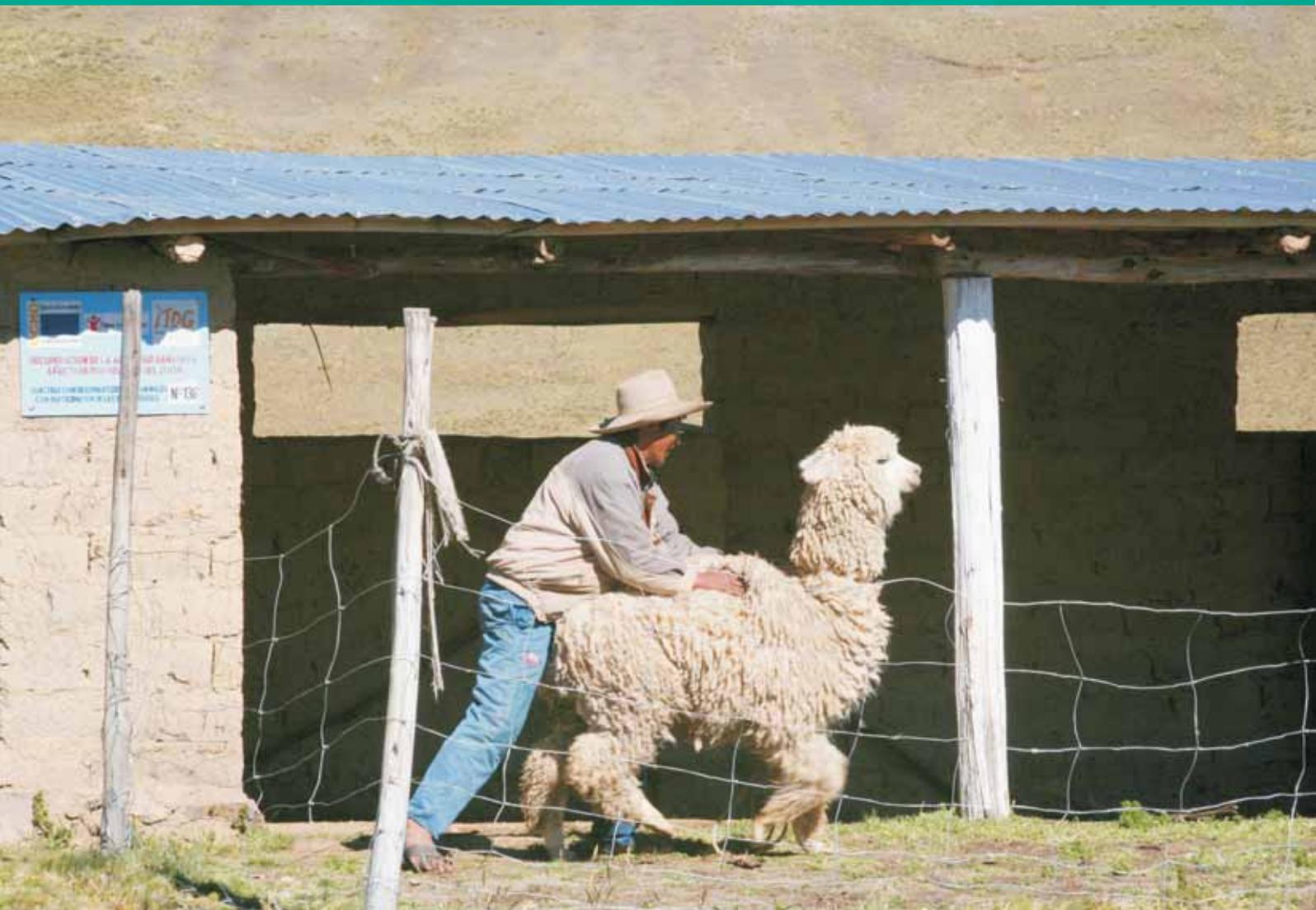


TECNOLOGÍAS RESPONDIENDO A LOS DESASTRES

SERIE LIBROS Nº 50



Tecnologías respondiendo a los desastres



Gómez, Cynthia

Tecnologías respondiendo a los desastres / Cynthia Gómez, Graciela Prado, Haydeé Carrasco.—
Lima: Soluciones Prácticas- ITDG, 2007

184 p.

TECNOLOGÍA / TECNOLOGÍA ADECUADA/ INNOVACIONES / CAMBIO TECNOLÓGICO/ GESTIÓN
DE LOS RIEGOS / AMENAZAS/ VULNERABILIDAD/ DESARROLLO SOSTENIBLE/ DESARROLLO
HUMANO/ CAMBIOS CLIMÁTICOS

103/G68

Clasificación SATIS. Descriptores OCDE

ISBN N° 978-9972-47-138-4

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2007-07057

Primera edición: 2007

©Soluciones Prácticas - ITDG

Razón social: Intermediate Technology Development Group, ITDG

Domicilio: Av. Jorge Chávez 275, Miraflores, Lima 18, Perú. Casilla postal: 18-0620

Teléfonos: 444-7055, 446-7324, 447-5127 Fax: 446-6621

E-mail: info@solucionespracticas.org.pe <http://www.solucionespracticas.org.pe>

Autores: Cynthia Gómez, Graciela Prado, Haydeé Carrasco

Revisión: Pedro Ferradas

Corrección de estilo: Fernando Lecaros

Coordinación: Haydeé Carrasco, Sergio Tejada y Alejandra Visscher

Diseño y diagramación: Johnny Sánchez

Procesamiento gráfico: Jorge McGregor

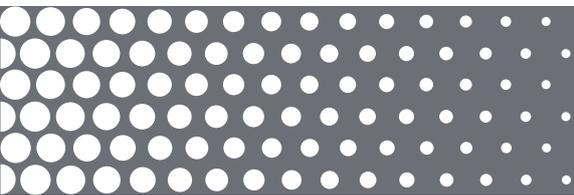
Supervisión gráfica y carátula: Leonardo Bonilla

Impreso por: Servicios Gráficos JMD

Impreso en el Perú, julio del 2007

Publicación financiada por AgroAcción Alemana y elaborada como parte del proyecto Medios de Vida en San Martín, financiado, a su vez, por DFID.

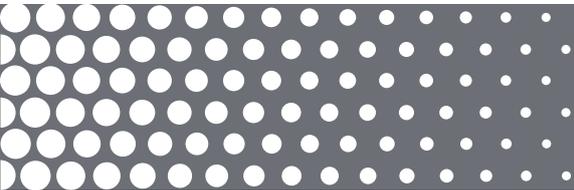
Este documento ha sido elaborado con el apoyo financiero de ECHO, los puntos de vista que en él se expresan no representan, necesariamente, el punto de vista de la Comisión Europea.



Dedicatoria

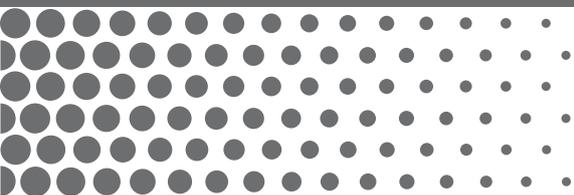
Hay personas que durante toda su vida ofrecen lo mejor de sí mismas y, por ello, trascienden en el tiempo y en nuestra memoria. Este libro está dedicado a Graciela Prado, quien dio inicio a esta investigación en tecnologías para gestión de riesgos en Soluciones Prácticas – ITDG. Una persona que deseaba profundamente que la información de este libro contribuyese a mejorar la calidad de vida de la población y a optimizar las decisiones que ésta toma día a día, de manera que todos hagamos frente a los nuevos retos que plantean el cambio climático y la degradación ambiental.

¡Siempre vivirás en nuestra memoria Graciela!



Agradecimientos especiales a:

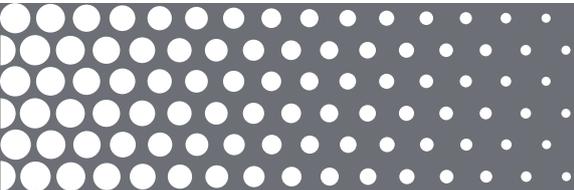
- Alfonso Carrasco. Soluciones Prácticas – ITDG
- Luis Rodríguez. Consultor Soluciones Prácticas – ITDG
- Luis Bolaños. Consultor Soluciones Prácticas – ITDG
- Orlando Chuquisengo. Soluciones Prácticas – ITDG
- Kathia Zavala. Soluciones Prácticas – ITDG
- Max Watanabe. Soluciones Prácticas – ITDG
- Camilo Vega. Soluciones Prácticas – ITDG
- Giannina Solari. Soluciones Prácticas – ITDG
- Fidel Sánchez. Soluciones Prácticas - ITDG
- Carol Aliaga Soluciones Prácticas - ITDG
- Juan Guerrero. Universidad Nacional Agraria La Molina
- Mateo Casaverde. Instituto Nacional de Defensa Civil
- Luis Málaga. Instituto Nacional de Defensa Civil
- Guido Yactayo. Centro Internacional de la Papa
- Bárbara Horstmann. Cooperación Técnica Alemana
- Carlos Sonco. Universidad Nacional Agraria La Molina
- Miguel Paz. Ministerio de Agricultura
- Robert Gallaire. Institut de recherche pour le développement
- Julio García. Consejo Nacional del Ambiente
- Laura Avellaneda. Consejo Nacional del Ambiente
- Homero Silva. Organización Panamericana de la Salud
- Raúl Lizárraga. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo



Contenido

ABREVIATURAS	9
PRESENTACIÓN	11
CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS	13
1. Tecnología	13
1.1 ¿Qué entendemos por "tecnología"?	13
1.2 ¿Qué entendemos por "innovación tecnológica"?	14
2. Gestión de riesgos de desastres	16
2.1 Riesgo de desastre	16
2.1.1 Amenaza o peligro	16
2.1.2 Vulnerabilidad	17
2.2 Capacidades y medios de vida	18
2.3 Gestión de riesgos	20
2.4 ¿Cómo pueden contribuir las tecnologías a la gestión de riesgos?	21
CAPÍTULO 2: PROCESOS SOCIALES Y CONSTRUCCIÓN DE LA TECNOLOGÍA	23
1. Percepciones	23
1.1 Actitudes y toma de decisiones	25
2. Cosmovisión	25
3. Organización	26
CAPÍTULO 3: TECNOLOGÍAS DISPONIBLES	27
1. Observaciones	27
2. Clasificación	28
2.1 Según función	28
2.2 Según amenazas que permiten afrontar	29

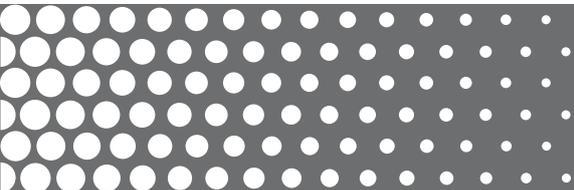
3. Fichas	31
N° 01 Bases de datos: caso DesInventar	31
N° 02 Bases de datos: caso SINPAD	35
N° 03 Modelos de simulación: caso HEC - RAS	39
N° 04 Teledetección	43
N° 05 Sistemas de información geográfica (SIG)	49
N° 06 Sistemas de alerta temprana (SAT)	55
N° 07 Viviendas mejoradas	59
N° 08 Control y protección de cauces	73
N° 09 Manejo del ganado	85
N° 10 Terrazas	95
N° 11 Labranza	105
N° 12 Cosecha de agua	115
N° 13 Sistemas de riego	127
N° 14 (Re) vegetación	135
N° 15 Remediación ambiental	151
CAPÍTULO 4: NUEVOS RETOS DEL DESARROLLO	159
1. Los enfoques y los objetivos del desarrollo	159
1.1 Desarrollo humano	159
1.2 Desarrollo sostenible	160
1.3 Retos actuales	161
2. Nuevos escenarios: el cambio climático	162
3. Reflexiones finales	165
BIBLIOGRAFÍA	167
ANEXOS	175
1. Indicadores de daños y pérdidas por desastres	175
2. Red de boyas y estaciones océano-metereológicas para predecir ENOS	176
3. Efectos promedio del ENOS en América Latina y El Caribe	176
4. Cultivares y sus características de resistencia y adaptación a la temperatura, humedad, plagas, enfermedades y suelo	177



Abreviaturas

- AVHRR – Advanced Very High Resolution Radiometer
- BID – Banco Interamericano de Desarrollo
- CERESIS – Centro Regional de Sismología para América del Sur
- CEPAL – Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
- CETAL – Centro de autoeducación y comunicación popular
- CONAE – Comisión Nacional de Actividades Espaciales (Argentina)
- CONAM – Consejo Nacional de Ambiente (Perú)
- CONRED – Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Guatemala)
- CIRED – Centre International de Recherche sur l' Environnement et le Développement
- CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
- CRID – Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y El Caribe (con sede en Costa Rica)
- DESCO – Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo
- DEM – Digital Elevation Model (modelo de elevación digital)
- DIPECHO – Programa de Preparación antes los desastres de ECHO
- DFID – UK Department for International Development
- DPT – Desarrollo Participativo de Tecnologías
- ECHO – Humanitarian Aid Department in the European Comisión (Servicio de ayuda humanitaria de la Comisión Europea)
- EDH – El Diario de Hoy (El Salvador)
- EIRD – Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
- ENIEX – Entidades e Instituciones de Cooperación Técnica Internacional Extranjeras (en el Perú)
- ENOS – El Niño Oscilación Sur
- ENVI – Environment for Visualizing Images (entorno para visualización de imágenes)
- EMDAT – Emergency Disasters Data Base (en Bélgica)
- EOS-SAR – Earth Observing System (EOS) Synthetic Aperture Radar (SAR)
- ERS – European Remote Sensing Satellite
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
- GEI – Gases de Efecto Invernadero
- GOES - Geostationary Operational Environmental Satellites
- GPS – Global Positioning System (GPS) o Sistema de Posicionamiento Global

- GTZ – Cooperación Técnica Alemana
- IFOV – Instantaneous Field of View (campo de visión instantáneo)
- INDECI – Instituto Nacional de Defensa Civil (Perú)
- IAHS – International Association of Hydrological Sciences
- ICSI – International Computer Science Institute
- IRD – Institut de Recherche pour le Développement (Instituto de investigación para el desarrollo – Francia)
- ITACAB – Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropriadas para Sectores Marginales
- ITS – Instituto de Tecnología Social (Brasil)
- LA RED – Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres de América Latina
- LDFC – Least Developed Countries Fund
- LOAEL – Lowest Observed Adverse Effect Level (nivel mínimo de efecto adverso observable)
- MDT – Modelo Digital de Terreno
- MVS – Medios de Vida Sostenibles
- MINAG – Ministerio de Agricultura (Perú)
- MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
- NASA – National Aeronautics and Space Administration (Estados Unidos)
- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration (Estados Unidos)
- NOAEL – Non Observed Adverse Effects Level (nivel donde no se observa efecto adverso)
- PNUD – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
- PREDES – Centro de Estudios en Prevención de Desastres
- PROCLIM – Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire (Perú)
- PRONAMACHCS – Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (Perú)
- PUCP – Pontificia Universidad Católica del Perú
- OCHA – Oficina de Coordinación para la Ayuda Humanitaria, de las Naciones Unidas
- ODM – Objetivos de Desarrollo del Milenio
- OEA – Organización de Estados Americanos
- OMS – Organización Mundial de la Salud
- ONERN – Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (Perú)
- ONG – Organización No Gubernamental
- ONU – Organización de las Naciones Unidas
- OSSO – Observatorio Sismológico del Sur Occidente (Colombia)
- OPS – Organización Panamericana de la Salud
- PREDECAN – Prevención de Desastres en la Comunidad Andina
- REMPE – Registro de Emergencias y Peligros (Perú)
- SCC – Special Climate Change fund
- SENAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
- SIAPAD – Sistema de Información Andino para la Prevención y Atención de Desastres
- SINADECI – Sistema Nacional de Defensa Civil (Perú)
- SINAPROC – Sistema Nacional de Protección Civil (México)
- SINPAD – Sistema Nacional de Información para Prevención y Atención de Desastres (Perú)
- UFAM – Universidade Federal do Amazonas
- UNESCO – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
- UNICEF – Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
- WGMS – World Glacier Monitoring Service



Presentación

11

Desde su creación en 1966 en Inglaterra, ITDG (hoy con el nombre de Practical Action) es una institución que promueve el desarrollo y uso eficiente de la tecnología. En el Perú, y bajo nombre de Soluciones Prácticas - ITDG, trabaja con las poblaciones de menores recursos, buscando contribuir a la reducción de la pobreza mediante el acceso de los pobres a tecnologías apropiadas, el intercambio de conocimientos y la influencia en otras instituciones. Las tecnologías promovidas incorporan las experiencias de la población y las enriquecen, reconocen su potencial y lo desarrollan, respetan el ambiente y lo fortalecen, contribuyendo así en el proceso del desarrollo sostenible.

Las tecnologías que pueden contribuir a la reducción de la pobreza son hoy en día muy diversas y están referidas principalmente al manejo de los recursos hídricos, las energías alternativas, la construcción, los sistemas de agua y saneamiento, la comunicación y la informática.

Sin embargo, poco es lo que se conoce de las tecnologías accesibles a los pobres que pueden contribuir a reducir los riesgos de desastres. Muchas de estas tecnologías existen y se desarrollan en función de la mayor productividad o acceso a mercados pero no son tomadas en cuenta para enfrentar los problemas derivados de las amenazas de fenómenos potencialmente destructivos. Asimismo, la existencia de numerosas experiencias de prevención de desastres ha devenido en experiencias que son poco difundidas.

Los peruanos convivimos con desastres recurrentes como los producidos por el fenómeno El Niño de 1925, 1972, 1983 y 1998, y los sismos y aluviones de 1941, 1963, 1970 que devinieron o contribuyeron en crisis macro-económicas. Al mismo tiempo se presentan anualmente otros desastres como huaycos, inundaciones, sequías y heladas, que afectan, principalmente, los medios de vida de los más pobres. Esta realidad llama la atención sobre la necesidad de que el desarrollo, el conocimiento y el acceso a tecnologías contribuyan a reducir los riesgos o a mejorar la capacidad de respuesta a tales desastres. En la medida en que se van generando nuevos riesgos de desastres derivados de los efectos del cambio climático y el creciente

deterioro de las cuencas hidrográficas por efecto del mal uso de los recursos naturales, dichas tecnologías resultan indispensables.

Lo usual es que cada persona tenga sus propias nociones sobre los riesgos y las tecnologías, pero para poder tomar decisiones acertadas y que nos lleven a lograr objetivos comunes, se requiere por lo menos de referentes conceptuales básicos. Es por eso que el presente libro en su primer capítulo sintetiza los conceptos más actuales en relación a tecnologías, desastres y medios de vida.

En el segundo capítulo nos aproximamos a algunas precondiciones para que las tecnologías logren insertarse positivamente en las estrategias de vida los pobres: las percepciones ante los riesgos y los desastres; el papel de la cosmovisión en la dirección y uso de las opciones tecnológicas; y la relevancia de la organización y su influencia en el desarrollo de estrategias de gestión de riesgos.

En el tercer capítulo se muestra sistemáticamente las características clave de algunas técnicas que, bien utilizadas, viabilizan la gestión de riesgos. Este capítulo pone énfasis en los criterios básicos que se deben conocer para manejarlas adecuadamente, no pretende ahondar en cada una de ellas ni mostrar al detalle cómo es que se pueden convertir en tecnologías, sino simplemente agrupar los conocimientos y presentar alternativas que permitan al lector informarse sobre las opciones que podrían ser incorporadas en sus propias estrategias para gestionar los riesgos. Corresponde a cada uno indagar más sobre ellas y sobre otras experiencias de éxito y fracaso de las mismas, en caso de querer aplicarlas en su propio contexto.

El capítulo IV titulado "Nuevos retos" trata sobre los enfoques de desarrollo humano y desarrollo sostenible y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Finalmente, se sintetizan las ideas fuerza de este libro y se formulan algunas propuestas para enfrentar los nuevos retos, relacionados con las alteraciones del clima y el incremento de las condiciones de riesgo.

Esperamos que esta publicación les sea de utilidad y les permita comprender enfoques, realidades y procesos que en la vida cotidiana a veces se hacen invisibles, pero que están presentes cada día, en cada decisión tomada e incluso en nuestras propias formas de pensar y ver el mundo. Este acercamiento a las tecnologías para la gestión de riesgos nos permitirá conocerlos y manejarlos mejor, pero es claro que queda mucho más por aprender y eso depende de todos nosotros.

Cynthia Gómez, Haydeé Carrasco y Pedro Ferradas

Capítulo 1

Conceptos básicos



1. TECNOLOGÍA

1.1. ¿QUÉ ENTENDEMOS POR TECNOLOGÍA?

Las palabras “tecnología” y “técnica” provienen del latín *technicus*, y éste del griego *techne*, que significa “arte” o “habilidad”. De modo general, se define “técnica” como un conjunto de procedimientos que relacionan al hombre con recursos de diverso tipo, para obtener productos y servicios; y “tecnología”, como el conjunto de técnicas insertadas en una estructura sociocultural, la cual determina su dinámica, desarrollo y transformación. Cabe destacar que al depender de los procesos sociales, tendrá características diferentes en cada localidad y momento histórico.

En el imaginario de la mayor parte de personas, la tecnología está asociada a lo tangible (como herramientas y maquinarias). Sin embargo, son los aspectos inmateriales como la educación, la experiencia, los procedimientos y el conocimiento, los que permiten el pleno funcionamiento de la tecnología; por tanto, no debemos relacionarla sólo a procesos productivos, porque estaríamos simplificando su dimensión real. La tecnología no es un producto exclusivo de la ciencia sino de las interacciones con las dinámicas económicas, el sistema político, la organización social y el conjunto de valores de una determinada sociedad. Entendemos finalmente como tecnología al conocimiento puesto a trabajar de manera sistemática al servicio del hombre, y generalmente su finalidad es permitirle lograr metas específicas y solucionar problemas.

En el desarrollo de los conceptos de tecnología, surge la noción de tecnología apropiada, específicamente a partir de la crítica a la producción en masa. En determinados contextos, dicho tipo de producción no permite el desarrollo de la organización, de la autonomía, ni de la conciencia, ni suele satisfacer las necesidades de realización de las personas. Entonces, en respuesta a ello, se visualizó a la producción “hecha para las masas”¹ como una manera de revalorar el capital humano sin perder de vista los objetivos de la tecnología. Para que una tecnología pueda ser manejada por las masas, se requiere un alto nivel de organización y técnicas alternativas, flexibles, adaptables y accesibles en términos de costos. Sustentando esta propuesta, está la siguiente idea: “lo que más siente el hombre como propio es lo que hace” y, por lo tanto, éste planteamiento nos indica que “lo apropiado” es algo que le permite al ser humano convertirse en parte de la solución a sus problemas, que está acorde con los recursos y niveles de desarrollo de cada localidad y que puede ser compartido.

