

El suelo pierde calor rápidamente cuando el cielo está despejado y la humedad atmosférica es baja (por lo que no puede retener el calor que sale del suelo durante las noches). Este proceso genera una **helada por irradiación**. Bajo esta condición se forma una capa de aire muy frío cerca al suelo que, dependiendo de la intensidad, puede dañar o inclusive matar a un cultivo.

Sin embargo, en las zonas montañosas o colinosas, estas heladas no afectan el área completa del terreno, sino que están muy localizadas en uno o varios sectores.

Estos sectores coinciden con las zonas más bajas, o **depresiones**, dentro del campo de cultivo. Lo que sucede es que el aire frío, debido a las ligeras pendientes, se mueve como un fluido y se acumula en dichos lugares (Figura 13).



*Figura 13: Efecto del movimiento del aire frío que concentra las heladas.*

Es exactamente como cuando llueve mucho y el agua se mueve hacia las zonas más bajas hasta encontrar un lugar donde se almacena, formando un charco. En el caso de una helada, el aire frío se “empoza” en las depresiones de la superficie, rodeando plantas a las que potencialmente puede causar daño, o incluso la muerte.



*Figura 14: Moray (Cuzco, Perú), laboratorio agrometeorológico creado por los Incas para estudiar los efectos de la radiación solar en laderas y la distribución del aire frío sobre los cultivos.*

Para evitar este efecto será necesario construir **drenes** para que el aire frío pueda escapar y distribuirse a lugares más bajos donde no pueda acumularse. En caso que la hondonada sea muy grande e imposible de drenarla, se recomendaría sembrarla con **cultivos nativos** (en el caso de los Andes, *papas nativas*, *maca*, *olluco*, *mashua*, etc), especialmente raíces y tuberosas, los cuales tienen mayor resistencia a las bajas temperaturas, pero también tienen mayores reservas para rebrotar en caso que aparezcan las **heladas tardías** que afectan después del tiempo de germinación.

Las semillas de cereales y hortalizas no tienen suficientes carbohidratos almacenados para poder rebrotar por lo que no se aconseja colocarlas en depresiones ya que habría que resembrar.

La Figura 14 muestra una foto de los famosos andenes circulares de Moray, localizados en Cuzco, Perú, donde los estudiosos del imperio Incaico investigaron el efecto de microclimas en los cultivos andinos.

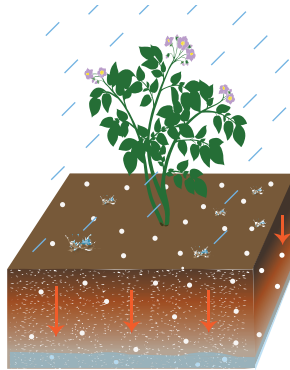
## Capítulo 8: El pronóstico de lluvias y la fertilización nitrogenada

Uno de los problemas más comunes que se observan en el campo durante los años lluviosos es la ineficiencia en la fertilización nitrogenada. Esto significa que el 100% del fertilizante aplicado no es utilizado por la planta.

El nitrógeno, a diferencia del fósforo y el potasio, es asimilable en dos formas: en su forma nítrica (“lavable por el agua”) y en su forma amoniacal (“no lavable por el agua”) (Figura 15).

Es en su forma nítrica como la planta prefiere absorberla. La forma amoniacal necesita aún pasar por una transformación (nitrificación) para poder ser disponible en su forma nítrica.

El problema con los fertilizantes nítricos (por ejemplo, todos los nitratos) es que el nitrato es fácilmente arrastrado por el agua hacia capas más profundas del suelo (lixiviación) porque no puede ser retenido por las arcillas. Esta pérdida se da cuando hay un exceso de agua de lluvia (o riego) y el suelo se satura. Esto se acentúa si el suelo tiene textura arenosa.



*Figura 15: Esquema de como ocurre el movimiento del nitrato dentro del perfil de suelo.*

De este modo, este proceso puede ocasionar grandes pérdidas de nitrógeno que consecuentemente se traducirá en un pobre crecimiento y desarrollo del cultivo.

No muy aparte está el riesgo de contaminación del agua de subsuelo con los nitratos y su posterior consumo humano. Para evitar ese lavado de nitratos, y por lo tanto de la pérdida del dinero invertido en fertilizante nitrogenado, hay que tener en cuenta el **pronóstico de lluvias** estacional del mes de siembra y del mes siguiente a la siembra (Figura 16). Seguir las recomendaciones de la Tabla 1.

**Estrategia 1:**



**Estrategia 2:**



*Figura 16: Cambio de la estrategia de fertilización nitrogenada de acuerdo al pronóstico climático estacional de lluvias durante el mes de siembra y el mes siguiente.*

Tabla 1: Recomendación del fraccionamiento del fertilizante nitrogenado según el pronóstico climático estacional de lluvias.