La relatividad inherente a la palabra “apropiado” explica por qué bajo dicha etiqueta se presentan tantas alternativas tecnológicas que no siempre fortalecen el desarrollo sostenible. De allí que muchos hayan intentado definir las características elementales que hacen que una tecnología se considere apropiada. CETAL,

¹ Planteamiento propuesto por Mahatma Gandhi y que pretende humanizar el trabajo de tal manera que contribuya al desarrollo personal, así como hacer que la producción sea útil y accesible para los pobres.

por ejemplo, propone que si bien “lo apropiado” varía de lugar en lugar, generalmente las tecnologías son apropiadas para comunidades pobres cuando:

- Son producto del medio sociocultural.
- Son poco costosas o amortizables en un largo tiempo.
- Son de concepción simple.
- Utilizan al máximo los recursos locales, pero racionalmente.
- Utilizan fuentes de energía alternativas.
- Fortalecen la producción de conocimientos.
- Contribuyen al desarrollo humano sostenible.

Para ITACAB toda aplicación de tecnologías, a cualquier escala, sean propias o foráneas, debe partir de una premisa elemental: las tecnologías tienen un impacto en las prácticas sociales, y ello tiene efectos sobre las demás prácticas. En la medida en que esta situación sea manejada y aprovechada adecuadamente por la población, se generarán efectos positivos. Por lo tanto, para que las tecnologías sean apropiadas deben considerar los siguientes requisitos:

- Deben generarse para satisfacer necesidades reales, de acuerdo con los valores y expectativas de cambio que tengan las comunidades.
- Deben provocar participación para que tengan aceptación social.
- Deben desencadenar procesos de producción.
- Deben ser de fácil inserción en el medio sociocultural y valorizar las culturas locales, utilizando el cúmulo de conocimientos obtenidos a lo largo de su existencia.

Soluciones Prácticas – ITDG reconoce estos postulados, pero advierte que no existe una receta para “lo apropiado”, puesto que las necesidades son tan diferenciadas y cambiantes que lo apropiado hoy, podría dejar de serlo mañana, dependiendo de las dinámicas de cada sociedad. Además, el verdadero desarrollo se logra mediante el uso apropiado de la tecnología. Por otra parte, el significado de “desarrollo” y “calidad de vida” es diferente para cada grupo humano.

Soluciones Prácticas – ITDG considera la necesidad de hacer un análisis específico en cada contexto, para determinar las características que debe tener una tecnología óptima. Si bien promueve “tecnologías intermedias”², que son menos costosas, se sitúan entre la tecnología tradicional y la moderna, y reconocen las limitaciones de la pobreza. También advierte que los nuevos retos de la sociedad del conocimiento, la crisis ambiental y la globalización, deben ser enfrentados con lucidez, reanalizando los procesos de transferencia tecnológica así como el impacto de las intervenciones, y promoviendo el incremento de la escala de las experiencias exitosas de innovación tecnológica que realmente dan soluciones a la pobreza, teniendo en cuenta que la aprehensión de tecnologías puede ser un proceso de largo plazo.

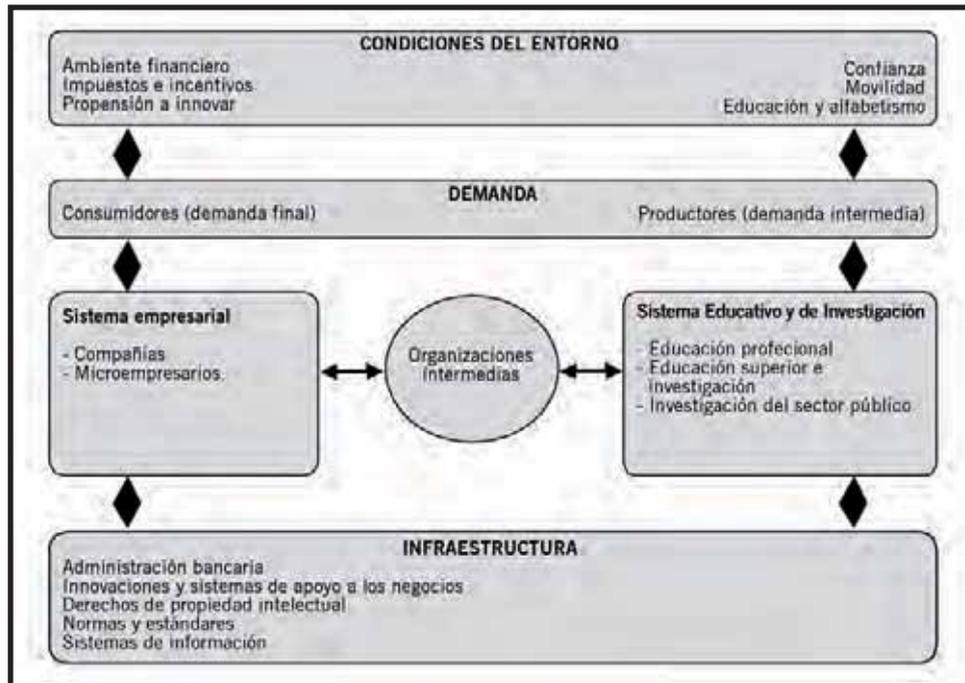
1.2. ¿QUÉ ENTENDEMOS POR INNOVACIÓN TECNOLÓGICA?

Este concepto hace referencia a la búsqueda, desarrollo, adaptación, imitación y adopción de tecnologías que son nuevas en un determinado contexto. Es decir, se refiere a la aplicación de nuevas ideas o nuevas maneras de hacer las cosas en un lugar donde antes no se había hecho algo así. No es lo mismo “inventar” que “innovar”, pero en muchos casos la innovación desarrolla la inventiva y promueve la generación de nuevos conocimientos. Con ella se incorpora el conocimiento propio y se va modificando los procesos productivos hasta hacerlos eficientes en todo sentido, y es que la estructura social cambia, se desarrolla y se adapta constantemente.

El siguiente esquema nos permite visualizar los elementos que deberían ser parte de un sistema nacional de innovación y por tanto hace referencia a un modelo de innovación tecnológica.

² La filosofía que dio origen a ITDG (hoy Soluciones Prácticas - ITDG) fue explicitada por Fritz Schumacher en 1965, en un artículo donde señaló lo inadecuado de las políticas convencionales que promueven solamente tecnologías a gran escala y que requieren mucho capital. De esta situación nació en 1966 esta institución, como centro para promover el desarrollo y el uso eficiente de la tecnología intermedia. Schumacher publicó en 1973 el libro “Lo pequeño es hermoso”, donde señaló lúcidamente que “todas las innovaciones y los cambios realmente importantes normalmente comienzan a partir de una pequeña minoría de gente que sí hace uso de su libertad creativa”.

Elementos típicos de un sistema nacional de innovación



Fuente: Carrasco, 2006 (en base a Dantas, 2005)

En algunas comunidades y países no existe conciencia colectiva sobre la importancia de la investigación científica ni sobre el aprovechamiento de diferentes fuentes de conocimiento, pocas veces se desarrolla un sistema de innovación en torno a ellas o, si estos sistemas existen, no se difunden. Para dichos casos, en lugar de hablar de tecnologías adecuadas es oportuno abrir la posibilidad de, al menos, adecuar tecnologías a la realidad local. El logro de ello dependerá de la naturaleza de las mismas tanto como de la capacidad de investigación y desarrollo de las personas y organizaciones involucradas (si esta capacidad no existe, un primer paso sería promoverla).

En cualquier caso, la innovación es un proceso indispensable para asegurar la validez y eficacia de las tecnologías y, fundamentalmente, para dar nuevas soluciones a las cambiantes necesidades. La calidad de los productos tecnológicos está representada por la innovación y evaluarla implica no sólo realizar un análisis estático sino comprender sus dinámicas (causas, cantidades, costos, adecuación al medio, etc.).

Tradicionalmente se ha tenido una concepción lineal sobre los procesos de desarrollo tecnológico, bajo el siguiente esquema: planteamiento del problema e investigación, desarrollo del plan piloto, aplicación práctica, transferencia y difusión. Sin embargo, en realidad la innovación puede darse en cualquier momento y en la práctica es difícil determinar la frontera entre cada etapa puesto que para cada tecnología el proceso es diferente. Lo que sí es cierto es que conforme se desarrolla la innovación, la tecnología va pasando a través de diversos filtros que determinan su aplicabilidad.

2. GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

2.1. RIESGO DE DESASTRE

Es la **probabilidad** de ocurrencia de un desastre que podría causar pérdidas y perjuicios sociales, psíquicos, económicos o ambientales al combinarse **las condiciones de amenaza y vulnerabilidad o debido a las limitadas capacidades de la sociedad para prevenir o responder a los desastres.**

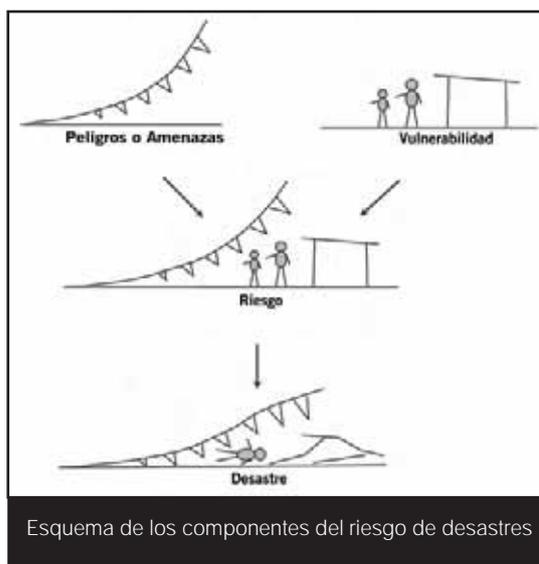
El riesgo puede ser producto de una decisión conciente, es decir, la elección de convivir con determinadas condiciones que pueden producir o producen beneficios múltiples y altos, a sabiendas de que éstos podrían perderse en el corto, mediano o largo plazo. El riesgo puede estar también generado por una falta de conciencia que limita el manejo de éste. El riesgo mal manejado puede convertirse en desastre.

El riesgo está íntimamente relacionado con el desarrollo; las políticas de desarrollo pueden generar o contribuir a los riesgos. Los riesgos hacen menos sostenible el desarrollo.

En el análisis actual sobre los riesgos existe un factor más que es de gran importancia para comprender los orígenes del riesgo: **las capacidades³ o fortalezas.**

La información obtenida al analizar las amenazas, las capacidades y la vulnerabilidad de un área, se integra en un análisis de riesgo⁴, que es una estimación sobre las posibles pérdidas ante un evento determinado e involucra un análisis de los posibles efectos del mismo, a todo nivel.

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza(s)} + \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidades}}$$



A continuación se presentan algunas nociones esenciales sobre los factores que configuran los riesgos de desastres.

2.1.1 AMENAZA O PELIGRO

Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, que puede ocasionar graves daños a una localidad o territorio. Las amenazas se pueden clasificar en tres categorías:

- **Naturales.** Se originan por la dinámica propia de la biósfera. Ej.: la mayor parte de los sismos y tsunamis.
- **Socionaturales.** Aparentemente son naturales pero en su ocurrencia e intensidad intervienen los seres humanos. Ej.: heladas, sequías, aludes, deslizamientos e inundaciones.
- **Antrópicas o tecnológicas.** Se atribuyen a la acción del hombre sobre la naturaleza. Ej.: derrames químicos, expansión de virus sintéticos, incendios urbanos, guerras, etc.

En realidad, las amenazas son producto de una serie de procesos que determinan su magnitud y frecuencia. Así por ejemplo:

- La degradación de los ecosistemas está generando procesos acelerados de desertificación en todo el mundo.
- En condiciones de calentamiento global, los eventos ENOS se presentan con más intensidad y son cada vez más frecuentes (ver Anexo 2).
- El ENOS⁵ altera los microclimas. De acuerdo a su intensidad puede producir fenómenos climáticos extremos o condiciones meteorológicas que afecten el crecimiento vegetativo de las plantas o la reproducción de algunas especies, causando graves daños a la economía familiar o nacional (ver mapa en el Anexo 3).

³ El uso del concepto "capacidades" surgió como respuesta al hecho de que éstas eran soslayadas cuando se hacía referencia a la vulnerabilidad. Se entendía que tratar a una persona como "vulnerable" daba a entender que era simplemente una víctima pasiva.

⁴ Hay una alta correspondencia entre los mapas de pobreza y los de riesgo.

⁵ El ENOS (El Niño Oscilación Sur) es un fenómeno en el que interaccionan el océano y la atmósfera del Océano Pacífico Tropical (con intervalos de 2 a 7 años). Estrictamente la expresión "El Niño" hace relación a la aparición de aguas superficiales relativamente más cálidas de lo normal desde los sectores del Océano Pacífico Central y Oriental, hasta las costas del norte de Perú, Ecuador y Centroamérica, debido al debilitamiento de los vientos alisios tanto del noreste como del sureste. Esto incrementa la temperatura de la superficie del mar, aumenta el nivel del mar y hunde la termoclina en el Pacífico Occidental produciendo la migración de peces y la reducción de la productividad biológica. Las aguas cálidas facilitan el aumento de los movimientos convectivos de humedad, e incrementan las precipitaciones en esta zona litoral, lo que altera las condiciones meteorológicas regionales e incluso globales.

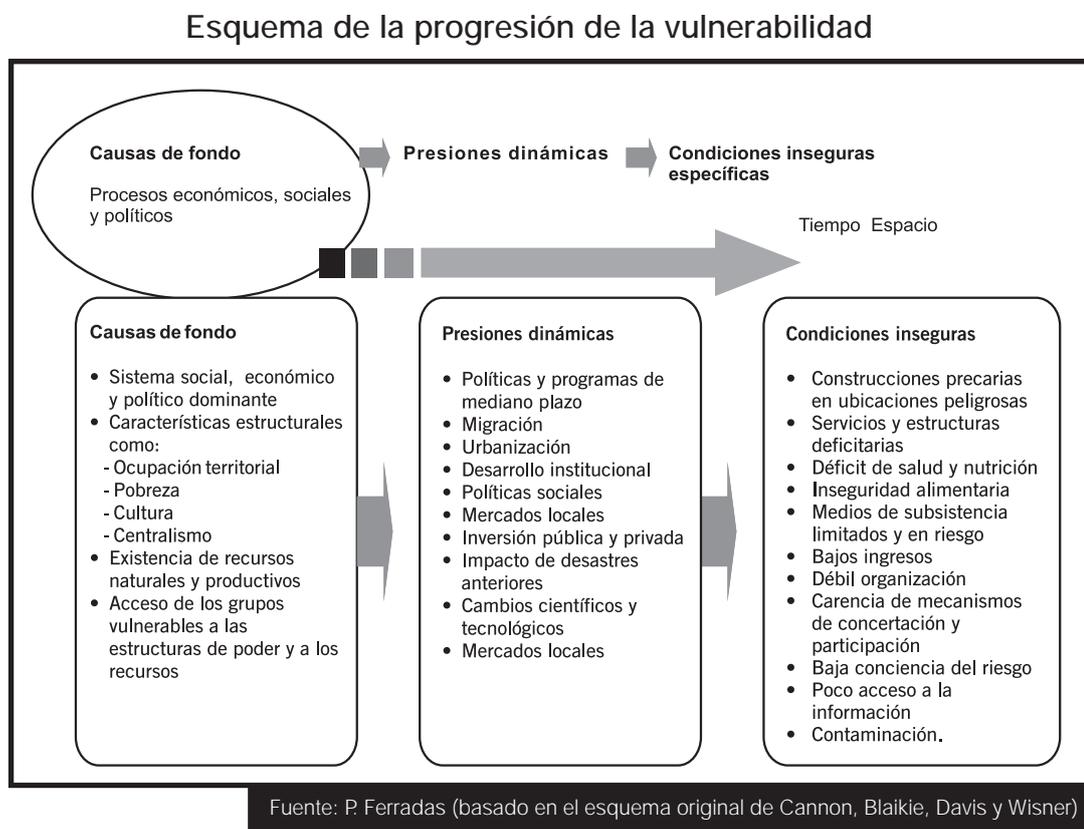
2.1.2 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad puede definirse como la predisposición o probabilidad que tiene una comunidad expuesta a una amenaza, de sufrir daños de diferente índole: humanos, materiales, ecológicos, etc. No existe vulnerabilidad sin amenazas, ni amenazas sin vulnerabilidad. Así, la vulnerabilidad es mayor si la población no conoce bien sus amenazas.

En resumen, los principales factores de la vulnerabilidad⁴ son los siguientes:

- **El grado de exposición**, de la infraestructura, los medios productivos o los asentamientos de personas. Cuando la ubicación coincide con ecosistemas frágiles o zonas de influencia de fenómenos peligrosos se configura una vulnerabilidad mayor.
- **La fragilidad**. Se refiere al nivel de resistencia y protección ante el impacto de una amenaza. En otras palabras, es la debilidad relativa o condición de desventaja frente a ellas.
- **La resiliencia**. Está asociada al nivel de asimilación o capacidad de recuperación y adaptación que puede tener una unidad social o un sistema frente al impacto de una amenaza. Está determinada por el nivel en que la sociedad es capaz de organizarse para aprender de los desastres pasados a fin de protegerse mejor en el futuro

En el siguiente esquema se presenta el "modelo de presión y liberación de desastres", en el que se expresa la progresión de la vulnerabilidad:



La idea central que se intenta transmitir es que existen causas estructurales (difíciles de modificar en el corto plazo) que se retroalimentan por diversas presiones dinámicas (que caracterizan el desarrollo de las diversas sociedades), y generan condiciones físicas, sociales, económicas y organizacionales inseguras²; estas últimas son las que finalmente visibilizan el grado de vulnerabilidad de una sociedad dada. Son analizables y palpables, pero por sí solas no explican la vulnerabilidad porque son dinámicas, modificables y además son producto de procesos sociales históricos (Wilches Chau, 1998).

Las "presiones dinámicas" no son otra cosa que decisiones políticas y económicas, así como patrones sociales de comportamiento que se visibilizan a mediano plazo y que favorecen un marco propicio para distintas condiciones inseguras de vida. Por eso, reducir la vulnerabilidad implica la coordinación entre distintos actores sociales y actuar paralelamente en diferentes niveles de decisión.

⁴ GTZ *et al.*, (2006): Actuar ante el riesgo porque los desastres no son naturales.

² Según Allan Lavell, otros ejemplos de condiciones inseguras son: las características físicas de las estructuras, la falta de ingresos, la desnutrición y la enfermedad, el desconocimiento del medio ambiente circundante y su comportamiento, la falta de principios de organización solidaria y procesos de participación en la toma de decisiones que afectan la vida de las personas, las ideologías que inmovilizan u obstaculizan la búsqueda de alternativas seguras y algunas expresiones culturales.

2.2. CAPACIDADES Y MEDIOS DE VIDA

Las capacidades constituyen el conjunto de recursos con que cuenta la sociedad para prevenir o mitigar los riesgos de desastres o para responder a situaciones de emergencia.

Una de las formas para aproximarnos a la relación entre riesgos y capacidades es el marco interpretativo sobre "medios de vida" proporcionado por DFID, el cual nos indica que:

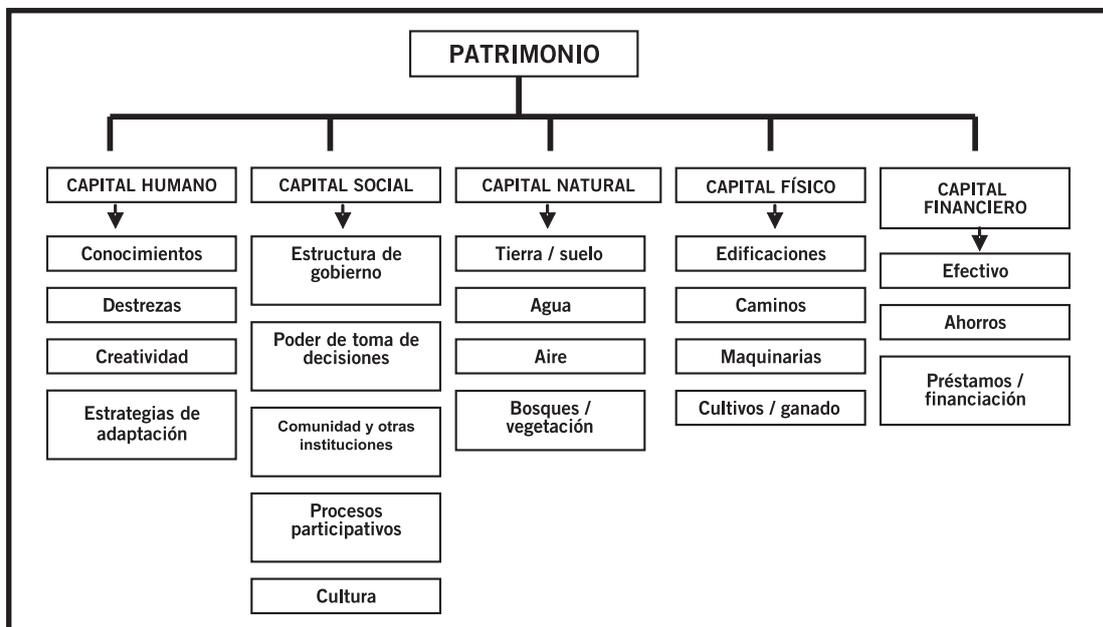
Los medios de vida o de subsistencia consisten en las capacidades, bienes, recursos, oportunidades y actividades que se requieren para poder vivir. La variedad y cantidad de capitales que posee una persona, un hogar o un grupo social determina qué tan estables son. Los medios de vida permiten tener un ingreso o acceder a recursos para satisfacer necesidades. Algunos medios de vida son, por ejemplo: la agricultura, la ganadería, la recolección o extracción de recursos naturales, el turismo, el comercio, etc.



Los medios de vida comprenden cinco tipos de capital:

- **Capital humano.** Conocimientos, habilidades, salud, fortalezas, capacidades, etc. Son factores que determinan la resistencia individual ante las crisis y, generalmente, están muy ligados a los niveles de desarrollo.
- **Capital social.** Se refiere al acceso a sistemas de apoyo social, al poder político, a la participación en grupos formales, etc.; incluye a las redes informales de seguridad que se forman cuando las comunidades se organizan sobre la base de una meta común. Es decir, depende del grado de asociatividad, de las fortalezas de la comunidad y del comportamiento cívico que contribuye al bienestar común.
- **Capital natural.** Hace referencia al acceso y al mantenimiento de la calidad de los recursos naturales que son esenciales para la supervivencia. Algunas prácticas que permiten conservar éstos recursos incrementan la resiliencia ambiental.
- **Capital físico.** Son las herramientas de producción, viviendas, refugios e infraestructura vital, por ejemplo, de transportes, de comunicaciones, de agua y saneamiento, etc.
- **Capital financiero.** Es la disponibilidad de dinero, créditos, préstamos, indemnizaciones, ahorro, seguros, etc.

Bienes comunitarios fundamentales para el marco de los Medios de Vida Sostenibles (MVS)



Fuente: Singh y Gilman. Citado en "Estrategias enfocadas hacia las personas. Breve estudio bibliográfico y comparativo" (Cleary, 2003)

Los medios de vida insostenibles, altamente extractivos o de baja productividad, son característicos de áreas rurales donde se carece de otras opciones para subsistir; sin embargo, también son manifestaciones de procesos de desintegración social y de pérdida de identidad, que muchas veces trascienden al contexto local. Las presiones sobre los recursos naturales se dan en el marco de políticas regionales, nacionales e internacionales, en las que se privilegia solamente el crecimiento acelerado y poco planificado, la alta productividad en el presente y la inserción en el mercado, pero no se considera estrategias para darle sustentabilidad a los procesos.

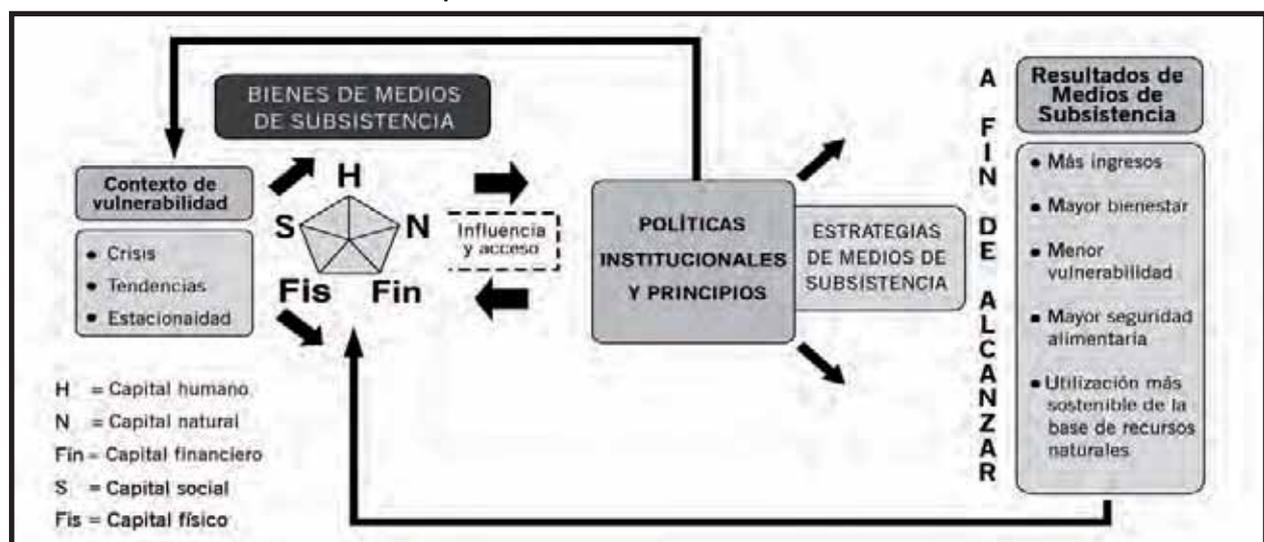
Por lo general se mide el impacto de los desastres sobre la base de indicadores macroeconómicos o de algunas pérdidas sectoriales (vivienda, cultivos), sin embargo el impacto integral en los medios de vida rara vez se considera en las estimaciones. Una vez que se han causado daños significativos a los pilares de los medios de vida, la recuperación de los mismos se convierte en una tarea extremadamente difícil porque existen menos capacidades para aprovechar y capitalizar las pocas oportunidades disponibles. Además, se cae entonces en un ciclo de pobreza bastante crítico y ello incluso genera trastornos sociales como la migración.

La protección de los medios de vida implica la detección oportuna de las fuentes de inseguridad y el establecimiento de estrategias y planes de contingencia para evitar la erosión de los capitales. Cuando las comunidades protegen, aseguran y diversifican sus medios de vida, van fortaleciendo sus capacidades, se van empoderando, adquiriendo identidad social, ganando autoconfianza, integrando, revalorizando y redescubriendo los recursos locales. Así logran ampliar su capital humano y social. Sin embargo, es responsabilidad de las entidades de gobierno apoyar iniciativas locales que permitan proteger los medios de vida y facilitar la implementación práctica de una estrategia nacional de gestión de riesgos.

Baumann⁸, al examinar la utilización del enfoque de Medios de Vida Sostenibles (MVS) en dos distritos de la India, destacó la necesidad de incorporar el capital político como factor endógeno, para resaltar la importancia que tiene. La autora señala que los cambios que surgen en las estructuras de poder local pueden encontrarse en contraposición con las élites del lugar y es posible que el enfoque tropiece con una considerable resistencia al intentar organizar a las poblaciones para modificar sus niveles de acceso a los recursos. Blaikie *et al.*, (2006), agrega que la distribución de la riqueza y de los ingresos de un país depende en gran parte de las estructuras de poder y de gobierno, porque éstas tienen un impacto sustancial sobre la disponibilidad de bienes y oportunidades para los distintos grupos de personas. Por lo tanto, el papel de la política es crucial para hacer sostenible cualquier medio de vida, y a su vez, el enfoque de MVS puede retroalimentar y orientar mejor las políticas, las investigaciones, los diagnósticos y en general cualquier intervención para el desarrollo. Sin embargo, es necesario que las personas encargadas de planificar y de tomar las decisiones tengan pleno conocimiento de las dinámicas de los medios de vida locales. En otras palabras, la aplicación del enfoque requiere una política participativa y concertada.

DFID hace énfasis en la reducción de la vulnerabilidad para el logro de la sostenibilidad de los medios de vida pero su concepto de vulnerabilidad no tiene necesariamente relación con los desastres; está más pensado en relación a las crisis, las tendencias y la estacionalidad. Sin embargo, si los capitales son fuertes se podrá hacer frente a las "presiones dinámicas" que generan condiciones vulnerables. Igualmente, una vez que éstos han sido fortalecidos, son una herramienta básica para que la gente retroalimente las políticas y se reduzcan o eliminen las causas de fondo que favorecen las condiciones de vulnerabilidad. Ahora bien, la fortaleza de esos capitales no necesariamente se va a orientar hacia la reducción de los riesgos o la mitigación de los desastres, pues para ello se requiere de objetivos más precisos.

El enfoque de medios de vida sostenibles



Fuente: DFID, 1999. Hojas Orientadoras sobre los medios de vida

En el lado derecho del esquema se indica algunos fines que se busca alcanzar por medio de estrategias sustentables de medios de vida. Resalta la importancia que se le da a la seguridad alimentaria.

⁸ Baumann, P. (2000): Documento de trabajo 136: Sustainable Livelihoods and Political Capital: Arguments and Evidence from Decentralisation and Natural Resource Management in India.

Una de las críticas que suele recibir el enfoque de DFID es que al asumir la reducción de la pobreza supone automáticamente empoderamiento, desarrollo de los capitales de los medios de vida y reducción de la vulnerabilidad. Sin embargo, en la práctica, esto no ocurre de forma tan inmediata, y depende también del control sobre las presiones dinámicas y las causas de fondo de la vulnerabilidad, que fueron comentadas anteriormente. Otra crítica es que la cantidad de elementos, procesos e información que se requiere manejar pueden complicar el enfoque al no retroalimentar a la población implicada, que perdería el interés.

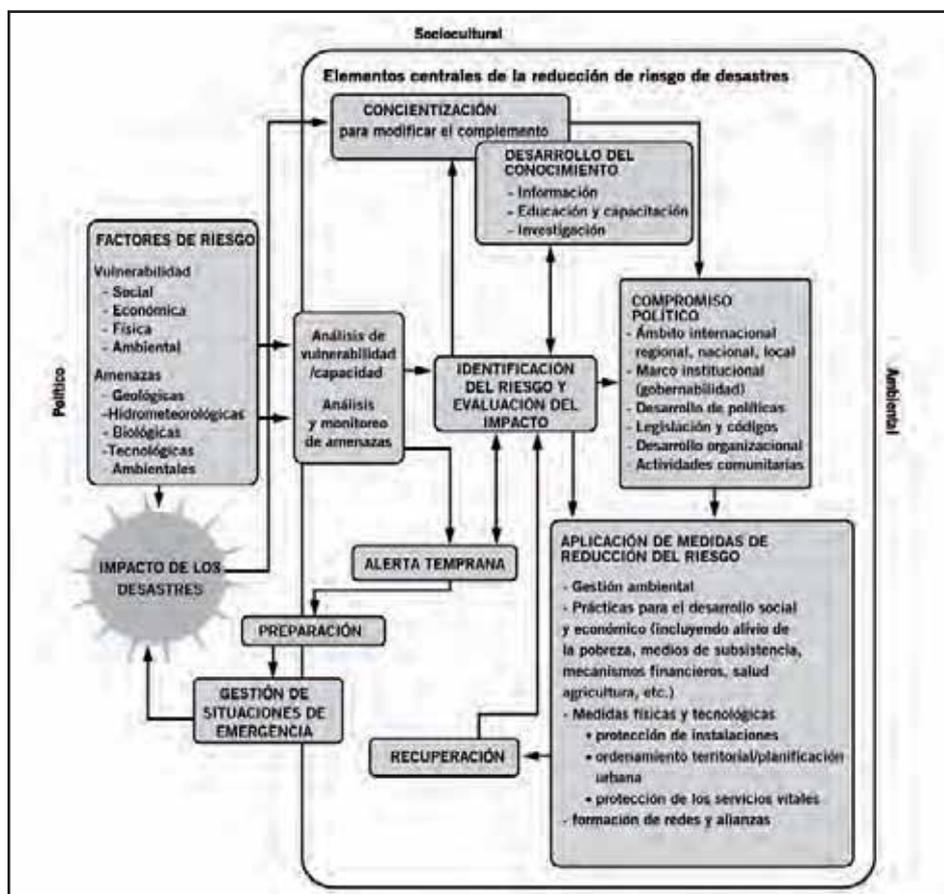
2.3. GESTIÓN DE RIESGOS

Es el proceso planificado, concertado, participativo e integral (Chuquisengo y Gamarra, 2005) que busca reducir los riesgos, evitar que se generen nuevos riesgos y estar adecuadamente preparados para responder a los desastres. La gestión de riesgos implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales, aunque reconoce la relevancia de las capacidades locales. Comprende:

- **La gestión correctiva o compensatoria**, que busca revertir o cambiar los procesos que construyen los riesgos. Se aplica sobre la base de los resultados de los análisis de riesgos y teniendo en cuenta la memoria histórica de los desastres.
- **La gestión prospectiva**, que implica adoptar medidas y acciones en la planificación del desarrollo para evitar nuevas condiciones de riesgo. Se desarrolla en función del riesgo "aún no existente" y se concreta a través de regulaciones, inversiones públicas o privadas, planes de ordenamiento territorial, etc. Para que sea exitosa, se requiere un alto grado de voluntad política, compromiso social y conciencia pública.
- **La preparación para la respuesta a emergencias**, que implica estar siempre alertados y bien preparados para cualquier eventualidad, de tal modo que los costos asociados a las emergencias sean menores, que se presente un cuadro de daños reducido y que la resiliencia sea alta. El incremento de la resiliencia también implica una mejora en la producción (diversificación), en el almacenamiento de recursos y en el manejo de los bienes y servicios comunes, etc. La sostenibilidad se logra creando más redes, construyendo asociatividad e institucionalidad, incrementando el acceso a servicios básicos y oportunidades, incrementando la preocupación por la sostenibilidad y privilegiando la equidad.

El siguiente cuadro sintetiza las principales estrategias de la gestión de riesgos:

Contexto del desarrollo sostenible



Fuente: NU - EIRD, 2004. "Vivir con el riesgo": Informe mundial sobre las iniciativas para la reducción de desastres. Volumen 2.

2.4. ¿CÓMO PUEDEN CONTRIBUIR LAS TECNOLOGÍAS A LA GESTIÓN DE RIESGOS?

John Twigg indica que la “prevención de desastres” tradicionalmente ha tenido un fuerte componente de alta tecnología y a gran escala, pero que muchas veces su eficacia y costos han sido cuestionados. Generalmente buscan controlar determinadas amenazas coyunturales o mitigar sus efectos, mas no se ha incorporado sistemáticamente la gestión de riesgos en los procesos de planificación, por lo cual aquellas tecnologías que podrían contribuir a reducir las condiciones de vulnerabilidad, en muchos casos, las han incrementado. Otro punto pocas veces considerado y que resulta determinante para el éxito de la transferencia de tecnologías, corresponde a las percepciones de riesgos y las percepciones tecnológicas de las diferentes sociedades, puesto que sólo en la medida en que las personas sean conscientes de determinadas situaciones de riesgo y le den importancia, considerarán útiles y aplicables determinadas tecnologías, y por lo tanto, tenderán a asumirlas.

Para enfrentar la multidimensionalidad de los riesgos, las tecnologías deben ser multidisciplinarias y participativas. Una de las metodologías empleadas para ello es el Desarrollo Participativo de Tecnologías (DPT) que permite a los “usuarios” jugar un papel decisivo en la elección de las tecnologías, incluyendo las tradicionales, y en el proceso de innovación.

Cuando las personas no tienen acceso a los servicios, a la información y a la toma de decisiones, la vulnerabilidad crece y por ende un eventual desastre podría rebasar su capacidad de resiliencia. Las tecnologías pueden incrementarla, pero mal empleadas, pueden inducir desastres. Los pequeños sistemas de alerta temprana, por ejemplo, tienen el potencial de proteger los medios de vida locales y pueden ser manejados por los miembros de la comunidad, pero se vuelven inservibles si la población en cuestión no los asimila como propios, o si no son realmente eficientes para ayudar a la previsión.

Las tecnologías pueden contribuir a la gestión de riesgos en la medida en que contribuyan a enfrentar las amenazas de desastres o reduzcan la vulnerabilidad de las personas frente a tales amenazas. Podemos entonces distinguir las tecnologías que pueden servir tanto para la reducción de riesgos como para la respuesta a emergencias, de la que puede ser de utilidad para solo uno de esos fines. Por ejemplo, la identificación y análisis de riesgos constituye una necesidad común para la reducción de riesgos y para la respuesta. Existen algunas tecnologías y técnicas que facilitan la identificación de los riesgos, como son la base de datos DESINVENTAR o los sistemas de información geográfica; entre otros.

Existen, de otro lado, tecnologías que contribuyen a la reducción de riesgos como pueden ser, por ejemplo, las que permiten controlar la erosión y regular los cauces ante la amenaza de deslizamientos e inundaciones, o ahorrar agua ante la amenaza de sequías.

Para la respuesta a emergencias tenemos los sistemas de alerta temprana, algunas tecnologías en torno a la construcción de albergues o el manejo del agua en situaciones de emergencia.

Capítulo 2

Procesos sociales y construcción de la tecnología

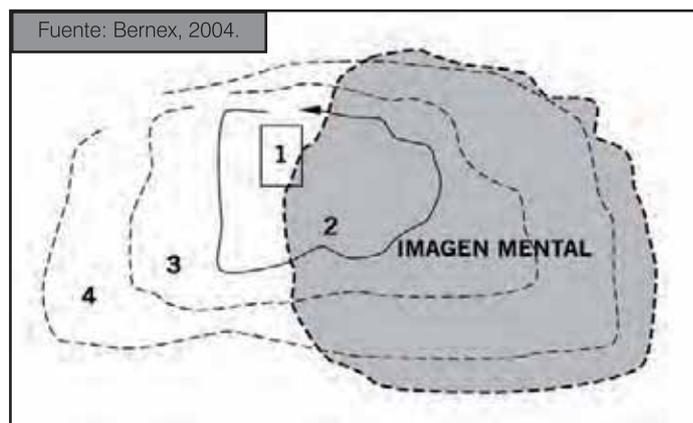


Como se mencionó, una tecnología es en realidad un conjunto de técnicas insertas en una determinada estructura sociocultural, que les da sentido y dinamismo. En el Capítulo 3 expondremos acerca de algunas técnicas para gestionar los riesgos, pero es importante saber que éstas por sí solas no constituyen la solución; para que sean funcionales, es imprescindible conocer bien al grupo humano que las maneja. En las siguientes páginas se profundizará en algunos elementos que son claves al momento de analizar la apropiación de las tecnologías, su rol dentro de cada cultura y su papel como factor de producción. Así, analizaremos los conceptos sobre las percepciones humanas ante los riesgos y los desastres y sus respuestas; la cosmovisión y cómo puede dirigir y determinar parcialmente sus elecciones; y la organización y su influencia en el establecimiento de estrategias de gestión de riesgos.

1. PERCEPCIONES

De manera simplificada, la percepción consiste en una imagen mental que un individuo tiene sobre la realidad y se construye sobre la base de la interpretación de las sensaciones y de la inteligencia proporcionándole significado y organización (Matlin y Foley, 1996; Martin Gardner, 1998). Las capacidades perceptivas innatas son modificadas con la experiencia, de tal modo que se van ampliando y readaptando a lo largo de la vida en un proceso de retroalimentación constante y reiteraciones explicativas (Maturana 1997).

La producción de la imagen mental



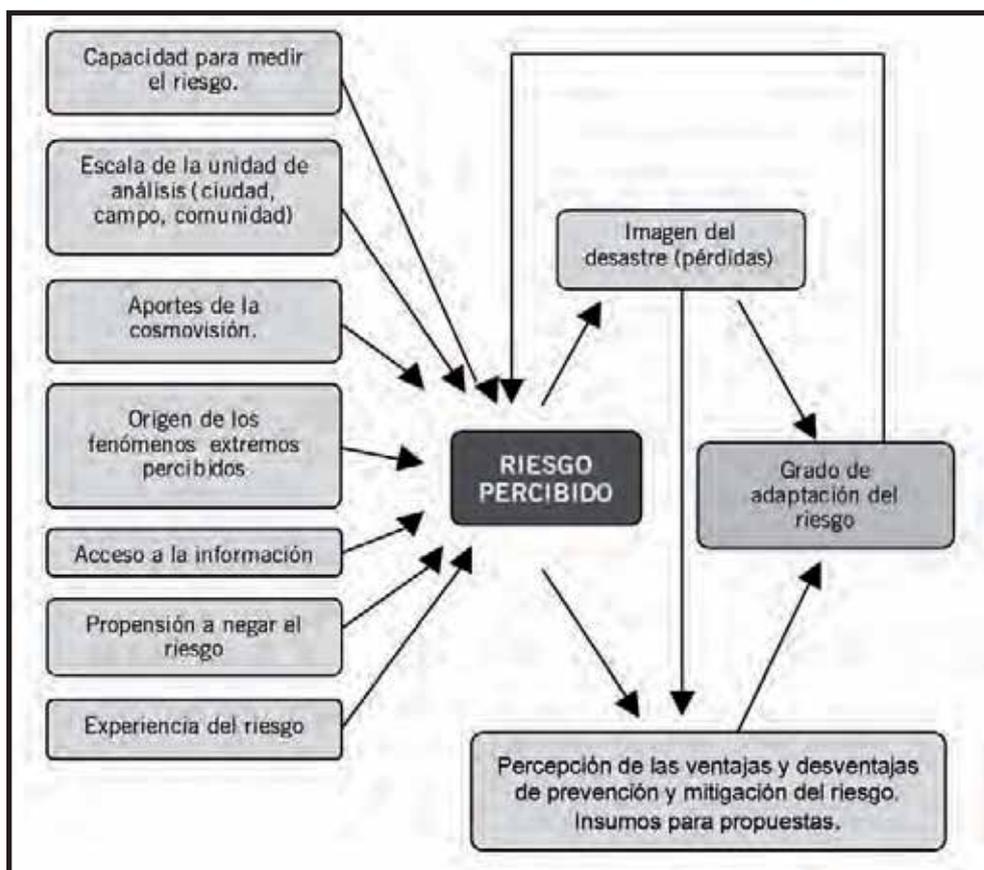
El área dentro de cada línea punteada representa la realidad, tanto en el espacio vivido (1), en el espacio cotidiano (2), en el espacio ocasional (3), como en el espacio imaginado (4).

La imagen mental (representada por líneas punteadas gruesas) en ninguno de los casos llega a ser un fiel reflejo de la realidad, porque pasa por diferentes filtros, que varían según la persona.

Las imágenes mentales se construyen espontáneamente por la necesidad de reconocer el entorno y “darle forma” sobre la base de las experiencias pasadas. De allí que la percepción acarree una gran carga afectiva (Lynch, 1969). Descubrir la imagen mental de las personas permite entender el modo en que interpretan la información así como el por qué de sus acciones, de sus estructuras lógicas y de sus decisiones. También permite reconocer el tipo de interrelaciones que establecen entre ellos y con su medio, sus puntos de referencia, sus límites espaciales y sus itinerarios (Bernex¹, 2004).

En particular, la percepción de los riesgos depende también de la capacidad propia para comprenderlos y medirlos, de la propensión a negarlos, de la relación cotidiana con condiciones de riesgo, de la experiencia individual y social de eventos catastróficos, del acceso a información esclarecedora y relevante, entre otros, como se observa en el siguiente esquema:

Percepción del riesgo



Fuente: Bernex (2004), adaptado de Cham's (1994)

Muchas veces las concepciones de los ciudadanos respecto al riesgo no concuerdan con la definición que se maneja oficialmente; hay entonces dos dimensiones: un “riesgo real” y un “riesgo percibido”. Generalmente se espera que las sociedades que han vivido grandes desastres y que tienen mayor experiencia en la convivencia cotidiana con los riesgos, tengan una población que conozca las prácticas para integrar y/o evitar los daños. Sin embargo, esto no siempre ocurre y la negación de las condiciones de riesgo suele expresarse en una suerte de fatalismo. Se cree, por ejemplo, que “no se puede hacer nada o sólo muy poco”, que “es un castigo de Dios”, que “la naturaleza está furiosa”, etc². Incluso, en algunos casos, las amenazas recurrentes poco a poco van perdiendo importancia en la imagen mental de las personas y llegan a pasar desapercibidas al ser opacadas por los recuerdos o relatos de alguna catástrofe de gran envergadura. En dichos casos se pierde la noción del riesgo como una situación dinámica en el tiempo y prevalece un recuerdo estático de lo acontecido en el pasado, cuando por idealizarlo se cree que “todo era mejor”.