Mes de siembra	Mes siguiente	No de fraccionamientos	Distribución (%)
Lluvioso	Lluvioso	3	30% 30% 40%
Lluvioso	Normal/Seco	2	30% 70%
Normal o Seco	Normal/Seco	2	40% 60%
Normal o Seco	Lluvioso	2	50% 50%

## Capítulo 9: Surcos en contorno

La preparación del suelo para la campaña agrícola involucra el trazado de surcos para el mejor aprovechamiento del espacio y crecimiento adecuado de un cultivo determinado. Un terreno plano no significa que éste esté nivelado. Siempre hay obras para eliminar el microrelieve que favorecerán la infiltración del agua y optimización del riego.

Sin embargo, en terrenos con cierta ondulación o pendiente inclinada, este trabajo de nivelación puede demandar mayor tecnología, pues habrá mayor cantidad de material que remover o rellenar y el objetivo es justamente controlar la pérdida de suelo y agua por el proceso de erosión.

Son en estos terrenos inclinados donde es conveniente trazar los surcos en contra de la pendiente, más bien perpendicular a ella, siguiendo las curvas de nivel (líneas con la misma altitud), como medida de conservación. A este tipo de trazado se llama **surco en contorno**.



El objetivo de los surcos en contorno es actuar como pequeñas “barreras de contención”, evitando que el agua proveniente de lluvias intensas o abundantes se pierda por escorrentía arrastrando las partículas de suelo en suspensión, que es lo que pasaría si los surcos se construyeran a favor de la pendiente.

Dependiendo del pronóstico climático estacional de lluvias (Figura 17), cuando se pronostica una campaña agrícola normal a lluviosa, el trazado de surcos en contorno debe considerar un mínimo ángulo de inclinación, el cual no debe exceder de 1 grado. Así se evitará el encharcamiento del agua en casos de eventos intensos de lluvia, especialmente si los suelos son de textura franco arcillosa a arcillosa (suelos conocidos como “pesados”). Como consecuencia, evitaremos la formación de microclimas óptimos para la **proliferación de plagas y enfermedades**, donde la alta humedad y temperatura generada pueden crear el ambiente ideal para crecimiento y desarrollo de bacterias y hongos que ataquen diferentes partes del cultivo en desarrollo.



*Figura 17: Inclinación de surcos en contorno dependiendo del pronóstico climático estacional de lluvias.*

Suelos más porosos como los de textura arenosa correrán menos riesgo de encharcamiento. Sin embargo siempre es de consideración evaluar con anterioridad el drenaje y profundidad del suelo y el alcance de las raíces en sus campos de cultivo.

En el caso de un pronóstico de una campaña agrícola seca, no se recomienda ángulos de inclinación para poder optimizar la retención y favorecer el ingreso de la poca cantidad de lluvia en el perfil del suelo.

## **Capítulo 10: Fechas de siembra basado en el pronóstico climático estacional**

**E**xisten algunos métodos complejos desarrollados por el autor para determinar el mejor cultivar (también llamada variedad) a sembrar junto con la mejor fecha de siembra específicamente para cada uno de los campos de un agricultor. Pero debido a la complicación de los cálculos, estos son imposibles de describir en esta guía práctica. Sin embargo, aquí proponemos un método fácil de implementar basado en el balance entre la oferta y la demanda de condiciones meteorológicas: la ofrecida por la atmósfera y las requeridas por el cultivo.

Existe también un factor muy importante a tomar en cuenta en la selección de un cultivar y de cuando sembrarlo que depende de la actitud del tomador de decisiones frente al riesgo. Así pues, tenemos agricultores que van desde aquellos completamente adversos al riesgo hacia aquellos que prefieren tomar riesgos. Muchas veces esto depende también de la capacidad del agricultor a afrontar el riesgo.

Es decir, los agricultores de subsistencia tienen una menor posibilidad de afrontar el riesgo ya que de fallar la estrategia estos ponen en riesgo todo; mientras que agricultores más estables económicamente pueden arriesgar parte de sus operaciones agrícolas con un alto riesgo de perder su inversión por el hecho de poder lograr un máximo beneficio; por ejemplo, el llegar primero al mercado con su producto y poder tener precios muy altos. La aplicación de esto la veremos más adelante en este capítulo.

Los métodos más complejos que mencioné al principio están ligados al seguimiento del crecimiento de las plantas en términos del funcionamiento interno de la planta (fisiología) que normalmente se rige por la temperatura y en el caso de algunos cultivos, por la duración máxima de los días durante el crecimiento del cultivo (fotoperiodo). Sin embargo, el fotoperiodo está relacionado al hecho de querer utilizar o adaptar variedades de regiones lejanas hacia el Norte o hacia el Sur (efecto latitudinal) en la región donde queremos cultivar.