En un estudio realizado por la Universidade Federal do Amazonas (UFAM), se analizó las percepciones del riesgo de las poblaciones ribereñas de la várzea amazónica³ de Brasil. En relación a las inundaciones anuales, se vio que entre la población joven la aceptación pasiva del riesgo era mayor y por lo tanto se reconocían menos estrategias para manejarlo. En cambio, la población adulta conocía más prácticas para la reducción

¹ A partir de los trabajos de Kevyn Lynch (1969), Abraham Moles (1972), Sylvie Rimbart (1973).

² Estas percepciones, que varían según las diferentes culturas, indican que no se considera al riesgo como una construcción social.

³ Los bosques de várzea amazónica se caracterizan por una alta diversidad de especies y adaptaciones a largos periodos de inundación que pueden durar hasta 210 días del año, con una columna de agua excediendo los 6-7 m. (Parolin, *et al.*, 2004)

de las vulnerabilidades y para hacer mitigables y/o evitables los daños de un probable desastre. La capacidad de predicción también era mayor en este último grupo y asimismo la diversidad de estrategias de prevención. En cambio, en relación a las sequías, independientemente de la cantidad de años que tuvieran las personas viviendo en la zona, la diversidad de respuestas era casi nula y la aceptación era generalizada. Esto muestra que para cada situación de riesgo existen percepciones diferentes y aunque la población esté muy organizada para prevenir y hacer frente a cierto tipo de amenazas, la carencia de información resulta limitante.

1.1 ACTITUDES Y TOMA DE DECISIONES

Las actitudes se construyen sobre la base de la percepción, que depende del nivel de información al que se accede y los valores personales estables de cada persona. No todos captamos lo mismo de la realidad, "cada persona ve al mundo con sus propios lentes" y ello depende de diferentes factores de pensamientos, imágenes mentales y conocimientos que tiene cada persona, cada grupo humano, cada sociedad.

Herbert Simon planteó que las personas no siempre hacen uso de toda su racionalidad para tomar decisiones puesto que a veces las limitaciones de tiempo, información, inteligencia hacen que se conformen con la primera alternativa satisfactoria que encuentran, la que no siempre las lleva a tomar la mejor decisión posible. Por otro lado también emplean reglas prácticas e intuitivas para simplificar la toma de decisiones.

Stern alerta respecto a una barrera que puede surgir en el camino: las personas son poco proclives al cambio de hábitos cuando piensan que su accionar tendrá un impacto pequeño, o cuando no tienen garantías de que los demás vayan a realizar esfuerzos o sacrificios similares. Este dilema se observa principalmente con los bienes colectivos.

Para lograr la sostenibilidad, además de la conciencia colectiva, se requiere el diálogo entre actores con diversos intereses y posiciones. Putman (1993) indica que para establecer mejores canales de comunicación, los rasgos que deben mejorarse continuamente en la organización de una sociedad son:

- La confianza entre actores (credibilidad y consensos).
- Las normas de comportamiento cívico, familiar e institucional.
- Los niveles de asociatividad.

2. COSMOVISIÓN

Se entiende por cosmovisión a la visión integrada y holística que una sociedad maneja para explicarse el origen y sentido, histórico y actual, de su mundo. Se basa en las percepciones personales pero se construye con la socialización (en un espacio compartido). En la medida en que las tecnologías estén insertas como elementos importantes en la cosmovisión local, tenderán a la innovación y no a la obsolescencia.

Por ejemplo, en la cosmovisión indígena⁴, los orígenes de la vida y la cultura están relacionados al agua, porque ésta es considerada como una fuerza vital. Así, en el caso de los pueblos aymaras⁵ existen mitos que le dan categoría de lugar sagrado al lago Titicaca y a muchos manantiales y cerros.

El poblador indígena, en general, no ve a los elementos de la naturaleza como recursos de los cuales hace uso, sino como entidades con las cuales se relaciona. De allí que, por ejemplo, las tecnologías para cosechar el agua y conservarla se consideren esenciales para mantener el orden y el bienestar comunal.

Puesto que agua, suelo, aire, plantas y animales están íntimamente relacionados, conservar cualquiera de ellos implica cuidar la propia vida y asegurar el mantenimiento de la comunidad. Debe tenerse en cuenta también que, más allá de la cosmovisión compartida, las relaciones de poder influyen el desarrollo de las tecnologías. El problema es grave cuando existen brechas de pensamiento muy grandes entre los tomadores de decisiones y la población.



Agricultores trabajando una parcela comunal en Chimborazo, Ecuador

⁴ Según el grupo de trabajo sobre Poblaciones Indígenas de las Naciones Unidas, son comunidades, pueblos y naciones indígenas los que, teniendo una continuidad histórica con las sociedades anteriores a la invasión y colonización que se desarrollaron en sus territorios, se consideran distintos de otros sectores de las sociedades que ahora prevalecen en sus territorios o en partes de ellos. Representan casi 300 millones de personas, hablan más de 5.000 lenguas y viven en más de 70 países repartidos en los cinco continentes. Alrededor de 30 millones viven en América Latina y el 80% de ellos son habitantes de México, Guatemala, Perú, Bolivia y Ecuador.

⁵ La población indígena aymara habita el altiplano compartido entre Bolivia y Perú.

Se entiende así, que para poder revalorar los conocimientos de cada pueblo e identificar las innovaciones y procesos que han permitido que una determinada tecnología se mantenga, hay que centrar el análisis en las dinámicas de la sociedad y no tanto en la tecnología misma.

En comunidades pequeñas y pueblos con mucha cohesión es relativamente sencillo consensuar esta visión. Sin embargo, podemos preguntarnos qué tan complicado puede ser establecer una proyección a futuro en sociedades pluriculturales. En estos casos, para planificar un futuro común, el verdadero reto es lograr diálogos interculturales⁶ que permitan la interrelación y el mutuo aprendizaje entre grupos que tienen cosmovisiones diferentes. Se trata entonces de establecer intercambios y negociaciones a partir del reconocimiento y respeto mutuo, de la legitimización de ciertas normas de convivencia, del intercambio de saberes y experiencias y del desarrollo de la confianza.

Vale la pena aclarar que si bien en sociedades tradicionales las identidades y por ende las tecnologías, se definen sobre la base de elementos culturales comunes y predefinidos, en sociedades complejas existen muchas construcciones individuales de la identidad (Berger y Luckman, 1988). Es más, donde los flujos de información son demasiado rápidos, surge la noción de microculturas o subculturas y la identidad se fragmenta. Una misma persona puede tener varias "identidades", y la sociedad en sí misma va adaptando su cosmovisión, de modo que habrá encuentros y desencuentros a consecuencia de ello. En dichas condiciones el imaginario colectivo se expresa, aunque de manera bastante limitada, a través de los medios de comunicación y las redes⁷. Por eso, estos últimos juegan un rol fundamental para favorecer la innovación, el intercambio intercultural y la implementación de estrategias integrales para gestionar los riesgos.

3. ORGANIZACIÓN

Los sistemas de organización son aquellos que permiten a las tecnologías desarrollarse y ser funcionales, ya que expresan el nivel de cohesión de las sociedades y el modo en que se interrelacionan con su entorno.

Muchas veces las tecnologías surgen como respuesta a la necesidad de adaptarse a los cambios y se convierten en la pieza clave de todo un sistema orientado a la protección de los medios de vida ante los retos y amenazas que plantean el entorno. En la región andina, por ejemplo, la rotación y la diversificación de cultivos son prácticas culturales que históricamente han permitido a los campesinos trabajar en equipo para minimizar los riesgos en su producción.

La variabilidad meteorológica suele ser tan grande entre años, estaciones y campos de cultivo⁸, que todas estas prácticas sólo permiten reducir el riesgo, mas no lo eliminan. Por eso es necesario que vayan acompañadas de otras estrategias como la prevención de la pérdida de agua, la adaptación de plantas nativas, las siembras y cosechas con fechas escalonadas, el almacenamiento de excedentes para los años de escasez, etc. Cada grupo humano identifica y escoge las mejores combinaciones de tecnologías y prácticas para hacer la gestión de riesgos según el nivel de desarrollo de su capital social.

Es importante acotar que cualquiera sea el caso, no sólo es cuestión de estrategias, tecnologías y organización, también se requiere dedicación y conocimiento. Montoya *et al.*, estudiaron entre 1978 y 1979, los rendimientos por área de dos familias de agricultores en Bolivia, que aparentemente tenían características similares. Las diferencias fueron abismales pero no debido a los factores ambientales sino por las decisiones de manejo. Mientras que en una familia los integrantes se habían concentrado en cuidar la cosecha, en la segunda habían optado por realizar trabajos extras fuera de la comunidad, olvidando realizar algunas labores como la limpieza oportuna de las malezas. Es decir, existen factores como la economía familiar, las obligaciones sociales, las oportunidades de ingresos, los momentos de socialización y ocio, etc., que pueden ser tan decisivos para la productividad como los factores tecnológicos y climáticos.

Finalmente, cualquiera sea el escenario, para lograr un buen nivel de organización⁹ se requiere cohesión colectiva y una buena red de comunicación, que integre a distintos actores y facilite el diálogo entre ellos. Earls (2006) explica cómo la organización permite el incremento de la escala de las tecnologías y cómo las redes de coordinación han de ser más grandes conforme se agranda el ámbito de acción. Cada grupo social cumple un rol fundamental en ellas pero no siempre se establecen canales adecuados para el intercambio. Ninguna tecnología sobrevive a largo plazo, por más eficiente que sea, si la comunicación entre quienes la aplican no es fluida.

⁶ La interculturalidad es un proceso continuo que requiere voluntad y sensibilidad de las partes. Desde otra perspectiva, la interculturalidad es el diálogo activo con equidad, respeto mutuo y permanente intercambio entre culturas diferentes. (CEPIS/OPS-GTZ, 2004).

⁷ Según Maalouf (1999), en el contexto de la globalización, las redes son individuos y/o grupos que estando en lugares diferentes del mundo, establecen vínculos de identificación con otros.

⁸ De hecho, hay evidencia que dos de cada cinco cultivos se pierden a consecuencia de los eventos climáticos extremos en las zonas altoandinas.

⁹ Por ejemplo, actualmente en las zonas rurales del Perú las organizaciones más fuertes son aquellas que se encargan del manejo y la distribución del agua.

Capítulo 3

Tecnologías disponibles



1. OBSERVACIONES

Cada lugar está afectado por distintas amenazas que ponen en riesgo el desarrollo; la manera de manejarlas variará según las capacidades de los involucrados y las condiciones de vulnerabilidad. El encadenamiento de causas y consecuencias puede ser tan complejo que en la mayor parte de casos es conveniente integrar diversas tecnologías para hacer una gestión integral de los riesgos. Por ejemplo, para el control de heladas no sólo es necesaria la previsión, que puede hacerse mediante una adecuada planificación del uso del suelo, el uso de la información de los SAT y de los SIG, etc.; sino que, se puede combinar diversas técnicas como la labranza en camellones, la producción de nieblas o humos artificiales, el uso de barreras forestales para desviar el aire frío, la inundación para que éstos liberen calor, el riego por aspersión durante momentos de temperaturas críticas¹, el riego preventivo², la protección del suelo, el uso de abonos, etc.

Por otra parte, es importante resaltar que las tecnologías no son autosuficientes y, por lo tanto, por sí solas no resuelven los problemas. Son herramientas que deben ser utilizadas con sabiduría y necesitan ser adaptadas a cada contexto. Además, para implementarlas y para hacerlas sostenibles y replicables, deben ser conjugadas con medidas no estructurales como el ordenamiento territorial, una reglamentación adecuada para los usos de suelo, el autocontrol social, etc.

En las siguientes páginas se presentan una serie de fichas que muestran las características principales de algunas técnicas que pueden ser aprovechadas para gestionar los riesgos, así como criterios para implementarlas adecuadamente. La información que contienen incluye una descripción de las tecnologías y de aspectos tales como su accesibilidad, los costos, alcances, limitaciones, función y variabilidad así como algunos ejemplos de su aplicación.

Las cinco primeras fichas desarrollan técnicas que facilitan la planificación mediante la transformación de la información en conocimiento.

La ficha N° 6 hace referencia a los sistemas de alerta temprana, que varían según el tipo de amenaza que monitorean. Por lo general, estos sistemas requieren la participación coordinada de diferentes actores y se alimentan de la información climática procesada y de los conocimientos de la población.

Las tres fichas siguientes se refieren a técnicas de protección de las personas y sus medios de vida. La ficha N° 7 trata sobre las técnicas que se pueden utilizar para mejorar la resistencia de las viviendas y construcciones hechas con insumos locales (fundamentalmente las de entornos rurales). La ficha N° 8 detalla algunos

¹ Cuando se riega por aspersión, el agua al entrar en contacto con la planta se congela liberando calor latente donde la gota cayó. Para que esto funcione, se requiere proveer de agua continuamente mientras la temperatura sea menor a 0° C. También se riega la zona cercana al cultivo.

² Regar 2 ó 3 días antes de la helada consigue que el suelo acumule calor, pero regar un día antes puede ser perjudicial.

sistemas que se pueden aprovechar para proteger los cauces (de ríos, de quebradas estacionales, de cárcavas, etc.) y las áreas aledañas a éstos. Por su parte, la novena ficha presenta algunas alternativas para mejorar la protección del ganado ante heladas, sequías, epidemias, etc.

La ficha 10 detalla algunos criterios técnicos e históricos a considerar respecto a las terrazas, que contribuyen a estabilizar las laderas. La ficha 11 muestra diferentes operaciones y sistemas de labranza que pueden ser combinados con otras prácticas de conservación para incrementar la productividad del terreno y darle sostenibilidad a la producción. De manera análoga, la ficha 12 muestra una serie de técnicas usadas para optimizar el aprovechamiento del agua disponible, en el corto y largo plazo; en esta ficha se encuentran una serie de técnicas que permiten controlar la escorrentía, recargar el acuífero y mantener el balance hídrico de las cuencas, de tal manera que no haya escasez y se reduzca la ocurrencia de sequías, así como de otros fenómenos que ponen en riesgo la producción agraria, forestal, pecuaria, industrial, etc.

La ficha 13 muestra una serie de alternativas para incrementar la eficiencia del riego. De otro lado, la ficha 14 trata el tema de los sistemas vegetales como ayuda fundamental para la prevención de desastres y para la mitigación de sus efectos; esto no sólo abarca a las técnicas de forestación y reforestación, sino a los sistemas agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles, entre otros. La última ficha presenta algunas opciones para realizar actividades de remediación ambiental, fundamentalmente para el control de la contaminación y la corrección de algunas características indeseables del suelo y del agua (que bajo ciertas condiciones también pueden ser naturales).

El lector deberá tener muy en cuenta que una "técnica" sólo se convierte en "tecnología" cuando cobra dinamismo dentro de una estructura sociocultural². No existen recetas para ello, las variantes y adaptaciones posibles en cada contexto son ilimitadas. Por otra parte, es preciso notar que la contribución de cada técnica a la gestión de riesgos, así como sus alcances y costos, varían según las condiciones del entorno y el manejo que se le dé.

2. CLASIFICACIÓN

Los cuadros que a continuación se exponen detallan la clasificación de las fichas en dos divisiones. La primera según las funciones principales y actividades económicas que incluye, y la segunda según las amenazas que permiten afrontar, ya sean naturales, siconaturales o antrópicas.

2.1 SEGÚN FUNCIÓN

Nº	Título de la ficha	Función principal	Actividad económica
1	Bases de datos: caso Desinventar	Planificación	Todas
2	Bases de datos: caso SINPAD	Planificación	Todas
3	Teledetección	Planificación	Todas
4	Sistemas de información geográfica (SIG)	Planificación	Todas
5	Modelos de simulación: caso HEC - RAS	Planificación (pronósticos)	Todas
6	Sistemas de alerta temprana (SAT)	Planificación (pronósticos)	Todas
7	Viviendas mejoradas	Protección	-
8	Control y protección de cauces	Protección	Agrícola, transporte
9	Manejo del ganado	Protección	Pecuaria, agrícola
10	Terrazas	Prevención (manejo de suelos)	Agrícola
11	Labranza	Prevención (manejo de suelos)	Agrícola
12	Cosecha de agua	Prevención (manejo del agua)	Agrícola, urbano
13	Riego	Prevención (manejo del agua)	Agrícola
14	(Re) Vegetación	Prevención / Mitigación	Agrícola, pecuaria, industrial
15	Remediación ambiental	Prevención / Mitigación	Agrícola, industrial

² Por ejemplo: las terrazas de banco son simplemente una técnica, pero los andenes son una tecnología desarrollada hace cientos de años por los pobladores de la región andina. Asimismo, las terrazas de arroz del Asia son también tecnologías con un particular significado sociocultural.

2.2 SEGÚN AMENAZAS QUE PERMITEN AFRONTAR

N°	Título de la ficha	Naturales				Socionaturales										Antrópicas	
		Sismos	Actividad volcánica	Tsunamis	Ciclones	Incendios forestales	Inundaciones	Sequías	Heladas	Desprendimientos de rocas	Deslizamientos	Volcamientos	Dispersión	Flujos de barro	Plagas	Epidemias	Contaminación y degradación ambiental
1	Bases de datos: caso DesInventar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Bases de datos: caso SINPAD	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
3	Teledetección	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
4	Sistemas de Información Geográfica (SIG)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	Modelos de simulación: caso HEC – RAS						x										
6	Sistemas de alerta temprana (SAT)		x	x	x		x		x		x			x		x	x
7	Viviendas mejoradas	x			x		x				x		x	x			
8	Control y protección de cauces						x			x	x	x	x				x
9	Manejo del ganado							x	x						x	x	x
10	Terrazas						x	x	x		x	x	x				x
11	Labranza							x	x		x		x	x			x
12	Cosecha de agua						x	x	x		x		x	x			x
13	Riego					x		x	x						x		
14	(Re) Vegetación		x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x
15	Remediación ambiental		x			x									x		x

BASES DE DATOS: CASO DESINVENTAR

Es un sistema que permite **inventariar desastres**, y fue creado por la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres de América Latina. Permite ubicar en mapas los desastres ocurridos y obtener estadísticas a partir de los registros existentes. Es una herramienta muy útil para incorporar la gestión de riesgos en los procesos de planificación del desarrollo.



CARACTERÍSTICAS

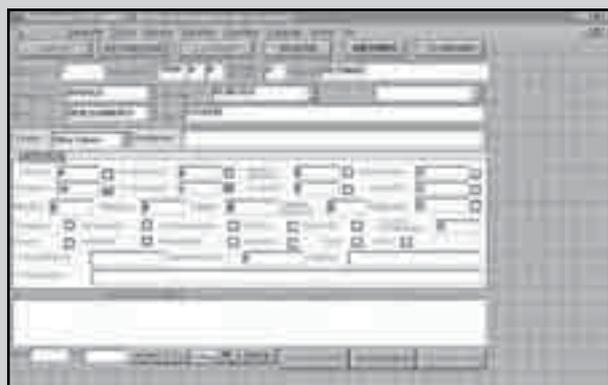
La herramienta consta de dos softwares o módulos de cómputo, y uno de ellos lleva el mismo nombre que el sistema: "Desinventar".

- El software **DesInventar** permite ingresar información espacial y temporal en una base de datos. Algunos registros importantes son, por ejemplo: tipos de desastres, características de los mismos, causas, fuentes y efectos tanto directos como indirectos sobre la vida, viviendas, infraestructura, sectores económicos, etc.
- El software **DesConsultar** permite acceder a las bases de datos de cada localidad y obtener información útil para la toma de decisiones, es decir, permite evaluar y analizar los datos. Las consultas permiten organizar la información en tablas, gráficos estadísticos², y mapas temáticos, de tal modo que incluso se puede relacionar diferentes datos como efectos, lugares, eventos, fechas, costos, etc.



Fuente: www.desinventar.org

Ficha de datos en el módulo Desinventar



Fuente: www.desinventar.org

Ficha de consultas en el módulo Desconsultar

Esta herramienta hace énfasis en el registro de información sobre los desastres locales, es decir, aquellos que son invisibles desde escalas globales o nacionales, para poder observar el efecto acumulado de los mismos.

FUNCIÓN

Este sistema de inventario es de gran utilidad para la toma de decisiones a todo nivel: en organizaciones internacionales, instituciones públicas y privadas, ONG, municipalidades, etc. Ayuda a planear intervenciones para manejar los riesgos y a recuperarse de los desastres. Permite, por ejemplo:

- Identificar las regiones más vulnerables.
- Estimar el riesgo de futuras ocurrencias de desastres.
- Establecer prioridades y planes de contingencia para la gestión de riesgos.
- Priorizar proyectos de capacitación.
- Apoyar los procesos participativos de evaluación de riesgos, así como la elaboración de planes locales³ y regionales de desarrollo.
- Dirigir mejor las medidas de mitigación y los estudios de riesgos.

Además, es de gran utilidad para la investigación en campos tan diversos como la sismología, geología,

ciencias naturales, meteorología, antropología, etc, ya que la información que genera es un buen complemento para el estudio de amenazas y condiciones de vulnerabilidad específica o compleja. Muchas veces los datos que arroja son el insumo que necesitan algunos modelos de simulación especializados que se utilizan en las diferentes áreas del conocimiento.

VARIACIONES

Las bases de datos se puede “exportar” a otros programas para complementar la información, y así obtener mapas y gráficos más detallados o georreferenciados. También se puede cruzar la información de diferentes bases de datos creadas en Desinventar.