Este factor puede ser descartado por un agricultor ya que normalmente son las compañías que venden semillas o los propios agricultores que, durante generaciones, ya se encargaron de seleccionar las variedades que deben ser comercializadas/cultivadas en su región.

En el caso del efecto de la temperatura, ya que hablamos sólo de variedades previamente seleccionadas para una determinada región, podemos traducirla de manera relativa a variedades desde corto hasta largo período (en términos de número de días en el campo). Las variedades de corta duración requieren menos acumulación de temperatura desde emergencia hasta el máximo llenado (madurez fisiológica) del producto cosechable (grano, tubérculo, raíz, etc.). La madurez fisiológica es diferente que la cosecha (recoger el producto del campo), ya que algunos productos cosechables requieren, entre otros, perder humedad antes de ser cosechados, permanecer unos días sobre el suelo expuesto a la mayor cantidad de radiación solar directa posible para concentrar azúcares y hacer el producto más dulce, etc.

Otro factor a tomar en cuenta es la **tolerancia y/o resistencia a heladas y sequías**. La mayoría de las veces, el hecho de que una variedad sea tolerante/resistente a estos dos factores disminuye el riesgo en la producción; sin embargo, los niveles de rendimiento de estas variedades comparadas con variedades comerciales (generalmente no tolerantes/resistentes) son usualmente menores.

El poder elegir la variedad correcta según el pronóstico estacional (de 1 a 9 meses) que sea favorable para los cultivos, puede ayudar a obtener una mejor cosecha utilizando una variedad comercial; mientras que bajo condiciones adversas pronosticadas la selección de variedades tolerantes/resistentes puede garantizar al menos una cosecha.

Entonces, el primer paso es caracterizar las condiciones meteorológicas pronosticadas para los meses de la época de cultivos (Tabla 2), por ejemplo, de Setiembre a Febrero de acuerdo a la probabilidad de: (1) lluvias [**Alta**, **Normal**, **Baja**], (2) probabilidad de temperatura [**Alta**, **Normal**, **Baja**]; y (3) Probabilidad de heladas [**0**, **mayor de 0**]. Dependiendo del cultivo, la región y las necesidades del agricultor, esta Tabla puede hacerse más compleja al incrementar el número de columnas con otras variables que deseemos tomar en cuenta como probabilidad de estrés de calor durante floración; precipitación durante llenado de granos, etc.

Tabla 2: Pronóstico Estacional.

Mes	Lluvia (A, N, B)*	Temperatura (A, N, B)**	Probabilidad de heladas (%)	Evaluación de fichas
Setiembre	N	B	20	
Octubre	N	N	2	
Noviembre	A	N	0	
Diciembre	A	N	0	
Enero	A	N	0	
Febrero	B	N	0	

\* Probabilidad de lluvia: A (Alta), N (Normal), B (Baja)

\*\* Probabilidad de temperatura: A (Alta), N (Normal), B (Baja)



El segundo paso es el de caracterizar los cultivares que existen en nuestra región (Tabla 3), en términos de (1) duración en el campo desde emergencia hasta madurez fisiológica (usar cosecha si no se tiene madurez fisiológica), (2) respuesta a heladas [**Sensible**, **Tolerante**, **Resistente**]; y (3) respuesta a sequía [**Sensible**, **Tolerante**, **Resistente**].

Tabla 3: Caracterización de variedades.

Nombre de la variedad	Duración en campo (meses)	Respuesta a heladas*	Respuesta a sequías**
Variedad 1	3	H	S
Variedad 2	3	H	S
Variedad 3	3	H	S
Variedad 4	4	H	S
Variedad 5	4	H	S
Variedad 6	5	H	S
Variedad 7	5	H	S
Variedad 8	6	H	S

\* H (sensible), H (tolerante), H (resistente)

\*\* S (sensible), S (tolerante), S (resistente)

El último paso consiste en enlazar ambas Tablas y buscar donde las ofertas coinciden con las demandas y así poder determinar la(s) mejor(es) variedades y cuando sembrarla(s). Una forma práctica de hacer el enlace es el de crear fichas de papel de diferentes tamaños, donde la altura de cada ficha es equivalente al ancho que ocupan el número de meses de la variedad (ver Tablas 4, 5 y 6). En cada ficha colocar el nombre de la variedad y sus identificadores en colores con respecto a sus respuestas a heladas y sequías.

Hay que tener en cuenta que cuanto mayor es la cantidad de tiempo que un cultivo se encuentra en el campo, mayor tiende a ser la cantidad de producto cosechado. Esto se debe a que la planta está absorbiendo por más tiempo radiación solar y nutrientes. Pero, por otro lado, a mayor tiempo en el campo, mayor será el tiempo en el que el cultivo se encuentra expuesto a enfermedades y plagas. Esto es parte de lo que mencionábamos al principio sobre la influencia del comportamiento del agricultor frente al riesgo en la toma de decisiones. Sin embargo, como regla general, comenzaremos la evaluación de variedades y fechas de siembra con las variedades de mayor duración.

El proceso de selección comienza en nuestro ejemplo con la selección de la ficha de nombre “**Variedad 8**”, ya que ésta es la de mayor duración en el campo (6 meses). Colocamos la ficha bajo el título de la última columna de la Tabla 2 llamada “**Evaluación de fichas**” (ver Tabla 4).

En este caso la temporada de cultivos es de 6 meses, comenzando en **Setiembre** y terminando en **Febrero**, por lo que todas las filas de la Tabla 4 estarán cubiertas por la ficha. Luego vemos que “**Variedad 8**” es tolerante a heladas y sequías y que, según nuestro ejemplo, existe una probabilidad de heladas de un 20% en Setiembre y condiciones de baja lluvia en el mes de Febrero. Como la “**Variedad 8**” es tolerante a ambos, entonces la variedad que requiere 6 meses podrá ser sembrada en Setiembre pero con algún riesgo de ser afectada por una helada al inicio de la campaña y/o una sequía al final de la campaña.

Tabla 4: Prueba de la Variedad 8 y potencial de fecha de siembra. Por su duración en el campo, esta variedad sólo puede ser plantada a inicios de Setiembre.

Mes	Lluvia (A, N, B)*	Temperatura (A, N, B)**	Probabilidad de heladas (%)	Evaluación de fichas
Setiembre	N	B	20	<div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 10px; text-align: center;">                     H S                       Var. 8   <b>Variedad de 6 meses</b> </div>
Octubre	N	N	2	
Noviembre	A	N	0	
Diciembre	A	N	0	
Enero	A	N	0	
Febrero	B	N	0	

\* A (Alta), N (Normal), B (Baja)  
 \*\* A (Alta), N (Normal), B (Baja)

El segundo paso es tomar la ficha de “**Variedad 7**” que requiere 5 meses en el campo (ver Tabla 5). Esta ficha puede ser colocada comenzando en Setiembre pero también comenzando en Octubre. “**Variedad 7**” es “Resistente a heladas” y “Tolerante a sequías”. Si decidimos sembrar en Setiembre, “**Variedad 7**” no tendrá problemas con el 20% de heladas pronosticadas en Setiembre, pudiendo cosechar en el mes de Enero; pero si decidimos sembrar en Octubre cosechando en Febrero, no tendremos problemas con las heladas de Setiembre, pero sí corremos riesgo de sequía en Febrero.

Tabla 5: Prueba de la Variedad 7 y potenciales fechas de siembra. Por su duración en el campo esta variedad tiene dos opciones de siembra: en setiembre y en octubre.

Mes	Lluvia (A, N, B)*	Temperatura (A, N, B)**	Probabilidad de heladas (%)	Evaluación de fichas
Setiembre	N	B	20	
Octubre	N	N	2	
Noviembre	A	N	0	
Diciembre	A	N	0	
Enero	A	N	0	
Febrero	B	N	0	

**Variedad  
de  
5  
meses**

\* A (Alta), N (Normal), B (Baja)  
\*\* A (Alta), N (Normal), B (Baja)



“**Variedad 7**” es resistente a sequía, así que aún tenemos riesgo de ser afectados por la falta de lluvia pronosticada. Y así procedemos evaluando todos los grupos de variedades que tenemos a nuestra disposición en el mercado. Por ejemplo “**Variedad 1**” (ver Tabla 6) sólo podrá ser sembrada en Noviembre y cosechada en Enero ya que es altamente sensible a heladas y sequías, sin embargo dependiendo de la aversión al riesgo del agricultor, este podrá sembrarla a mediados de Octubre ya que sólo existe un 2% de probabilidad de helada. Aún mejor sería la decisión de sembrar “**Variedad 5**” en Octubre ya que requiere de 4 meses en el campo y es altamente resistente a las heladas. Aquellas fichas con variedades que no alcanzan el tiempo requerido con las condiciones climáticas requeridas se descartan. Cuando dos o más variedades pueden ser sembradas, entonces la decisión final radica en otros factores como precios de mercado, disponibilidad de semilla, aceptación de la variedad en el mercado, etc., o la alternativa de siembra de múltiples variedades.

Tabla 6: Prueba de la Variedad 1 y potenciales fechas de siembra. Por su duración en el campo esta variedad tiene cuatro opciones de siembra: setiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Mes	Lluvia (A, N, B)*	Temperatura (A, N, B)**	Probabilidad de heladas (%)	Evaluación de fichas
Setiembre	N	B	20	HS
Octubre	N	N	2	Var. 1
Noviembre	A	N	0	1
Diciembre	A	N	0	1
Enero	A	N	0	1
Febrero	B	N	0	1

\* A (Alta), N (Normal), B (Baja)  
\*\* A (Alta), N (Normal), B (Baja)

Variedad de 3 meses

Esta es una manera dinámica de seleccionar la variedad y su mejor fecha de siembra incluyendo el pronóstico climático estacional.