EJEMPLOS

- Desinventar es utilizado por lo menos en: Nicaragua, Bolivia, Chile, Venezuela, Panamá, Paraguay, Colombia, Honduras, México, Puerto Rico, Antigua y Barbuda, Tailandia, Argentina, Ecuador, Costa Rica, Jamaica, El Salvador, Guatemala, Perú, Filipinas, Sri Lanka y Sur África.
- En el Perú, Soluciones Prácticas-ITDG es la institución que se ha encargado de actualizar las bases de datos para el país, con información recogida de los medios de comunicación escritos. No sólo ha hecho la recopilación y sistematización de información sino que ha fortalecido las capacidades locales en sus ámbitos de intervención, para que sean las autoridades y los comités de defensa civil quienes actualicen el sistema y lo aprovechen de la mejor manera durante la toma de decisiones.
- Hasta ahora se tiene registros de eventos que desencadenaron daños durante el período 1970-2007. Esta información se puede solicitar en Soluciones Prácticas - ITDG.
- Recientemente se han completado y detallado las bases de datos de los departamentos de Ancash y San Martín. Se pueden obtener mejores resultados si se desarrolla una base de datos por departamentos los cuales estarían cimentados en informes locales. Esto permitirá contar con mayor información ya que los diarios de cobertura nacional no registran información más local.
- Sin embargo, la información de un Desinventar departamental no puede ser cruzada con información de un Desinventar nacional hasta que no se cuente con datos de todos los departamentos, ya que se distorsionaría la información.
- El Observatorio Sismológico del Sur Occidente (OSSO), ha construido una base de datos para Colombia a escala municipal, con registros desde 1914 hasta el 2001. Además, en base al sistema Desinventar, realizó investigaciones sobre las ofertas y amenazas ambientales en el valle del Cauca y planteó una propuesta de ordenamiento territorial para la zona, que se llegó a implementar debido a la creación de espacios de concertación, cooperación y diálogo subregional.
- Por otra parte, en el estudio “Visión regional de los desastres”, OSSO encontró que en América Latina las amenazas más frecuentes han sido las inundaciones y los deslizamientos, seguidos de los incendios y las avenidas torrenciales. Además, junto a LA RED y mediante contrato con el PNUD, realizó el estudio “Análisis comparativo de 2 bases de datos de desastres”, una de ellas con cobertura mundial (el EMDAT del CRED) y la otra con cobertura regional (el DesInventar de Jamaica, Chile, Panamá y Colombia).
En América Central, Desinventar está siendo aprovechado por las organizaciones nacionales de manejo de desastres, pero aún se necesita desarrollar más las bases de datos puesto que éstas son muy variadas en continuidad y cobertura. En el caso de Costa Rica y El Salvador, los datos corresponden al período 1980-1998, para Guatemala de 1988-98, mientras que para Panamá existe una base de datos actualizada permanentemente desde 1996.
- En Guatemala las bases de datos se tratan de mantener actualizadas con la información que se obtiene de CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres) y de los periódicos La prensa libre, Siglo XXI y La Hora. El sistema ha sido de gran utilidad para visibilizar pequeños desastres, que acumulados, han causado un gran impacto, y para presentar a los ministerios y a la prensa, los impactos del huracán Mitch,



Pasos principales en el sistema Desinventar: Registro de datos -> Consultas -> Obtención de fichas de consultas -> Obtención de mapas y gráficos



Fuente: Elaboración propia con imágenes de: www.desinventar.org/

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- Se requiere ingresar información completa y confiable (registrada en periódicos).
- Para manejar el sistema se requiere estar familiarizado con el entorno Windows.
- Es necesaria una continua actualización de la información para que el sistema continúe siendo de utilidad. La actualización debe estar a cargo de alguna institución local representativa.

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- El software "Desconsultar" y algunas bases de datos se pueden descargar libremente desde Internet.
- La etapa que más tiempo requiere es la recolección e ingreso de información.
- El programa de consultas es amigable y arroja resultados de fácil comprensión, por lo que su uso no demanda mucho tiempo ni capacitación especializada.

● COSTOS

- Algunas bases de datos son gratuitas pero para poder utilizar el módulo Desinventar, se necesita solicitar un permiso a los coordinadores de La Red.
- El módulo Desconsultar es gratuito, se descarga de Internet¹.
- El único costo fijo es el del personal dedicado a la actualización continua de las bases de datos de cada localidad. En algunos casos, esta tarea puede ser encargada al organismo nacional responsable de la gestión de riesgos.
- Permite registrar tanto desastres intempestivos como aquellos que obedecen a procesos de larga duración.
- En base a los datos obtenidos se puede tener información de los ámbitos nacional, provincial y distrital, mas no a nivel de localidades.

- *Los datos que registra Desinventar son los siguientes:*

- *Tipo de evento*
- *Magnitud*
- *Causa*
- *Descripción de la causa*
- *Localidad*
- *Fecha*
- *Duración*
- *Fuente de información*
- *Nº de muertes*
- *Nº de desaparecidos*
- *Nº de heridos*
- *Nº de damnificados*
- *Nº de afectados*
- *Nº de reubicados*
- *Nº de viviendas destruidas*
- *Nº de viviendas afectadas*
- *Nº de evacuados*
- *Metros de vías inhabilitadas*
- *Nº de hectáreas de cultivos afectadas*
- *Nº de cabezas de ganado afectadas*
- *Nº escuelas afectadas*
- *Pérdidas económicas en infraestructura productiva*
- *Nº de hospitales afectados*
- *Valor económico del socorro requerido*
- *Total de pérdidas en moneda nacional y en dólares*
- *Observaciones*

- **LIMITACIONES**

- *Se requiere un conocimiento intermedio en computación.*
- *Se requiere una capacitación externa inicial para especializar a algunos usuarios en el mantenimiento de la base de datos y en el aprovechamiento de la misma.*
- *Sólo las instituciones que han sido soportes de LA RED o que toman contacto con ella, tienen acceso al software "Desinventar", con el que se puede ir agregando registros a la base de datos. El resto de usuarios sólo puede usar el módulo "Desconsultar", descargando de Internet las bases de datos disponibles y/o solicitando las nuevas actualizaciones a las entidades miembros de LA RED.*
- *Se depende de que en cada localidad haya un medio de prensa escrita confiable y que haya recolectado toda la información que se requiere llenar en las fichas del módulo Desinventar.*
- *Un desastre puede desencadenar otros desastres y este tipo de relaciones no se pueden representar en las estadísticas.*

¹ Ver página web: <http://www.desinventar.org/>

² Por ejemplo, se puede obtener histogramas acumulativos, temporales, evento-temporales, geográfico-temporales, o estacionales.

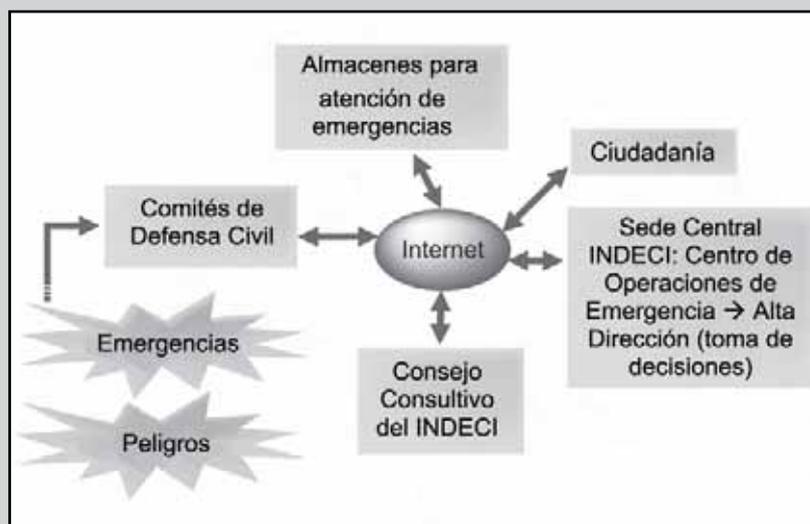
³ Municipales, comunales o en el ámbito de microcuencas.

El Sistema Nacional de Información para Prevención y Atención de Desastres (SINPAD) es un sistema de inventario al cual se accede vía Internet. Fue creado en el año 2003 y permite **compartir información respecto a las emergencias** ocurridas y los **peligros** registrados por los diferentes comités locales de defensa civil y por los diversos actores del Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI) del Perú.

CARACTERÍSTICAS

Es una plataforma electrónica que organiza la información sobre emergencias y peligros que reportan fuentes dispersas a lo largo de todo el país. Emplea mapas electrónicos y fichas de datos que se llenan a través de Internet y que van constituyendo una base de datos nacional.

El sistema funciona de la siguiente manera:



Mediante el SINPAD se puede acceder a diferentes tipos de información como:

- Boletines de prensa y alertas.
- Información cartográfica.
- Banco de datos estadísticos.
- Directorio telemático.
- Materiales de educación y capacitación.
- Normas legales.
- Estudios y pronósticos.
- Biblioteca virtual.
- Información sobre procesos de planificación.
- Información sobre proyectos en ejecución, etc.

Además, permite acceder a foros virtuales y a una plataforma de servicio al ciudadano. Los datos a introducir en el Registro de Emergencias y Peligros (REMPE) deben detallar la ubicación exacta de la emergencia o del fenómeno potencial, datos sobre la evaluación de daños, el análisis de necesidades, la atención humanitaria (en casos de emergencias) y las obras de rehabilitación o de prevención. Cada una de las fichas a llenar pide información objetiva, que generalmente es manejada por los comités de defensa civil, quienes realizan las evaluaciones in situ.

FUNCIÓN

El SINPAD busca que toda la información relacionada con la prevención y atención de desastres sea registrada, mantenida y consultada por todas las instituciones y por la ciudadanía en general para optimizar la toma de decisiones y para facilitar la actuación coordinada, oportuna y eficiente del SINADECI.

- Cuando ocurre un desastre, el comité de defensa civil de la localidad, que tiene una clave de acceso al SINPAD, debe completar los datos generales sobre el suceso y las fichas de evaluación de daños (EDAN). Asimismo, se puede llenar un formulario para pedir apoyo humanitario al estado y a la sociedad civil. Esta petición aparecerá luego en el listado de sucesos que están bajo la ventana de monitoreo, que es la siguiente:

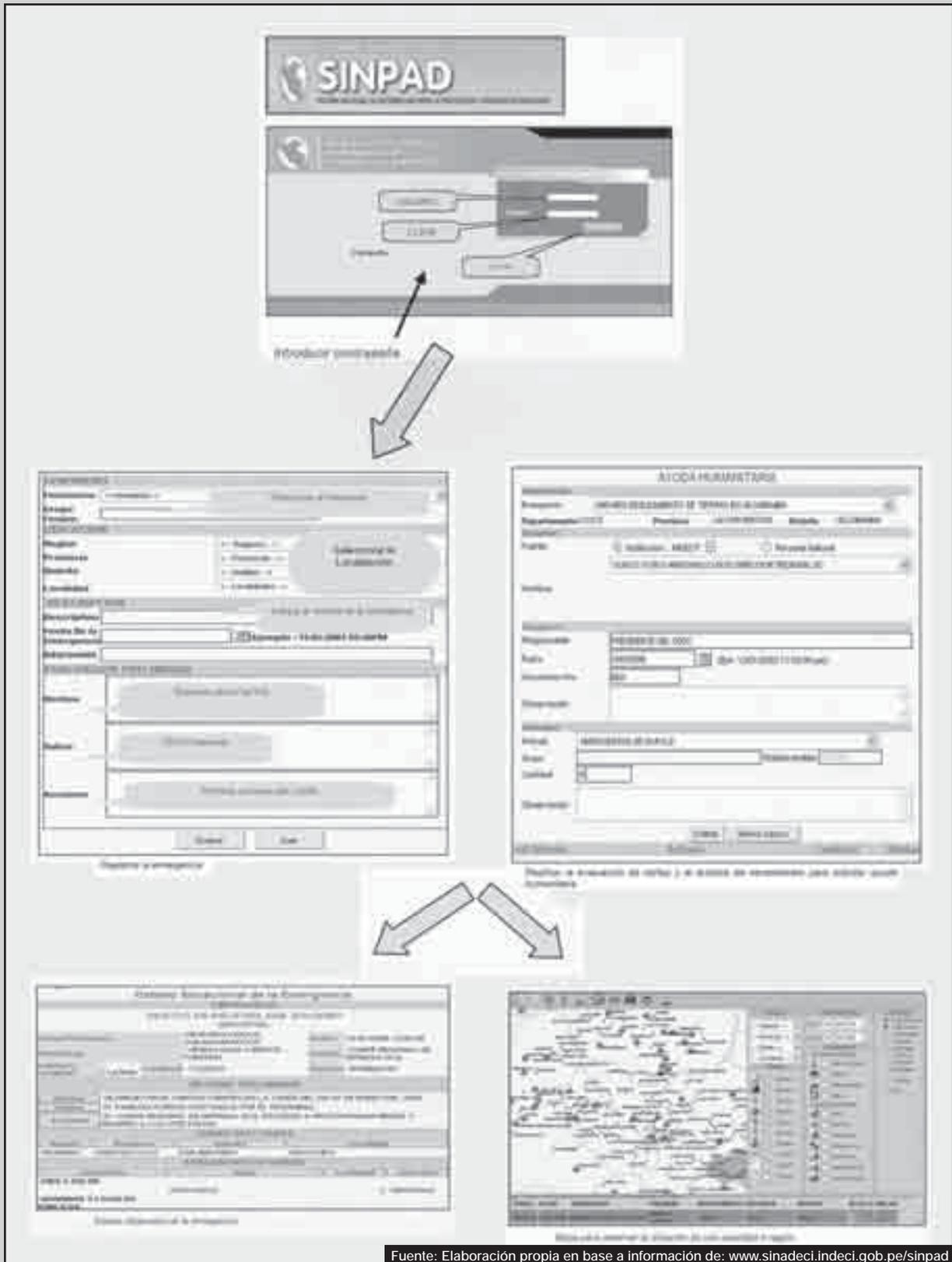
id	Fecha	Evento	Departamento	Provincia	Distrito	Estado
00100	10/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00101	11/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00102	12/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00103	13/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00104	14/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00105	15/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00106	16/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00107	17/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00108	18/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00109	19/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00110	20/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00111	21/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00112	22/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00113	23/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00114	24/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00115	25/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00116	26/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00117	27/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00118	28/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00119	29/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00120	30/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00121	31/07/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00122	01/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00123	02/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00124	03/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00125	04/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00126	05/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00127	06/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00128	07/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00129	08/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00130	09/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00131	10/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00132	11/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00133	12/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00134	13/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00135	14/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00136	15/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00137	16/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00138	17/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00139	18/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00140	19/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00141	20/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00142	21/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00143	22/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00144	23/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00145	24/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00146	25/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00147	26/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00148	27/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00149	28/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00150	29/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00151	30/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00152	31/08/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00153	01/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00154	02/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00155	03/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00156	04/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00157	05/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00158	06/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00159	07/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00160	08/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00161	09/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00162	10/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00163	11/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00164	12/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00165	13/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00166	14/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00167	15/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00168	16/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00169	17/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00170	18/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00171	19/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00172	20/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00173	21/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00174	22/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00175	23/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00176	24/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00177	25/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00178	26/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00179	27/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00180	28/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00181	29/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00182	30/09/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00183	01/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00184	02/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00185	03/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00186	04/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00187	05/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00188	06/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00189	07/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00190	08/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00191	09/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00192	10/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00193	11/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00194	12/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00195	13/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00196	14/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00197	15/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00198	16/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00199	17/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO
00200	18/10/2006	INCENDIO URBANO	AYACUCHO	AYACUCHO	AYACUCHO	ROJO

Fuente: Elaboración propia en base a información de: www.sinadeci.indec.gov.pe/sinpad

Los requerimientos permanecerán en color rojo hasta que el Comité de Defensa Civil informe que la solicitud ya fue atendida. Las ventanas que se muestran arriba son de libre acceso puesto que son de monitoreo¹.

¹ Ver página web: <http://sinadeci.indec.gov.pe/sinpad/emergencias/mapa/mapa.asp>

Esquema de funcionamiento del SINPAD



Fuente: Elaboración propia en base a información de: www.sinadeci.indec.gov.pe/sinpad

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- *Este sistema de información es administrado por el INDECI, organismo dependiente del Ministerio de Defensa del Perú.*
- *Algunos actores involucrados en el sistema son: los comités de Defensa Civil de todo nivel, las direcciones regionales de Defensa Civil, el INDECI, los sectores gubernamentales y sus organismos dependientes, las entidades científico-tecnológicas del país y los ciudadanos en general.*

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- *Cualquier persona puede acceder a los mapas y registros, desde el vínculo denominado "monitoreo". Usualmente asigna una clave a los responsables de los comités de defensa civil, y algunos organismos no gubernamentales para que ingresen información.*
- *Completar la información requerida en cada ficha del Registro de Emergencias y Peligros (REMPE) exige relativamente poco tiempo.*
- *Existe una persona responsable de filtrar los datos erróneos o duplicados, y de actualizar constantemente el estado en que se encuentra cada emergencia.*

● COSTOS

- *El uso de la base de datos es libre, sin costos, y está disponible en Internet.*
- *Los costos de mantenimiento del sistema son asumidos por INDECI.*

● ALCANCES

- *El SINPAD permite registrar información regional, provincial y distrital.*
- *Limitaciones*
- *Se requiere que la persona responsable de cada región administre eficientemente la plataforma para evitar registros poco certeros. Es muy importante que esté capacitada en gestión de riesgos y en manejo de sistemas informáticos.*
- *Cuando se dan emergencias de gran escala, que afectan a varios poblados e incluso a varias provincias, podría haber un registro duplicado de la información, por lo tanto es imprescindible un buen funcionamiento de los filtros.*
- *Aún falta cargar mucha más información sectorial y cartográfica al sistema para que su utilidad para la toma de decisiones sea mayor.*
- *Aún falta adaptar la base de datos para que pueda ser "exportada" de la plataforma de Internet y para que los mapas puedan ser compatibles con las aplicaciones SIG actuales.*

MODELOS DE SIMULACIÓN: CASO HEC-RAS

El HEC-RAS pertenece a un grupo de softwares que han sido desarrollados por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos. Realiza simulaciones de áreas inundables y afectadas por deslizamientos, detecta zonas de desborde, realiza cálculos hidráulicos de estructuras (puentes, alcantarillas, canales, reservorios), identifica zonas amenazadas, permite definir la geometría de la planicie de inundación, etc. Además, permite simular varios eventos de inundación cada vez que se corre el modelo.

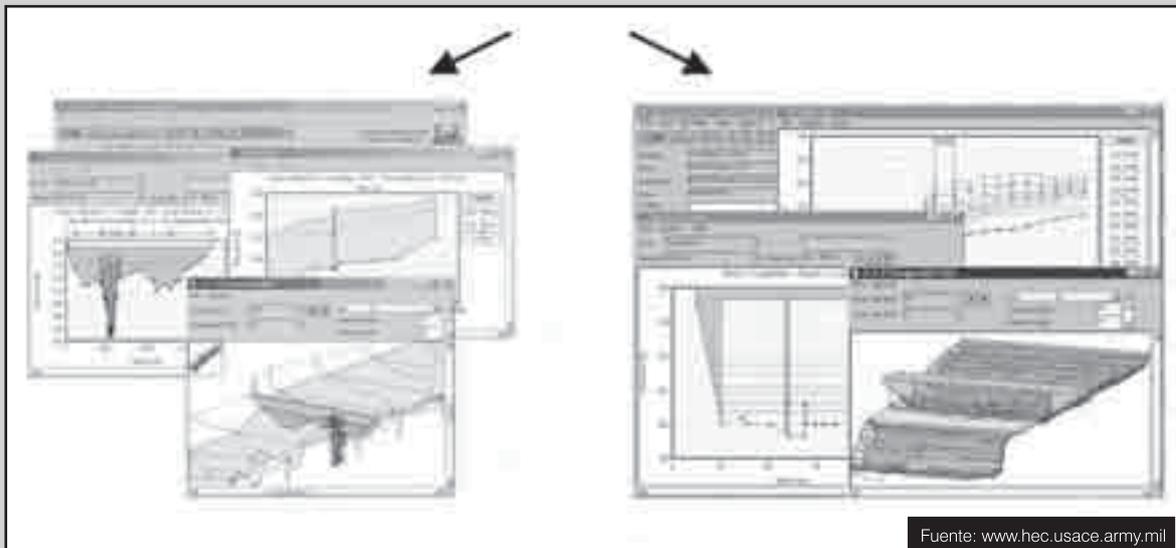
CARACTERÍSTICAS

El sistema HEC-RAS realiza cálculos en una sola dimensión y analiza 3 componentes hidráulicos:

- El perfil de la superficie del agua en condiciones de flujo constante,
- El perfil bajo condiciones de flujo inestable, y
- El transporte de los sedimentos.

La visualización gráfica de datos y resultados simplifica la interpretación de los resultados. Estos pueden ser editados gráficamente.

Presentación gráfica de los resultados



FUNCIÓN

La información obtenida sirve para la efectiva administración de los recursos hídricos así como para identificar áreas amenazadas y para mitigar los efectos de los desastres en zonas vulnerables. El programa facilita la investigación en entidades científicas y tecnológicas, permite simular escenarios y tomar decisiones oportunas para prevenir eventos extremos. Además, al calcular detalladamente los impactos que ocasionan las variaciones de caudal en los ecosistemas y en las estructuras, facilita la obtención de presupuestos para remediación. También ayuda a la preparación y respuesta a emergencias, así como a implementar los sistemas de alerta temprana.

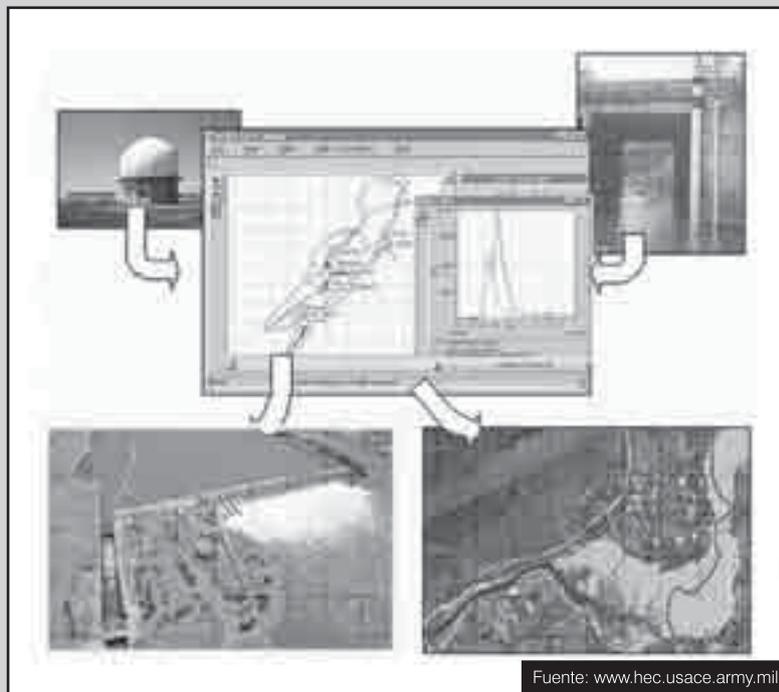
VARIACIONES

Este programa surgió como evolución del HEC-2, y es que el Centro de Ingeniería Hidrológica continuamente actualiza los software de simulación que diseña, haciéndolos más útiles y fáciles de manejar. Además, este centro desarrolla programas complementarios que permiten aprovechar mejor los resultados del HEC-RAS, tal es el

¹ <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras-download.html>

caso del HEC-GeoRAS, que permite analizar los resultados bajo un sistema de información geográfica que genera mapas de los terrenos inundables, por ejemplo. Actualmente, otros programas asociados son: HEC-HMS (que simula precipitación y escorrentía en cuencas), HEC-GeoHMS (que le da aplicación SIG al HEC-HSM), HEC-Res Sim (que simula sistemas de reservorios), HEC-FDA (que analiza daños por inundaciones), HEC-DSS (que permite organizar datos), etc.