Como mencioné al principio del Capítulo, existen métodos más complejos y precisos para esta toma de decisiones, donde se toma en cuenta las características físicas, químicas e hídricas detalladas del perfil de suelo de cada campo, caracterización genética de variedades, entre otras variables, pero éstos requieren del uso de mayores recursos computacionales lo que no es el objetivo de esta guía práctica de bolsillo, uso de datos meteorológicos en la agricultura.

# Parte II

## Decisiones Estratégicas

## Capítulo 11: Abrigo para animales durante eventos de heladas

Ahora que conocemos el efecto termorregulador del agua usado en los camellones, podemos utilizar el mismo concepto para proteger nuestros animales durante eventos extremos de baja temperatura. El sistema propuesto consiste en construir albergues bajos con techo inclinado para resguardar del frío por algunos días a pocos animales. Las paredes tienen que ser de preferencia gruesas y/o contruídos con materiales aislantes. Estas condiciones hacen que las temperaturas del exterior no pasen a través de las paredes y que la proximidad entre los animales aumente la concentración de calor entre ellos.

Es importante el construir una chimenea de ventilación en el abrigo para evitar el incremento de gases tóxicos (como dióxido de carbono) que asfixien a los animales. Es importante que la chimenea tenga un techo para evitar la entrada del aire frío. Alrededor del abrigo es necesario construir una zanja lo mas ancha y profunda posible que servirá para almacenar agua, la cual actuará como efecto termorregulador y evite que las temperaturas sean muy bajas alrededor del abrigo.

Es importante que la estructura del cimientado del abrigo no sea afectada por las zanjas de alrededor para así evitar desmoronamientos sobre las zanjas de los abrigos, pudiendo así causar daños a los animales. Para evitar esto es necesario construir el abrigo usando columnas de soporte o dejando una distancia adecuada entre la zanja y el abrigo.

De ser posible, aislar el techo con una capa de material aislante que puede ser suelo, paja seca o algún otro material de construcción. Se recomienda también echar la mayor cantidad de sal posible sobre el techo. Esto ayudará a que la posible nieve o granizo almacenado en el techo se derrita y no se almacene en el techo causando derrumbes del abrigo debido al peso. También hará que el agua que se condense sobre el techo (potencialmente) se congele a temperaturas menores de 0°C y que ésta pueda escurrirse hacia las zanjas de agua (Figura 18).

## Capítulo 12: Captación de agua para irrigación

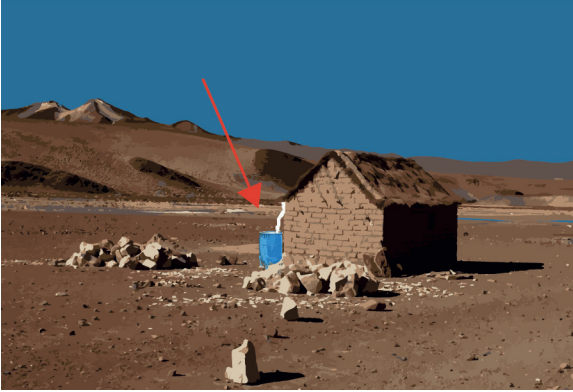
**E**n muchos lugares áridos o semiáridos, o en lugares con lluvia estacional (parte del año con lluvia y parte del año seco) la disponibilidad de pequeñas cantidades de agua puede ser crucial para la sobrevivencia o para el incremento de los ingresos de los pobladores de esos lugares.

El conocimiento de cómo capturar, no sólo la precipitación, sino también la humedad atmosférica es el factor que potencialmente puede crear la oportunidad de desarrollar actividades agrícolas de alto valor económico como siembra de hortalizas y de frutos exóticos como la tuna, el higo o fruto del dragón (Pitahaya [oriundo de América del Sur]), o la obtención de productos para el uso de cosméticos como la “cochinilla”. La posibilidad de tener una campaña agrícola más dentro del ciclo anual es una idea que vale la pena ser evaluada y de ser posible implementada por los agricultores y mejor aún con la ayuda gubernamental o del sector privado.

La primera forma de cosechar el agua de lluvia es mediante su recolección de lugares donde ésta se escurre siguiendo la gravedad. Los lugares obvios son riachuelos y acequias; sin embargo, estas no siempre están cerca de donde la requerimos y el transporte de esta agua puede crear inconvenientes.