Sistema de manejo del agua de EE.UU.



EJEMPLOS

- En el Perú el Centro de Modelaje Numérico del SENAMHI utiliza el HEC-RAS para realizar pronósticos de las áreas inundables del río Rímac en el tramo Puente Girasoles - Puente Ñaña, con lo cual se puede ir detectando áreas sensibles a desbordes e inundaciones en dicho espacio.
- En Guatemala se determinó las planicies de inundación en Retalhuleu, para poder establecer una zonificación de las amenazas en la cuenca del río Samalá. En ese caso se hizo la modelación para dos escenarios probables: para un cauce de río protegido con vegetación y para un cauce hipotético desprotegido.

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- Para simular se debe introducir datos históricos de las estaciones de medición de caudales del río. Si no hay suficientes datos, deben estimarse con una ecuación de regresión que relacione el caudal en un determinado período de retorno, con el área de la cuenca y la precipitación media anual.
- Es mejor tener "modelos digitales de terreno" para evitar la introducción manual de datos acerca del relieve.
- Se puede ejecutar en el entorno Windows.

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- Se requiere un tiempo considerable para familiarizarse con el programa si no se es hidrólogo.
- El software está disponible para uso público y puede descargarse de Internet¹.

● COSTOS

- La información que requiere el programa para hacer la simulación suele ser costosa. Es decir, se requiere comprar información sobre caudales, condiciones geográficas, etc, o realizar mediciones directas durante un tiempo significativo.

ALCANCES

- El modelo numérico incluido en este programa sólo permite realizar análisis de flujos permanentes y unidimensionales gradualmente variados en lámina libre. Es decir, no permite simular flujos complejos y turbulentos, los cuales son abundantes en relieves agrestes, usualmente en las partes media y alta de las cuencas.

LIMITACIONES

- Para manejar el programa se requiere conocer el idioma inglés.
- Para una utilización más eficiente y veloz se requiere conocimientos sobre hidrología.
- Se requiere información de campo (topográfica, por ejemplo) y de estaciones hidrológicas. Incluso, puede requerirse el uso de imágenes satelitales.
- Tiene una aplicación restringida a ciertos tramos de ríos y no se puede aplicar a cualquier cuenca porque en su sistema de cálculo no considera las relaciones hidrológicas entre las zonas más próximas al cauce y las más lejanas.

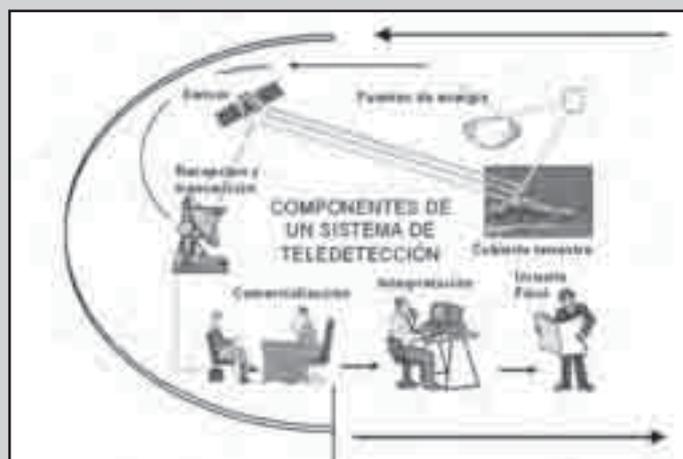
Mapa de modelamiento de inundación del tramo Puente Girasoles – Puente Ñaña (en Lima), para los siguientes períodos de retorno: 25, 50, 75 y 100 años



Implica la obtención de información acerca de la superficie de la Tierra, sin entrar en contacto con ella, mediante la detección, grabación y análisis de la energía que emiten o reflejan los objetos.

Para gestión de riesgos se aplica tanto en la planificación del ordenamiento territorial como en la identificación y seguimiento de amenazas y vulnerabilidades.

Componentes de un sistema de teledetección



CARACTERÍSTICAS

1. Las **fotos aéreas** se toman principalmente desde aviones. Tiene que haber un traslape de 60% entre las fotos tomadas en la misma línea de vuelo para que pueda formarse luego un mosaico⁴ de la imagen completa.

Las cámaras son especiales e incluso pueden arrojar fotos digitales (que se procesan igual que las imágenes de satélite). En el borde de las aerofotos se puede leer las coordenadas geográficas, el número de banda o corrida, el número de foto y la hora de la toma.



2. Los **sensores** pueden ser terrestres, aéreos o **satelitales**, dependiendo del lugar donde estén ubicados. Los satélites a su vez, pueden ser:
 - S. Meteorológicos, por ejemplo: GOES, SeaSat, TIROS, Nimbus, etc.
 - S. de revelamiento, por ejemplo: Landsat, NOAA, SPOT, IKONOS, etc.
 - S. de radares, por ejemplo: ERS, RADARSAT, EOS-SAR, etc.

El ancho de superficie que es barrida varía de satélite en satélite.

Lo que capta el sensor es el brillo o intensidad de la luz que refleja o emite la superficie. Ese brillo se caracteriza con un número y se transmite a estaciones terrenas.

Cada imagen recibida está compuesta por una grilla de cuadrillos muy pequeños (llamada raster), y cada cuadrillo (llamado pixel⁵) tiene su propio color y un brillo parejo. Cada pixel corresponde a una superficie sobre el terreno, (llamada IFOV⁶), que es el dato más pequeño que puede recoger un sensor.

Cada tipo de sensor brinda información con utilidad diferente, y esto depende de su resolución. La **resolución** es la capacidad que tiene el sensor para registrar información detallada, pudiendo discriminarla. Para corregir y realzar algunos rasgos de las imágenes, existen varias técnicas de calibración y realce, por ejemplo:

- Corrección geométrica
- Calibración radiométrica
- Reducción de la atenuación atmosférica
- Estirado de contraste
- Aplicación de filtros
- Aplicación de máscaras



Fuente: Towers, (Agrisat).

Pantalla del ENVI 3.4 mostrando una imagen y diversas ventanas abiertas



Fuente: Towers, (Agrisat).

Pantalla mostrando opciones de procesamiento digital

FUNCIÓN

Prácticamente todas las investigaciones relacionadas con las ciencias de la Tierra pueden y/o necesitan basarse en la teledetección. La visualización de áreas inaccesibles y la detección de porciones del espectro electromagnético invisibles a los ojos humanos, facilitan mucho los estudios. Además, los GPS ayudan a validar los trabajos de campo, ya que facilitan la navegación, el establecimiento de rutas virtuales y ayudan a georreferenciar puntos y espacios.

Actualmente, las imágenes satelitales, las fotografías aéreas y las imágenes de radar se han convertido en importantes herramientas para los investigadores involucrados en la gestión de riesgos y que buscan detectar amenazas o condiciones de vulnerabilidad. Permiten, por ejemplo, ubicar los sitios en los cuales se encuentran las sustancias que pueden poner en peligro las condiciones de vida en el planeta, ubicar áreas donde se pronostica alteraciones climáticas o geográficas, identificar sectores susceptibles a la deforestación, etc. Es decir, son particularmente útiles para analizar y seguir la evolución de los fenómenos y para tener una visión de conjunto sobre los efectos producidos por las grandes catástrofes.

VARIACIONES

Los "GPS" (Global Positioning System) son los sistemas de posicionamiento global, que permiten georreferenciar puntos en el terreno en base a las señales recibidas por diversos satélites. Los 2 sistemas comerciales existentes, en conjunto usan información de 48 satélites. Se suele conocer como GPS al aparato receptor de las señales, pero el sistema incluye más. Actualmente hasta los teléfonos móviles se pueden vincular a un receptor GPS para que reciban información sobre localización.

La precisión de un sistema GPS depende del número de satélites visibles en un momento y posición determinados. Por ejemplo, sin aplicar ningún tipo de corrección y con ocho satélites a la vista, la precisión es de 6 a 15 m, pero puede obtenerse más precisión usando sistemas de corrección.

EJEMPLOS / APLICACIONES

- Ya que las regiones polares tienen gran influencia en el sistema climático global, es importante conocer la evolución de algunos de sus parámetros como la temperatura y la precipitación. Mediante sensores remotos se puede cuantificar el almacenamiento anual de agua como nieve y hielo, así como el derretimiento de los glaciares.
- Comparando imágenes tomadas a cultivos en condiciones normales y en épocas de sequía, se puede determinar las áreas afectadas, y se puede calcular el nivel de estrés vegetal en un área grande.
- Ya que se puede obtener imágenes periódicamente, es posible entonces monitorear el uso del territorio y detectar los cambios a través del tiempo, tanto así como el impacto de la acción humana en la salud de los ecosistemas.
- Las erupciones volcánicas y las características de sus fumarolas (altura, temperatura, masa, etc.) pueden ser determinadas por anticipado. El conocimiento detallado de la historia eruptiva de un volcán, sumado a la disponibilidad de información satelital permite el uso de modelos matemáticos para predecir la dispersión de las cenizas y de la lava. Esto permite dar alertas tempranas a las poblaciones que podrían ser afectadas.
- Los sismos son producto de la liberación de la energía de la corteza terrestre. Son tan complejos que hasta el momento no se puede decir que son predecibles. Es posible que mediante mayores estudios algún día esto sea viable, pero de momento tan sólo se cuenta con acercamientos probabilísticos⁷.
- Las dinámicas del mar también se pueden estudiar con la teledetección. Se puede determinar la altura de las olas, la dirección e intensidad del viento, de las corrientes, surgencias, remolinos y frentes, la batimetría, etc. Además da indicios sobre algunas características físico-químicas como la salinidad, la temperatura y la presencia del plancton.

Cuadro resumen de las resoluciones de los sensores más conocidos

Sistema	Resolución espacial	Resolución espectral	Resolución temporal	Resolución radiométrica	Valor agregado
Landsat TM	30 m	6 bandas	16 días	8 bit	Datos desde 1972
Spot PAN	120 m	1 banda térmico	26 días	8 bit	MDT
Vegetación	20 m	4 bandas	16 días	16 bit	Fitoplancton – Clorofila
NOAA-AVHRR	1 km	1 km	2-10 días	8 bit	Modelo digital de Terreno
ERS	1,1 km	5 bandas	24 días		Modelo digital de Terreno
RADARSAT	30 m	1 banda radar C			Modelo digital de Terreno
RS	10 – 100 m	1 banda radar C			-
PAN	5 – 30 m	1 banda visible a IR			-
EarthWatch	3 - 15 m	1-3 bandas (2v, 1ic)	3 – 3 días	8 bit	Modelo digital de Terreno
EarlyBird	0,8 - 3 m	1-4 bandas (3v, 1ic)	1 – 3 días	11 bit	Modelo digital de Terreno
QuickBird	1 - 4 m	1- 4 bandas(2v, 1ic)	4 días	8 bit	Modelo digital de Terreno
Space Imaging	1 – 4 m	1 – 4 bandas (2v, 1ic)	3 días	8 bit	Modelo digital de Terreno
IKONOS	1 – 4 – 8 m	1-4-240 bandas	3 días	8bit	Modelo digital de Terreno / Hiperespectral
Orbimage	10 – 30 m	1 – 64 bandas	7 días	8bit	Hiperespectral
Orbview3	2,5-10-20 m	1 – 4 bandas	1 – 4 días	8 bit	Modelo digital de Terreno
Orbview4	15-30-60 m	1 – 7 bandas	16 días	8 bit	-

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- El uso de la teledetección facilita el análisis de riesgos, pero éste no debe basarse sólo en dicha herramienta.
- Algunos satélites sólo captan tomas verticales (ej.: Landsat), mientras que otros permiten una visión oblicua (IKONOS, SPOT, etc). Análogamente, las fotos aéreas pueden ser verticales, inclinadas o panorámicas.
- En el análisis de las fotos se tiene en cuenta que la superficie de la Tierra no está igualmente iluminada en fechas distintas, por lo que cambia la distribución de las sombras e incluso el brillo del terreno.
- Los aviones toman fotos con proyección cónica: es decir, hay más distorsión en los extremos.



Foto aérea de una ciudad



Fuente: <http://www.fap.mil.pe/servicios/san>

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- Para poder realizar la fotointerpretación y analizar las imágenes satelitales, se necesita un laboratorio de teledetección equipado con computadoras potentes y programas para el procesamiento de imágenes, además de equipos como los estereoscopios¹.



Fuente: ASC, 2004. www.sat.cnpm.embrapa.br/

RADARSAT-1



Fuente: Towers, Agrisat, 2002.

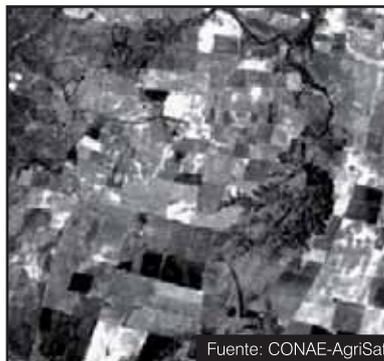
Antena móvil en la Estación Terrena Córdoba de CONAE

A continuación, 2 imágenes del mismo lugar, en bandas diferentes, para la identificación de cárcavas.



Fuente: CONAE - AgriSa

Cárcavas en Córdoba. Imagen Landsat 752. Resolución espacial 30 m.



Fuente: CONAE-AgriSat.

Cárcavas en Imagen Landsat 7. Resolución espacial 15 m.

● COSTOS

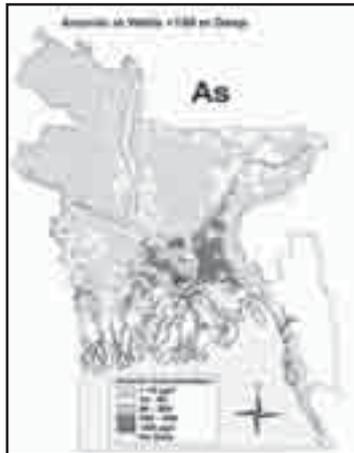
- Las imágenes de mayor resolución y por tanto para usos especializados, tienen costos altos (ej.: las imágenes IKONOS y Quick Bird). Pero también existen imágenes gratuitas por Internet, como las de la NOAA². Generalmente las de acceso libre tienen baja resolución y/o son imágenes antiguas, lo que no quiere decir que no sean útiles.



Fuente: Space Imaging – Towers (Agrisat)

Imagen IKONOS, Casa de gobierno de Minneapolis, EE.UU., 1999. Resolución espacial 1 m.

- Actualmente la obtención de software para trabajar las imágenes satelitales están al alcance de la población sin necesidad de pagar altos costos, por ejemplo mediante el programa de "Google Earth" de libre descarga por Internet.



Fuente: phys4.harvard.edu/.../arsenic_project

Concentración promedio de arsénico en agua subterránea en Bangladesh

● ALCANCES

- La variedad de sensores existentes hace que se pueda obtener información a cualquier nivel de detalle; sin embargo, los sensores de uso militar³ suelen ser más especializados y tener mejores resoluciones.

● LIMITACIONES

- No toda la energía puede ser captada por los sensores, puesto que ésta se dispersa, es absorbida, transmitida e incluso transformada en la atmósfera. Existe siempre un nivel de error en las estimaciones, que depende de las condiciones en que se capturó la imagen y de las características del sensor.



Fuente: Chuvieco, 1996.

- Para toma aérea o imágenes satelitales se requiere que la nubosidad sea menor al 5%. (i) Reflexión, (ii) Emisión y (iii) Emisión-Reflexión

¹ El estereoscopio es un equipo (tradicionalmente con prismas y espejos) que permite visualizar simultáneamente varias fotos aéreas de modo que se vea un modelo aparentemente sólido del terreno. Este equipo usualmente exagera los detalles del relieve y permite hacer fotogrametría (mediciones a partir de las fotos aéreas).

² <http://www.noaa.gov/>

³ La geomática es una ciencia que ha ido avanzando en base a las investigaciones militares; sin embargo, la información que generan no es de acceso público.

⁴ Cuando el terreno es montañoso o abrupto se requiere un traslape o solapamiento mayor.

⁵ "Picture element" o "elemento de la imagen".

⁶ "Instantaneous Field of View", o "campo de visión instantáneo".

⁷ La técnica usada para ello es la "interferometría de radar de apertura sintética", que consiste en combinar la luz proveniente de diferentes receptores (telescopios o antenas de radio) para obtener una imagen de mayor resolución.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

CONCEPTO

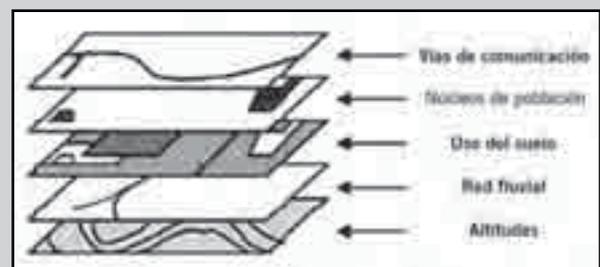
El Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta que facilita la gestión y la planificación del territorio, y permite incluir de manera sistemática la variable "riesgo" en las proyecciones de ordenamiento territorial y en el análisis de fenómenos y eventos particulares.

Mediante aplicaciones computacionales permite representar, analizar e interpretar datos espaciales. Requiere, por lo tanto, elementos especiales de software, hardware y procedimientos de cómputo.

CARACTERÍSTICAS

Los SIG permiten relacionar "infinitas" tablas de datos con localizaciones espaciales, para así ir generando diferentes "capas" de información sobre un mismo mapa. El análisis "multicapas" permite interpretar fenómenos complejos y es que al yuxtaponer las capas se puede observar las relaciones entre los atributos que expresa cada una de ellas e incluso se puede llegar a realizar análisis dinámicos y multitemporales.

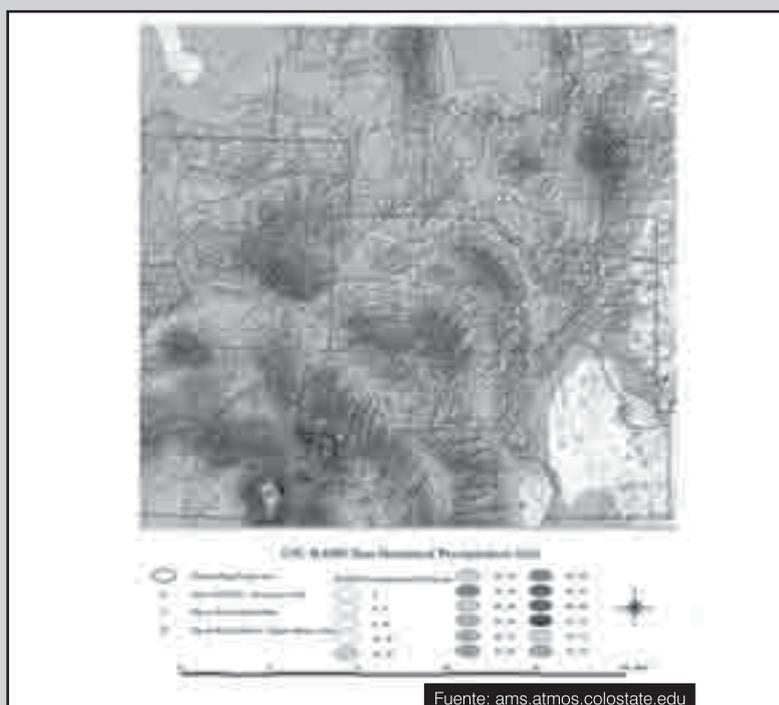
Análisis multicapas del SIG



Los programas SIG trabajan con modelos que pueden ser de 2 tipos:

- **Vectoriales:** Si para modelar el espacio utilizan los siguientes elementos: puntos, líneas y polígonos. Son más precisos en términos de localización espacial.
- **Raster:** Si dividen al espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un valor único. Se centran en las propiedades del espacio y no tanto en la precisión de la localización. Son muy útiles para estudios que requieren gran amplitud espacial (por ejemplo: sobre dispersión de contaminantes).

Mapa temático de isoyetas (de igual precipitación) simuladas con el modelo AMS para Denver – EE.UU.



Fuente: ams.atmos.colostate.edu

FUNCIÓN

Los SIG permiten generar mapas a diferentes escalas, tabular información para realizar análisis repetitivos y tomar decisiones. Funcionan como una base de datos con información geográfica asociada, y esto les da la capacidad de almacenar, manipular y realizar rápidas consultas, así como de generar nueva información si se crea vínculos con modelos predictivos o de simulación que relacionen la información espacial con procesos estadísticos.

Los SIG son una herramienta especialmente útil para investigadores, analistas y planificadores de diversos campos porque les permite aglizar la identificación y resolución de problemas territoriales de diversa índole.

Los SIG también son muy usados para gestionar riesgos, principalmente cuando se realiza la planificación del desarrollo. Inicialmente permiten analizar las amenazas de cada área (con mapas temáticos, por ejemplo), y al ir ingresando información sobre las vulnerabilidades (mapas dinámicos y síntesis), se puede ir construyendo mapas de riesgo.

Existe cierto tipo de información particularmente útil, por ejemplo:

- Usos de tierras y de suelos.
- Datos climáticos.
- Ubicación de volcanes, áreas de deslizamientos, fallas geológicas y otros desencadenantes de amenazas.
- Rasgos que configuran la vulnerabilidad del espacio (ríos, llanuras de inundación).
- Características humanas (infraestructura, población).
- Datos topográficos (de elevación, complejidad del terreno, información sobre cuencas fluviales, etc).

VARIACIONES

La diferencia principal entre los diferentes sistemas SIG está determinada por el tipo de programas que utilizan para el manejo de la información. Cada programa tiene funcionalidades específicas para el procesamiento de datos, y por tanto algunas ventajas comparativas en ciertos usos.



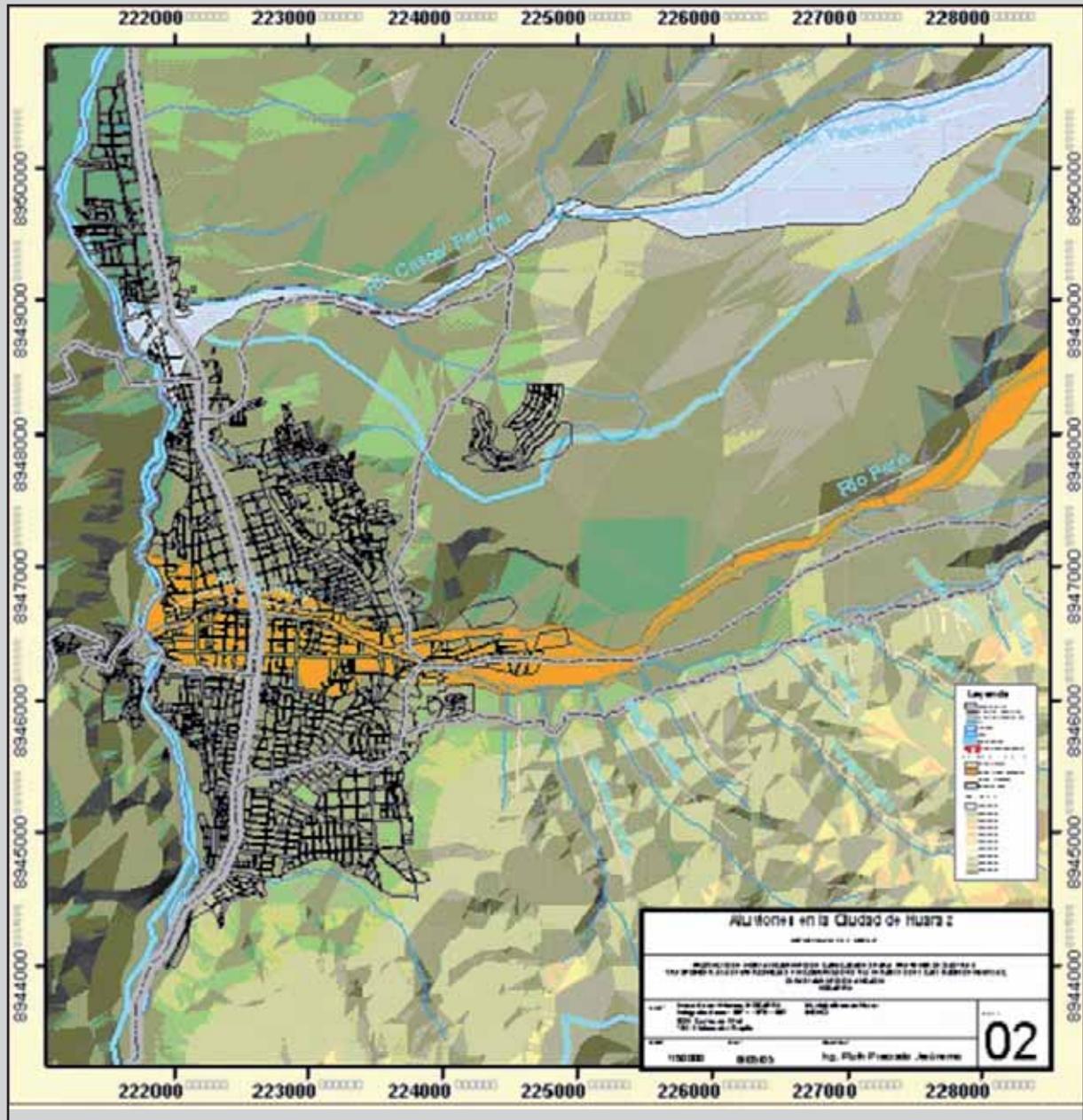
Fuente: www.afds.net/ArcGIS%20Image%20Analysis.html

Procesamiento de un mapa en ArcGIS

EJEMPLOS

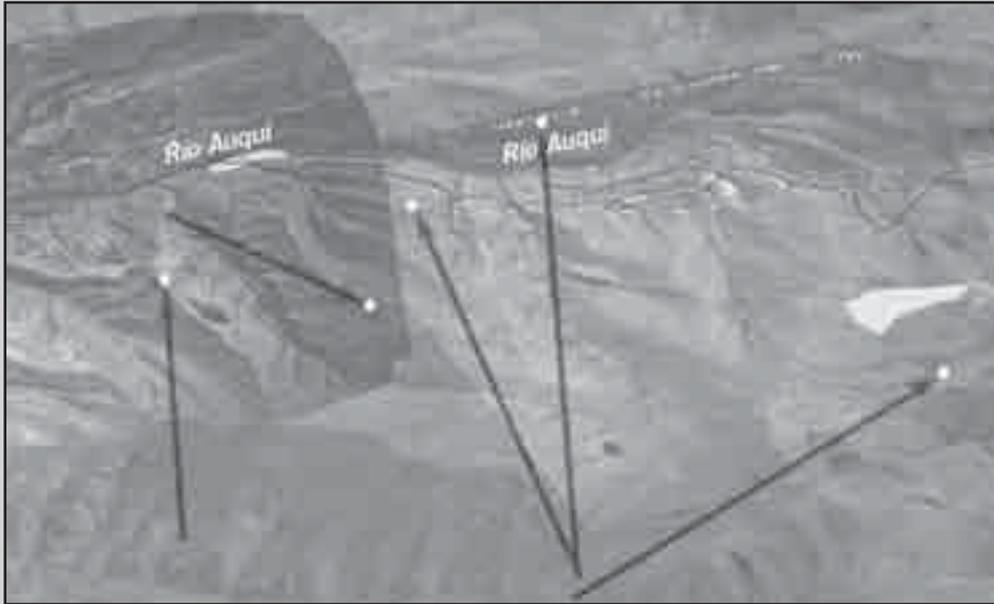
- Algunas aplicaciones SIG en gestión de riesgo, en el Perú, han sido:
 - El Atlas Nacional de Peligros del INDECI (2003).
 - El mapa de calificación de provincias según niveles de peligro, realizado por la CMGRRD, con apoyo de la GTZ.
- El mapa integrado de peligros climáticos, agrobiodiversidad e Índice de Desarrollo Humano (IDH), realizado por el CONAM (2004) en el marco del PROCLIM³ y su reciente actualización (2006).
- El mapa de macrozonificación sísmica⁴ del Perú, que se convirtió en reglamento ("Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño sismorresistente") y que actualmente es esencial para tomar decisiones para la ejecución de obras.
- Los mapas y los planes de prevención generados desde 1999 por el programa "Ciudades Sostenibles" (del PNUD e INDECI), que son una primera aproximación a los riesgos de cada una de las ciudades estudiadas, identificando sectores críticos para el desarrollo urbano y facilitando el ordenamiento territorial.
- Existen muchos programas SIG disponibles en Internet, por ejemplo, Cóndor 2.0, que analiza y evalúa de forma preliminar el posible impacto ambiental y social de grandes proyectos de infraestructura vial en la región andina. Su escala es de 1:1'000.000; está diseñada para planificadores, evaluadores y ejecutores de proyectos.
- En Málaga (España), se ha elaborado una serie de mapas muy detallados sobre los diferentes grados de riesgo de inundación que existen en la llanura aluvial, según sea su altitud sobre el lecho del río. Esto ha servido de base para la previsión y para la toma de decisiones del Servicio de Protección Civil de la ciudad⁵.

Mapas elaborados en el proyecto FOCAPRE (Fortalecimiento de Capacidades para el Fortalecimiento de Capacidades) realizado por Soluciones Prácticas - ITDG en Ancash, 2004



Mapa del cono de aluvión de la laguna de Palcacocha, que sigue el cauce del río Quilcay. Se ve la zona urbana de Huaraz y en naranja la ruta del posible aluvión, donde se observa un grupo de viviendas en alto peligro. En 1941 ocurrió un aluvión de esta laguna matando a 5.000 personas. Frente a este posible peligro, el proyecto FOCAPRE, elaboró en forma conjunta con la población mapas de rutas de evacuación y zonas de refugio.

Mapa de escenarios probables de desastres en el centro poblado de Coyllur, distrito de Ancash, Perú



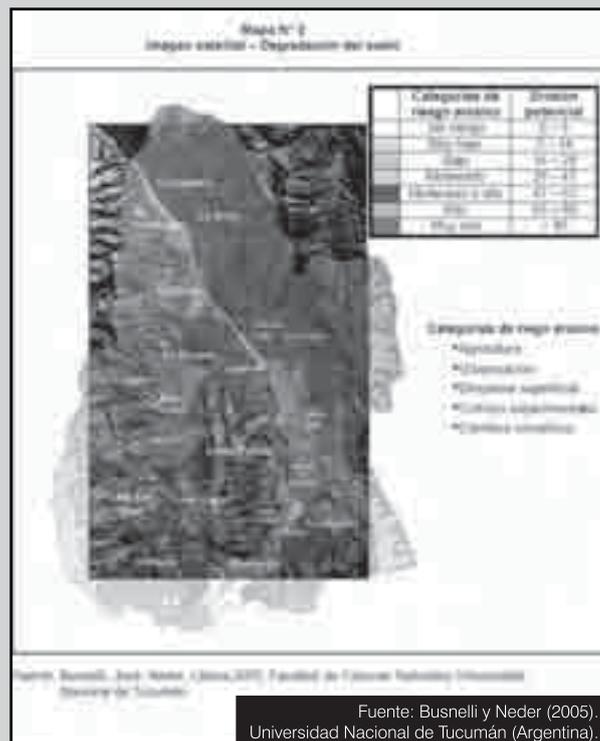
52

Escenario 1: Aluvión por desprendimiento de masa glaciar del nevado y ruptura del dique de la laguna de Cuchillacocha. Afecta los barrios de Tunya, Manzana, Querupampa y Paquishca. Se interrumpe la carretera y la población queda aislada. Afecta aprox. 130 viviendas ubicadas en la parte baja, desaparecen el centro educativo y el centro de salud. Además, se obstruye la captación de agua potable de la ciudad de Huaraz.

Escenario 2: Activación de huaycos en las quebradas de Collpash, Putcalloclla, Querulloclla y Watelloclla. Produce erosión en las laderas, causando pérdidas de viviendas, puentes y terrenos de cultivo. Se interrumpe la carretera y la población queda aislada.

Escenario 3: Deslizamientos de la quebrada de Collpash. Afectan 24 hectáreas de cultivos. Se pierden viviendas y se interrumpe la carretera quedando la población aislada. Se daña el reservorio de Queropampa y la captación de agua potable de Ichoca y Coyllur. Arrasa con un poste de alta tensión.

Mapa de degradación del suelo en base a imagen satelital



A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- Los SIG permiten obtener mapas temáticos así como mapas síntesis¹.
- El manejo de la escala y una buena georreferenciación² de los datos son elementos clave que aseguran la complementariedad entre diversos SIG.
- Antes de adquirir e instalar un SIG se debe evaluar si las aplicaciones del sistema escogido responden a las necesidades y a las capacidades para operarlo.
- Todos los SIG permiten importar y exportar datos, y por lo tanto se complementan con información de modelos y bases de datos más completas.
- Muchas veces se aprovecha la información de las imágenes satelitales y fotos aéreas en los SIG.

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- El SIG requiere de un programa de cómputo. Algunos softwares son gratuitos como GRASS GIS, JUMP, MapServer, Quantum GIS, gvSIG, SAGA GIS, MapWindow GIS, Kosmo, etc.

● COSTOS

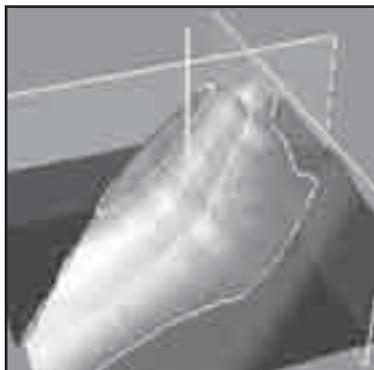
- La información que se carga a los SIG no es muy cara. El costo de los software comerciales fluctúan entre \$100 y 15.000: por ejemplo: ArcGIS (ArcView, ArcInfo), Mapinfo, Maptitude, Geomedia, TatukGIS, MiraMon, GenaMap, Geoconcept, Autodesk Map, MicroStation Geographics, Idrisi, GeoWeb Publisher, SmallWorld, MapPoint, Manifold, TNT mips, etc.

● ALCANCES

- El alcance y el nivel de detalle de la base de datos dependerá de las necesidades de planificación y análisis. El punto está en obtener suficientes datos georreferenciado para el nivel local.

● LIMITACIONES

- Las aplicaciones del SIG en la gestión de riesgos sólo están limitadas por la cantidad de información disponible.
- El uso de SIG requiere de una capacitación inicial.
- La existencia de bases de datos diferentes dificulta el diseño oportuno del ordenamiento territorial.
- Predomina el análisis de las formas espaciales y se profundiza poco en su implicancia social.
- Es difícil representar causas y algunos elementos dinámicos.
- Algunos softwares no permiten el análisis en 3ra. (altura) y 4ta. (tiempo) dimensión.
- A veces no hay suficientes datos para cargar un SIG.



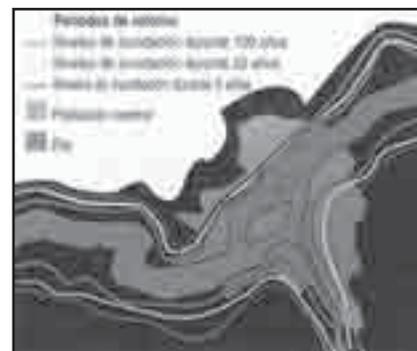
Visualización 3D de una montaña



Microzonificación sísmica de la ciudad de Panamá



Mapa de una ciudad en ArcView



SIG aplicado a la evaluación de riesgos de inundaciones

¹ El mapa síntesis expresa el consolidado de muchas capas de información (temáticas) e incluso dinámicas.

² Georreferenciar se refiere a posicionar una información en un lugar definido en el espacio, con un sistema de proyección específico. Un dato georreferenciado está ubicado correctamente sobre un mapa base en función a sus coordenadas (latitud y longitud), y altitud.

³ PROCLIM son las siglas del Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire, y es un programa de actividades, resultado de una iniciativa nacional que comprende el esfuerzo conjunto de una diversidad de instituciones que han aportado sus recursos y experiencias.

⁴ Basado en los períodos de recurrencia de los sismos, su duración y severidad, la extensión de las áreas afectadas, las aceleraciones máximas, las distancias al epicentro, la información geotectónica, etc.

⁵ Para más detalles escribir a gis@cesga.es

SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA (SAT)

Los SAT son un conjunto de procedimientos articulados a través de los cuales se recolecta y procesa información sobre amenazas previsibles, de tal modo que cuando éstas son inminentes se da una alerta para asegurar la evacuación o protección de la población, así como para activar un sistema que controle o reduzca su impacto.

Requieren el funcionamiento de una red de vigilancia o monitoreo, alarmas, sistemas de comunicación y medios apropiados para que la población y las autoridades puedan responder adecuadamente a las emergencias. Se complementan con un buen sistema de prevención y preparación para emergencias.

CARACTERÍSTICAS

Según García Guirola, de El Salvador, algunos elementos importantes para el buen funcionamiento de los SAT son:

- La **claridad del mensaje** una vez identificada la amenaza, que debe:
 - Ser oportuno y fácil de interpretar.
 - Especificar cómo y dónde actuar.
 - Especificar recursos con los que se cuenta.
 - Especificar cuáles son las entidades responsables de cada paso.
 - Especificar quiénes son los usuarios y beneficiarios de las acciones de respuesta.
- La **sostenibilidad**, que requiere de:
 - Un sistema que permita realizar la evaluación o retroalimentación a la efectividad de los SAT.
 - Financiamiento estable y participativo.
 - Un marco político y legal que asegure continuidad.

La estructura de los SAT incluye:

- Un **sistema de monitoreo**, que varía según la amenaza para la cual esté diseñado. Por ejemplo, la alerta ante inundaciones cuenta con pluviómetros, medidores de aforo, controladores de temperatura, etc. En los primeros años del SAT se requiere un monitoreo más frecuente para obtener un historial de datos suficiente para correr modelos.
- Un **sistema de comunicación o transmisión de datos** que garantice el flujo de información producida por el monitoreo. Involucra desde la transmisión de datos a la central de diagnóstico, hasta la emisión de alertas, alarmas y la coordinación de comunicaciones en situaciones de emergencia. Usualmente se utiliza la radio¹ e Internet. El uso adecuado de los medios de comunicación propicia que la población se preocupe y sea receptiva a los mensajes de advertencia.
- Un **centro o sistema de tabulación² y análisis de datos**, donde se procesan los datos. En los sistemas que utilizan bioindicadores, ésta es la etapa donde se valida el comportamiento de los mismos y también se establece los pronósticos, a partir de los cuales se determina situaciones críticas y se activa las alertas.

Los tipos de alertas más comunes son los siguientes:

- Alerta amarilla: Cuando se están generando las condiciones específicas para un fenómeno potencialmente grave. Esto se da a conocer vía radio o por otros medios.
 - Alerta naranja: Cuando el peligro es inminente y su manifestación sólo es cuestión de minutos u horas. En estas circunstancias se activan una serie de protocolos de respuesta y preparación.
 - Alerta roja: Es cuando ya se manifiesta el fenómeno y ha causado o está causando daños.
- Los **protocolos** comunitarios e institucionales de preparación y respuesta.
 - Los procedimientos para la valoración del riesgo remanente después del evento y de los daños.
 - La **retroalimentación y evaluación** del SAT. Una vez que finaliza el evento, se revisa la información acumulada y se identifica la necesidad de mejorar las deficiencias del mismo. Se evalúa a cada actor e incluso los planes de respuesta y de contingencias, y se reportan las pérdidas.

FUNCIÓN

El objeto de los SAT es alertar a la población ante un fenómeno natural que pueda causar desastres. Dichos sistemas se incorporan en la gestión de riesgos de desastres dentro de las actividades relacionadas con la preparación ante desastres. Todo SAT debe brindar las alertas con suficiente anticipación para que la población pueda tomar las precauciones mínimas necesarias en relación con el fenómeno que se aproxima.

Para que el SAT sea eficiente se requiere un alto nivel de conciencia en la población y la realización previa de simulacros para el uso correcto de las rutas de evacuación y refugios, así como para identificar alternativas de reacción factibles de implementar. Cada elemento del sistema es interdependiente de los demás.

Cuando el SAT realiza un monitoreo de variables más completo (climáticas, sociales, etc.), se convierte además en una estrategia de reducción de impactos sociales, un mecanismo de reducción de la vulnerabilidad y una herramienta para incrementar la eficiencia presupuestaria.

VARIACIONES

Los SAT inicialmente se crearon para protección agrícola, pero ahora han ampliado su marco de acción hasta ser sistemas públicos de prevención y atención de emergencias.

Su función principal es mejorar la respuesta ante emergencias para minimizar daños y no es una herramienta preventiva. A pesar de ello, los datos que registra pueden facilitar la planificación del desarrollo.

EJEMPLOS

- En Piura (Perú), el Gobierno Regional y la GTZ promovieron la implementación de un SAT para inundaciones, fundamentalmente para el área urbana densamente poblada, debido a las constantes crecidas de los ríos durante el ENOS. El sistema recolecta datos de lluvias en varias estaciones meteorológicas de diferentes puntos de la cuenca, el procesamiento y modelamiento de dichos datos realizado por el proyecto especial "Chira-Piura" y la transmisión de alertas desde su centro de información hacia el gobierno regional y de allí a los comités locales de defensa civil y a los medios de comunicación.

La principal limitante es la falta de credibilidad de la población ante lo novedoso, y el reducido involucramiento de las organizaciones. Actualmente depende de la administración del proyecto Chira-Piura.



Sistema de almacenamiento de información en estación automática del Río Piura (Perú)



Vista lateral de la misma estación.

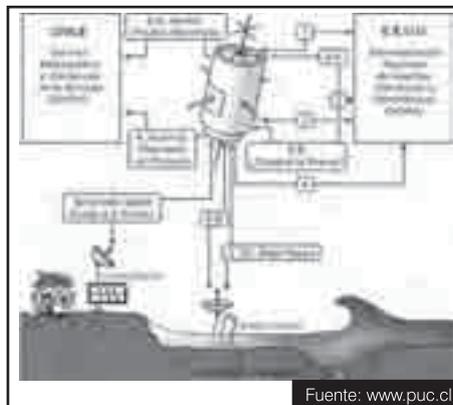
- En Manabí (Ecuador) se cuenta con un SAT para fenómenos hidrometeorológicos y transmite los datos a una central de pronóstico que los analiza. Si existe probabilidad de ocurrencia, se alerta primero a Defensa Civil y luego a los lugares en los que urge tomar medidas de respuesta o preparación; a continuación se comunica a toda la población y se activan los planes comunitarios de emergencia. Estos son algunos de sus protocolos comunitarios:
 - En alerta amarilla, en su fase de precrisis, se verifica las rutas de evacuación, las zonas de albergue y los elementos para la atención a la población que tenga que evacuar.
 - En alerta naranja se procede a la evacuación de las familias de las zonas de mayor peligro y se ubica albergues temporales en zonas seguras.
 - En alerta roja se realizan las evacuaciones que sean necesarias y se activan las comisiones para atender y evaluar los efectos del evento. Se mantiene una comunicación permanente con las autoridades y con las comunidades afectadas y se realiza el seguimiento de las gestiones de apoyo.

- En Yucatán (México) se tiene un SAT para ciclones. El sistema es manejado por el SINAPROC (Sistema Nacional de Protección Civil) y se conoce como "SIAT-CT". Tiene 5 tipos de alerta, que se activan durante los 2 momentos críticos, en la etapa de acercamiento y la de alejamiento.
- En Yungay y Huaraz (Perú), Soluciones Prácticas - ITDG instaló un SAT menos sofisticado, centrado en la población como componente vital de la reducción de desastres. Este sistema consiste de sirenas, alto-parlantes y radios ubicados en diferentes puntos de las zonas rurales. La implementación fue realizada a través de un proceso construido con la misma población y los municipios para permitir una mayor eficacia de su uso; además, se realizan constantemente simulacros que mantiene activada la organización.
- En Chimbote (Perú), durante el ENOS de 1998, radioemisoras de la zona baja recibieron información de radios de la zona alta de la cuenca de Lacramarca, lo que permitió avisar a la población mediante la misma radioemisora para que se pongan a salvo.