Otra fuente interesante y a la mano es coleccionar agua de los techos de las casas. La ventaja es que, dependiendo del tipo de techo de la casa, el agua es normalmente limpia. El uso de canaletas en las partes inferiores del tejado sirven para este propósito. Estas canaletas pueden ser tubos de PVC de 5" (18 cm) cortados tangencialmente y colocados con un pequeño ángulo de inclinación dirigido hacia el lado del colector. La colección puede hacerse con un barril plástico o alguna construcción de ladrillo o adobe con una capa interna impermeable que sea capaz de retener agua (Figura 18).



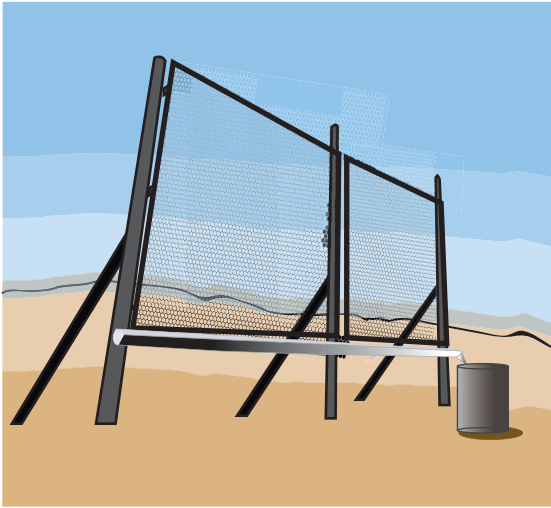


*Figura 18: Ejemplo de sistema de captación y colección de agua de lluvia de los techos de casas.*

Otra posibilidad es la **captura del agua de nieblas y neblinas**. La diferencia entre ambas es básicamente la densidad de estas, lo que mide visualmente dependiendo de la visibilidad a través de ellas. Si podemos ver más allá de 1000 metros entonces hablamos de neblina, si no podemos ver más allá de 1000 metros, entonces hablamos de niebla.

Ahora bien, ¿qué es la niebla o neblina? Es básicamente una nube que se ha formado a nivel del suelo (para más detalles ver **Capítulo de Inversión Térmica**). Lo importante es que nubes, nieblas y neblinas están formadas en su mayoría de gotas de agua líquida muy pequeñas (algunos tipos de nubes que se encuentran a gran altitud están formadas no por agua líquida sino por pequeños cristales de hielo).

Lo que requerimos para capturar estas pequeñas gotas de agua, que están flotando en la atmósfera baja, en superficies donde éstas puedan pegarse (adherirse).



*Figura 19: Esquema mostrando el diseño básico de un atrapa nieblas.*

Cuando estas gotas de agua que se adhieren se juntan a otras gotas, estas comienzan a crecer hasta crear una gota mas grande que ya no puede sostenerse en la atmósfera y entonces ésta cae al suelo. Un ejemplo de esto es cuando vamos al campo temprano y vemos las gotas de rocío sobre las hojas de los cultivos.

Claro que muchas gotas que se quedan sobre las hojas del cultivo por mucho tiempo y ocurriendo por varios días seguidos tienden a crear el ambiente perfecto para enfermedades fungosas. Entonces, para capturar esta agua de nieblas o neblinas existen estructuras diseñadas para atraparlas. Se llaman **atrapa nieblas** (Figura 19).

Básicamente son redes muy finas de materiales impermeables que sirven para que las minúsculas gotas de agua se adhieran, crezcan y caigan al suelo. En los atrapa nieblas, en vez de que el agua caiga al suelo, las gotas de agua son recolectadas en canaletas con un pequeño ángulo de inclinación dirigidas hacia el lugar de almacenamiento (similar al caso de la canalización de agua de lluvia en los techos de las casas).

Uno de los problemas de estas dos tecnologías es el almacenamiento del agua. Varios barriles plásticos o la construcción de silos para almacenamiento del agua son opciones para evaluar dependiendo de la cantidad de agua que requerimos para el tipo de actividad agrícola que queremos realizar.

Lo interesante de la tecnología de los atrapa nieblas es que podemos instalar sistemas pequeños que capturen agua y que ésta vaya directamente a las plantas sin tener que almacenarla. Si utilizamos plantas con bajos requerimientos de agua como cactáceas (por ejemplo, tuna y fruto del dragón, etc.), entonces cada captura de agua es beneficiosa para el cultivo, pero en la ausencia de agua, estas plantas podrán continuar viviendo sin necesidad de irrigación.

Otra posibilidad es la de mejorar las características físicas del suelo solamente en donde sabemos que las raíces de las plantas desarrollarán. Por ejemplo, hacer un agujero donde la planta será sembrada y colocar compost, humus de lombriz, tierra vegetal y/o estiércol. Esto hará que el suelo sea capaz de retener mayor cantidad de agua que será disponible para la planta (además de los beneficios nutricionales para el cultivo).

Estructuras como las rocas (o piedras) actúan también como superficie de adherencia de gotas de agua.

Porque además de los atrapa nieblas, se puede recomendar el colocar piedras lisas alrededor del cuello de las plantas (10 a 15 cm de distancia). Estas piedras (atrapa nieblas naturales) harán que las gotas de agua resbalen directamente al suelo. Las piedras rugosas no son tan eficientes ya que podrían almacenar el agua en grietas y nunca llegar al suelo donde requerimos el agua.

## **Capítulo 13: Condiciones básicas para el planeamiento comunal o de grupos de agricultores**

**C**ondiciones climáticas adversas son parte del ciclo natural en el que nos encontramos. Sequías, heladas, olas de calor, etc. son parte de este ciclo y ellas retornarán tarde o temprano a impactarnos. Es por esto que es necesario planificar de antemano las acciones a tomar cuando estas condiciones se repitan.

El primer paso es determinar nuestro grupo o grupos de acción, el cual puede incorporar familia, vecinos, autoridades comunales, autoridades gubernamentales, etc. Es decir, nuestra familia y vecinos puede ser nuestro grupo de acción de toma de decisiones, mientras que grupos más grandes con intervención de autoridades comunales, gubernamentales, ONGs, etc. pueden constituir los grupos de soporte, sea de información, de rescate, de insumos materiales, etc.

El segundo paso es determinar cuales son nuestros bienes (campos de cultivos, cultivos, almacenes, animales, etc.) y determinar el estado de éstos (por ejemplo, en qué fase se encuentra el cultivo, cuantas hembras estan preñadas, etc.) y determinar en cada uno de ellos cuales son sus puntos vulnerables, fortalezas y retos. Por ejemplo, si los cultivos y variedades son resistentes o tolerantes a las sequías, cuantas hembras están preñadas, si es posible mover los animales a zonas más protegidas o venderlas rápidamente, etc.

Después de conocer con quienes contamos para colaborar y tomar decisiones en caso de eventos climáticos extremos, de saber qué bienes poseemos y de cuáles son las vulnerabilidades, fortalezas y retos de estos, es necesario comenzar a pensar en ocurrencias pasadas de eventos extremos y anotar el evento que sucedió, como afectó nuestros bienes en ese entonces, qué decisiones tomamos en ese entonces y qué otras decisiones hubiésemos podido tomar para disminuir los daños.



Tomar en cuenta que ahora posiblemente existan más grupos de ayuda y con programas disponibles que durante eventos pasados no existían. Hay que tener en cuenta que los sistemas de comunicación como radio, teléfonos, etc., son una pieza importante en la toma de decisiones ante desastres naturales y que es necesario en lo posible planificar para no perder la comunicación, sobre todo en zonas rurales normalmente alejadas de la ayuda.

Hay que tener en mente que todos los años el grupo de acción debe reunirse para re-evaluar los planes de acción. Nuevas tecnologías, nuevos bienes, nuevos miembros del grupo, nuevas instituciones de ayuda y/o nuevos centros de información pueden haberse creado y hay que sacar provecho a esas condiciones.

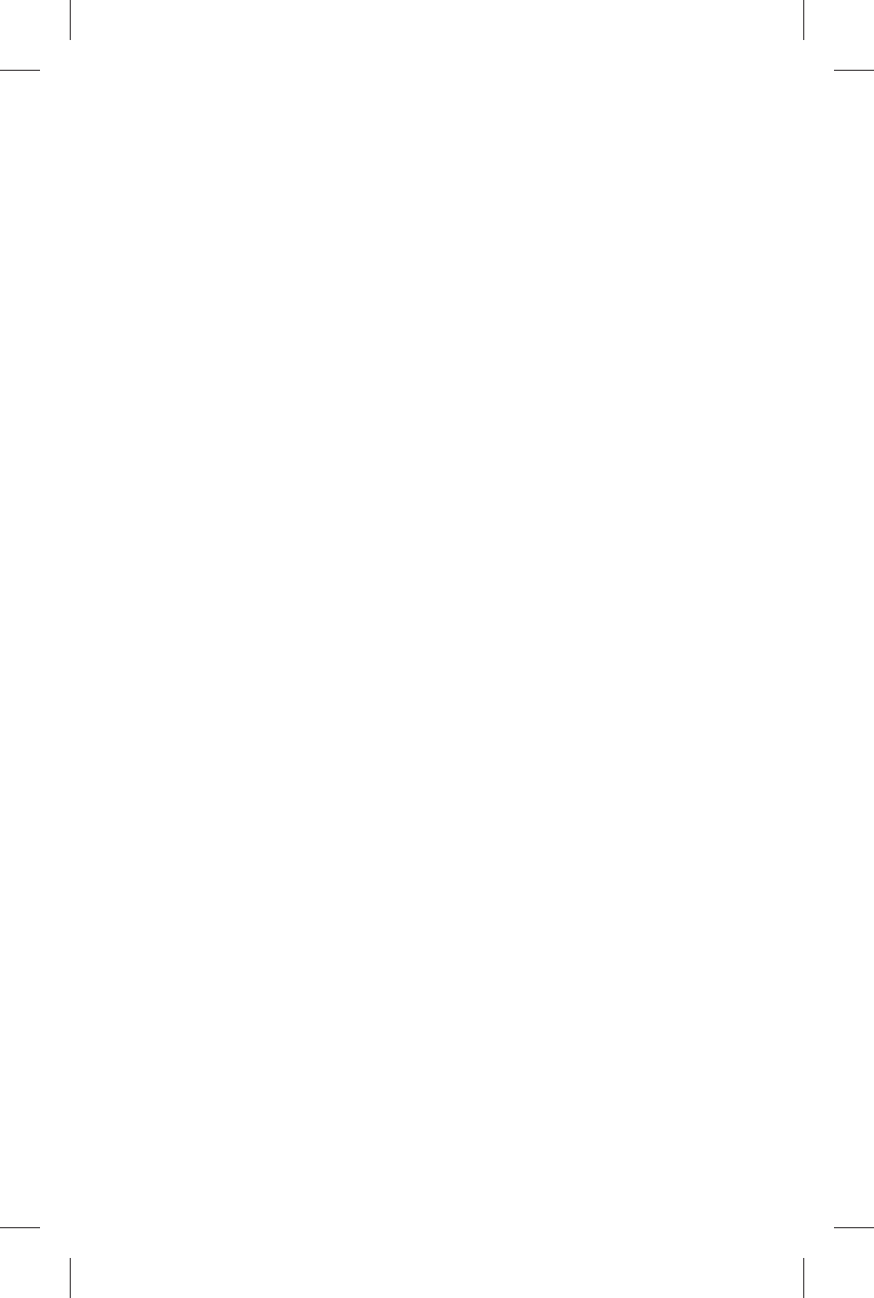
El plan de acción tiene que ser un documento que tiene que ser revisado y actualizado cada año para poder hacer más eficiente la toma de decisiones en el momento requerido.



## Biografías

Dr. Guillermo A. Baigorria tiene un título en Meteorología, una Maestría en Producción Agrícola (ambos de Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú) y Doctorado en Ecología de la Producción: Ciencias del suelo y Evaluación de Tierras (Wageningen University, Holanda). Es especialista en clima, suelos, modelación de cultivos y su integración. Continuó un postdoctorado en la Universidad de Florida, donde desarrolló nuevos métodos sobre previsión de producción agrícola y modelado agrícola y formó parte del cuerpo docente de tres universidades diferentes (UNALM, Universidad de Florida y Universidad de Nebraska -Lincoln). También trabajó como investigador del Centro Internacional de la Papa y fue científico visitante en la NOAA y el IRI. Participó en varios proyectos en África, Asia, Latinoamérica y Estados Unidos. Guillermo es autor de varios artículos científicos, capítulos de libros, además de revisor de más de 20 revistas científicas internacionales. Actualmente es el encargado de desarrollar toda la plataforma interactiva entre agricultores y sistemas de inteligencia artificial de las empresas Next Season Systems y AgexTec donde actualmente es el Director de Investigación y Desarrollo.

Dra. Consuelo C. Romero tiene un título en Biología, Maestría en Ciencias del Suelo (ambos de Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú) y Doctorado en Ecología de la Producción: Erosión del Suelo y Conservación del Agua (Wageningen University, Holanda). Como profesora de su Alma Mater, dictó cursos de Geología, Fertilidad del Suelo y Conservación del Suelos y Agua. Su investigación doctoral se centró en el modelado de la erosión del suelo en los Andes. Después de una capacitación en Japón, continuó un postdoctorado en la Universidad de Florida en el área de Evapotranspiración e Irrigación, y luego continuó en la Universidad de Nebraska-Lincoln como Profesora de Investigación, donde realizó estudios sobre los efectos climáticos en el crecimiento de los cultivos. Tiene varios artículos publicados en libros y revistas científicas. Actualmente es Directora General de la empresa Next Season Systems y AgexTec, un sistema de apoyo a agricultores para su toma de decisiones en el campo.



# EL PERÚ PRIMERO

Climandes es una iniciativa de colaboración entre:



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Embajada de Suiza en el Perú**

**Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación COSUDE**



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA  
MUNDIAL



**GFCS**  
GLOBAL FRAMEWORK FOR  
CLIMATE SERVICES



**PERÚ** Ministerio  
del Ambiente

Implementado por:



**Senamhi**  
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA  
E HIDROLOGÍA DEL PERÚ



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Home Affairs FDHA  
Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss

**MeteoSwiss**