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- *El SAT es una herramienta que requiere un gran nivel de organización y comunicación.*
- *Necesita modelos de simulación regionales validados y adaptados a las condiciones locales.*
- *Requiere investigación permanente para mejorar la funcionalidad del SAT y adaptarlo a nuevos escenarios.*
- *Para mantener la credibilidad en el pronóstico es importante no alarmar innecesariamente.*



Fuente: www.puc.cl

Flujo de información para la alerta temprana de maremotos en Chile

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- *La mayor parte de los SAT existentes han sido promovidos y financiados por el estado o agencias de cooperación internacional. Sin embargo, existen metodologías de previsión tradicionales donde se incorpora la alerta temprana en la organización social como el caso del uso de bioindicadores. Su uso y combinación con los sistemas modernos depende de lo fortalecidas que estén las redes sociales y el nivel de valoración de los conocimientos tradicionales.*
- *El tiempo que requiere la implementación de un SAT varía dependiendo de su finalidad, del flujo de recursos financieros y del capital social.*

● COSTOS

- *El costo de un SAT que integre diversas comunidades alejadas es alto porque requiere implementar sistemas de comunicación y monitoreo que dependen del acceso a redes TIC.*
- *El aprovechamiento de la información de bioindicadores no suele ser costoso (depende más de la red social), sin embargo, si se realizan análisis científicos (por ejemplo, para determinar concentraciones de algunos microbios en el agua), el costo y la capacidad técnica pueden ser limitantes para algunas comunidades.*

● ALCANCES

- *Dependiendo del diseño del sistema de monitoreo y del modelo de simulación, el SAT puede implementarse en las cuencas, microcuencas o secciones de río.*
- *Cuando el SAT incorpora conocimientos ancestrales en la predicción obtiene mayor credibilidad y respeto.*
- *Cuanto mayor alcance tengan los equipos de comunicación y los planes de preparación y respuesta, mayor población podrá ser enlazada al SAT.*

● LIMITACIONES

- El SAT depende del buen estado de los instrumentos de medición, del registro adecuado de datos, de las capacidades de los analistas de datos y de los operadores de comunicación.
- Para pronosticar eventos hidrometeorológicos se necesita modelos climáticos regionales operativos y que consideren los sistemas de regulación (por ejemplo, la presencia de obras y otras alteraciones al ciclo del agua) tanto así como la creciente variabilidad climática.
- Si los encargados de dar la alerta no están bien capacitados y coordinados, se hace difícil la comunicación y la oportuna toma de decisiones.
- Aún no existen protocolos estandarizados para la incorporación de los bioindicadores en los SAT.



Fuente: www.esense.cl

Torre de alerta temprana para tsunami en Madang - Indonesia (mayo 2006).



Fuente: atlas.snet.gob.sv

Área de vigilancia para ciclones en Nicaragua.



Fuente: Practical Action Sri Lanka

Torre de un SAT para inundaciones en Sri Lanka.



Simulacro en una escuela en San Martín (Perú), como parte de la preparación en caso de una alerta ante un desastre

¹ La radio es un medio que también puede ser usado como instrumento de prevención. Por ejemplo, a mediados de los noventa, un equipo del Centro de Preparación para Desastres de Cranfield, en el Reino Unido, trabajó con tres estaciones de radio y locutores en Mali, Burkina Faso y Eritrea en un proyecto piloto a lo largo de un periodo de 18 meses, para difundir temas relacionados a la reforestación. Los programas combinaban educación con entretenimiento y antes de llevarlos a cabo se realizó un estudio de percepciones. Los resultados fueron exitosos y se cuantificaron en función al incremento de prácticas de conservación y a la apropiación de conocimientos.

² La tabulación de datos y su registro en formato digital permite sistematizar la información del subsistema de monitoreo.

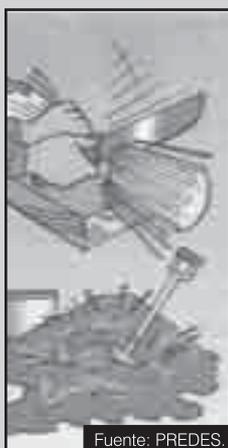
Se denomina “vivienda mejorada” a aquella donde se incorporan elementos que le dan a sus estructuras mayor durabilidad y resistencia ante condiciones ambientales críticas. Las viviendas mejoradas protegen a sus moradores en caso de sismos, ciclones, tormentas y vientos fuertes, lluvias intensas e inundaciones, heladas prolongadas, etc.

CARACTERÍSTICAS

1. Materiales mejorados disponibles

- **Adobes mejorados**, es decir, bloques constituidos mínimamente por paja⁷ seleccionada y barro⁸ de suelos limpios⁹ y con textura areno-arcillosa¹⁰. Deben cumplir ciertos requisitos técnicos de tamaño, por ejemplo en el Perú la norma técnica de SENCICO indica 40 x 40 x 10 cm y de 40 x 20 x 10 cm para las juntas verticales. Para la consistencia y resistencia se les agrega algunos complementos como goma de tuna, pelo y otros materiales no sujetos a putrefacción.

El amasado¹¹ del barro debe realizarse hasta que éste haya absorbido una cantidad suficiente de agua¹², pero cuidando que la mezcla no esté excesivamente fluida. La idea es que la arcilla se hidrate completamente y desarrolle su capacidad adhesiva. Normalmente se sugiere dejar la mezcla en reposo durante 24 horas para que absorba bien el agua (Vildoso, et al., 1984).



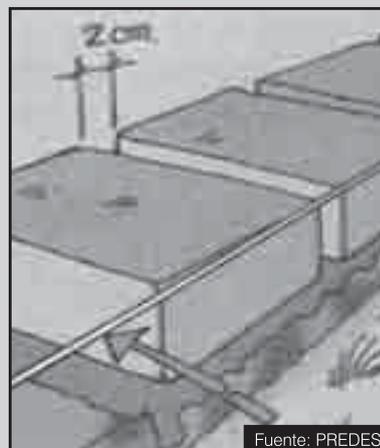
Fuente: PREDES.

Elaboración de adobes



Fuente: PREDES.

Prueba del enrollado



Fuente: PREDES.

Colocación de adobes

Para el moldeo se utiliza adoberas con fondo porque facilitan la compactación; éstas deben tener asas y rendijas para que ingrese aire al momento del vaciado y por dentro se les rocía arena o polvo de ladrillo cocido para evitar que el barro se pegue al molde, y para que la superficie resulte ser rugosa.

Los adobes se secan al sol, pero este proceso no debe ser brusco para evitar grietas. El tiempo de secado depende del clima y del método usado, varía entre 1 y 4 semanas. Durante las primeras horas de secado no es conveniente que el sol incida directamente sobre ellos porque se podrían fracturar. Cada 5 ó 7 días se deberá cambiar su posición de secado. Para comprobar la correcta elaboración, se debe colocar tres adobes en línea que deben soportar el peso de una persona de unos 65-70 Kg durante un minuto.

A continuación una lista de los pasos elementales a seguir para construir con adobe:

- Recepción y acarreo de materiales.
- Limpieza y nivelación del terreno.
- Trazo y replanteo de los planos en el terreno.
- Excavaciones y apertura de zanjas para la colocación de cimientos.

- Eliminación del material excavado.
- Nivelación del fondo de la cimentación.
- Subcimentación (de ser necesaria)¹³.
- Establecimiento del cimiento¹⁴ y sobrecimiento¹⁵, dejando el espacio necesario para la tubería de desagüe.
- Levantamiento de las paredes¹⁶.
- Armado de la viga solera o viga collar¹⁷.
- Reforzamiento de las esquinas de los muros con mallas electrosoldadas recubiertas con una mezcla de cemento-arena¹⁸, con mochetas (si las habitaciones son mayores de 4 m de largo) o con trabazones (si son más pequeñas).
- Armado de la estructura y cobertura del techo¹⁹.
- Instalación de las matrices de agua y desagüe²⁰.
- Revestimiento de los muros interiores y exteriores. Comprende el "pañeteo"²¹ de las paredes y el tarrajeo²².
- Llenado y enlucido de pisos.
- Colocación de puertas y ventanas.
- Pintado y colocación de acabados.



Fuente: Soluciones Prácticas – ITDG

Elevación y cortes típicos de los muros de adobe



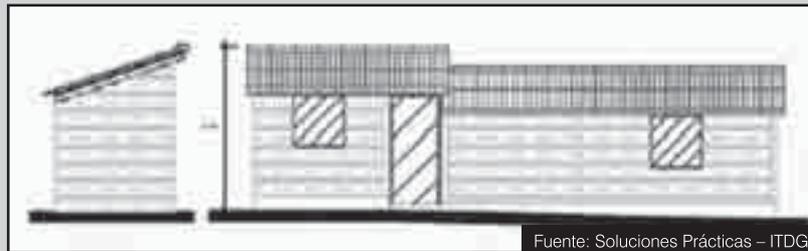
Fuente: Soluciones Prácticas – ITDG

Casa de adobe en Tacna (Perú)

- **Quincha²³ mejorada**, es una estructura de madera (aserrada o rolliza) empotrada en una cimentación de concreto simple o incluso concreto armado) cuyas paredes son un tejido de cañas²⁴ enlucido con mortero de barro.

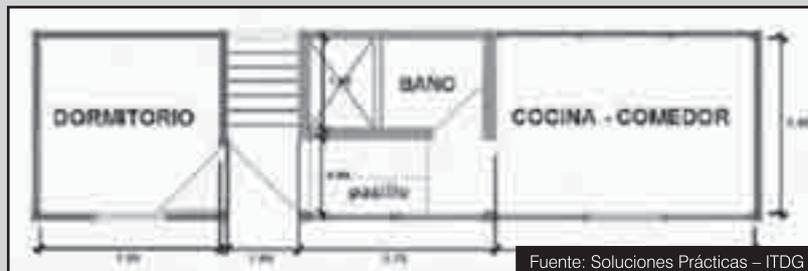
Estas construcciones son apropiadas para suelos que no pueden soportar mucho peso, como los arenosos, y donde la madera y la caña son recursos locales abundantes y de bajo costo. Tienen la ventaja de poder ser construidas progresivamente, es decir, por módulos, según la disponibilidad de recursos económicos e insumos.

Los pasos elementales para la construcción son similares a aquellos seguidos en las viviendas de adobe, con la diferencia que en este caso se debe anclar madera en los cimientos²⁵ y construir la parte estructural de los muros con elementos de madera y tejido²⁶ de caña²⁷.



Fuente: Soluciones Prácticas – ITDG

Elevaciones lateral y frontal de un módulo de quincha mejorada



Fuente: Soluciones Prácticas – ITDG

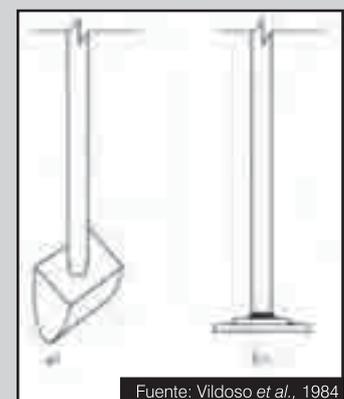
Vista de planta de un módulo de quincha mejorada

- **Madera seleccionada** de diferentes especies forestales (según la ubicación geográfica). Las construcciones de este material se sostienen con postes y vigas. Las maderas se fijan al suelo a 1,5 m de profundidad y se recubren con tabloncillos o con algún revestimiento liviano. Se prefieren maderas de alta dureza y durabilidad, como el tulpay (*Clarissa racemosa*) y la quina quina (*Maytenus sp.*). Cuando la madera es escasa se recurre al carrizo (*Arundo sp.*) o a la caña brava (*Gynerium sagittatum*). El techo usualmente está formado por vigas de madera²⁸.
- **Tapial**, de tierra o barro apisonado, preferible de suelos arcillo-gravosos, pero varía según el lugar y tradición constructiva. La calidad se incrementa si se le añaden fibras como la paja; también se puede añadir cal o puzolana para darle más resistencia al intemperismo.

Los bloques de tapial se fabrican utilizando moldes de madera de 1,50 m de largo, 1 m de altura y espesores variables entre 40 y 80 cm donde se coloca y apisona la tierra húmeda en capas, cuyo espesor no debe ser mayor a 10 cm. Para la compactación se usa un pisón.

En este tipo de construcciones los cimientos deben tener entre 50 y 80 cm de profundidad. Además, los bloques de tapial deben entrecruzarse en las esquinas para amarrar bien los muros; en una vivienda de dos pisos o más se utiliza entrepisos de madera. Los tacos y ranuras para la colocación de puertas y ventanas deben instalarse durante la construcción misma.

Los techos usualmente son confeccionados como estructuras tipo tijeral, con troncos de madera y con una primera cubierta de cañabrava sobre la cual se coloca una capa de barro y luego las tejas de arcilla o calaminas metálicas. Los aleros son extensos para proteger los muros de la lluvia.



Fuente: Vildoso et al., 1984

Pisón tipo corazón y pisón tipo plano

- **Las bloquetas** pueden ser de concreto y/o de otros materiales (ladrillo, sillar, piedras, hormigón, agregados, etc). Para prepararlas se requiere utilizar una vibradora, una mezcladora y moldes. Sin embargo, adaptaciones de estos equipos pueden ser confeccionadas creativamente con los materiales locales disponibles.
- **Concreto simple y armado**, que es un material de núcleo rígido que resulta de la mezcla de uno o más conglomerantes (como el cemento), con áridos (como: grava, gravilla, arena, etc.), agua, y eventualmente algunos aditivos³⁰ más. Si es "armado" en su estructura hay columnas, vigas y otros elementos rígidos (por ejemplo: ladrillos³¹).

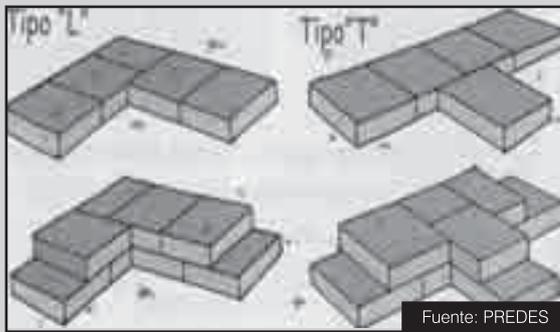
- **Fibro cemento**, que es un material constituido por una mezcla de cemento Portland y fibras. Antiguamente se utilizaba el asbesto como fibra, pero a partir de los años 70 este material ha sido progresivamente reemplazado, por ser tóxico. También se le puede adicionar yeso, tejas y fibra de coco (*Cocos nucifera*), de crotalaria (*Crotalaria juncea*), de cabuya (*Agave agave americana*), etc.

El fibrocemento es empleado fundamentalmente en la fabricación de placas³² ligeras, impermeables y rígidas, así como en tubos y tanques de almacenamiento de agua. Las placas de fibrocemento son relativamente económicas y de fácil transporte, son utilizadas en instalaciones provisionales y como cubiertas de exteriores.

2. Mejoras en la construcción

Para incrementar la resistencia de cualquier construcción no sólo se debe controlar la calidad de los insumos sino de los procesos de diseño y albañilería. Algunas consideraciones importantes para mejorar las construcciones y estructuras son, por ejemplo:

- La selección cuidadosa del tipo de esquinas, amarres y juntas entre vigas y columnas. Esto define la estabilidad de la vivienda. Existen diversas opciones según el diseño, el tamaño de la construcción y el material utilizado.

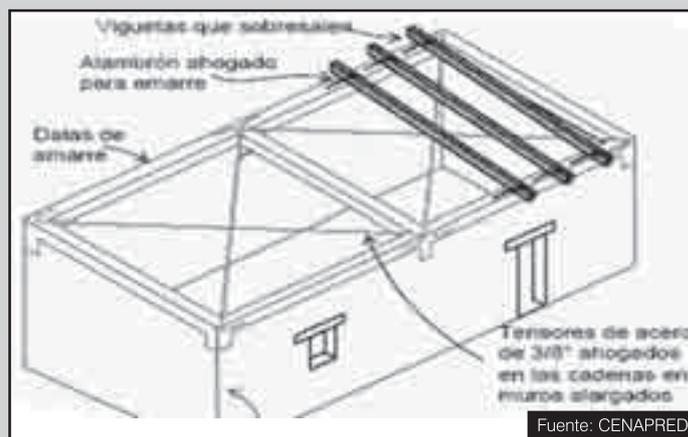


Tipos de esquinas en construcciones de adobe



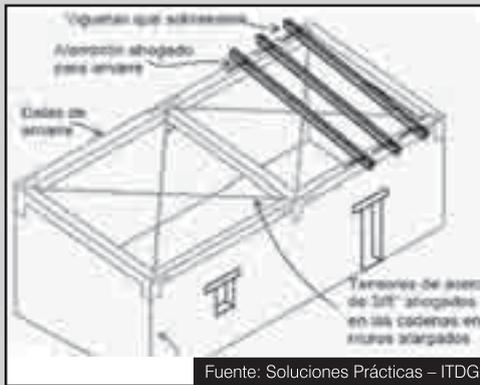
Algunas opciones para las juntas en madera

- La incorporación de vigas con dentellones y tensores de acero en los techos para asegurar un mejor amarre.

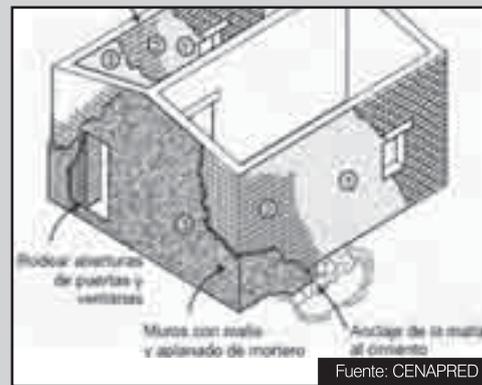


Sistemas de amarres en techos

- El reforzamiento de las uniones (esquinas) y muros de las construcciones de adobe con mallas electrosoldadas³³, o mediante la colocación de placas metálicas en los ángulos entre las columnas y las vigas. En el Perú CERESIS fue la primera institución en aplicar estas mallas como reforzamiento de casas de adobe.

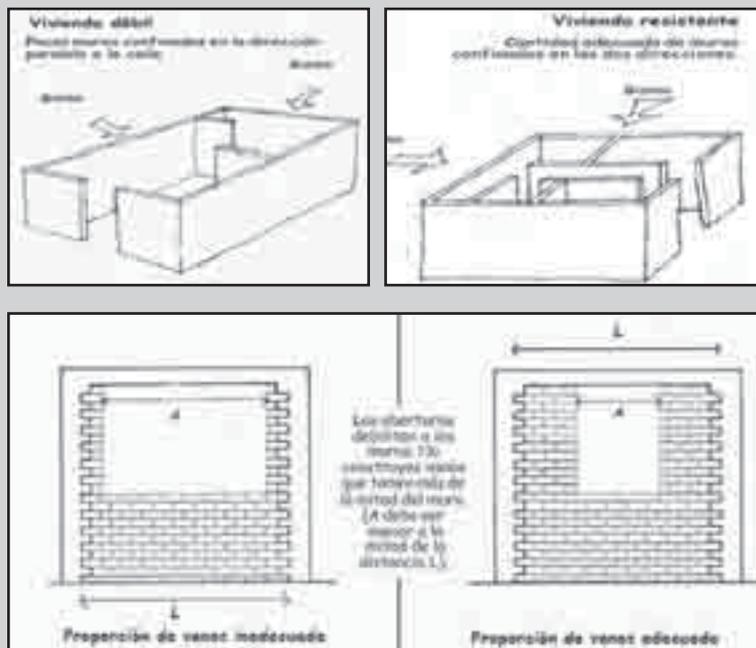


Diseño de malla electrosoldada



Refuerzo con malla electrosoldada

- El diseño de los compartimientos teniendo en cuenta la geometría más resistente y adecuada: altura de paredes³⁴ que no exceda el ancho de la habitación, muros simétricos, lozas bien proporcionadas, ubicación de los vanos³⁵ en el centro de las paredes evitando en lo posible que hayan muchas aberturas en los muros, muros del segundo piso justo sobre los del primer piso o construcciones de un solo piso en lugares con gran sismicidad o con muchas lluvias, etc.



Algunos criterios de diseño a considerar al construir

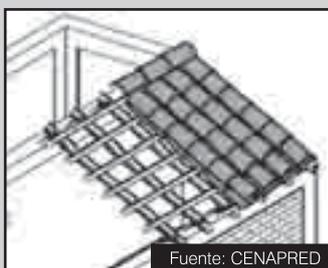
- La construcción adicional de un falso piso en suelos blandos o en zonas con gran humedad. Para ello se utilizan piedras chancadas medianas (15 - 20 cm). Sobre el falso piso irá el piso verdadero, hecho preferentemente de una mezcla de cemento-hormigón (1:10). Si se pretende usar una mezcla de cemento-arena gruesa (1:5) para el piso, el grosor del falso piso deberá ser mayor (7,5 cm aprox.) y se pone otra capa de cemento-arena fina (1:2), de 2,5 cm de altura.
- La incisión de bruñas en el piso, cada 1,5 m, para evitar las rajaduras del mismo.
- La construcción de veredas altas y de altillos con piedras similares a las del falso piso o con maderas tratadas³⁶, para proteger las viviendas que se ubican en zonas lluviosas y/o cercanas a fuentes de agua.
- La impermeabilización de los muros mediante la incorporación de goma de tuna a los morteros de barro.



Fuente: www.prodiversitas.bioetica.org/tuna.htm

Planta de tuna (*Opuntia ficus*)

- La incorporación de cáscara de arroz en los morteros de planchas onduladas o planas, para darle una mejor consistencia al material (esto se ha probado incluso en la fabricación de ladrillos de cemento).
- El uso de piedra pómez en vez de arena, como agregado en la elaboración de las planchas onduladas de fibrocemento.
- El uso de tejas mejoradas³⁸ (menos pesadas o hechas de materiales más resistentes).



Fuente: CENAPRED

Colocación de tejas



Fuente: Soluciones Prácticas – ITDG

Teja de concreto

FUNCIONES

- De la quincha: darle a la construcción una gran solidez y a la vez flexibilidad para absorber la fuerza sísmica.
- De las paredes de adobe: dar confort térmico a la construcción, ya que durante el día su interior se mantiene fresco y durante la noche es abrigado.
- De los techos de caña: aislar el ambiente interno del clima exterior, manteniéndolo fresco.
- De las construcciones hechas con insumos locales, en general: lograr una arquitectura acorde con el paisaje y el clima, abaratar costos, fomentar la participación comunal en la construcción y la replicabilidad.
- Del subcimiento: darle dureza al suelo sobre el cual se construye.
- Del cimientto: darle estabilidad, unidad y estructura compacta a la vivienda.
- Del sobrecimiento: proteger a la pared de la humedad del suelo o de la lluvia.



Fuente: M. Blondet (PUCP y SENCICO), 2005

- De la viga collar: amarrar todas las paredes, y darle soporte al techo.
- De las veredas altas: proteger la casa de la humedad externa y de las inundaciones.
- De la malla electrosoldada en construcciones de adobe: evitar la pérdida de rigidez lateral que ocurre cuando las estructuras se agrietan y demorar el colapso de las mismas para permitir la evacuación.
- De la goma de tuna: otorgar estabilidad, durabilidad e impermeabilidad contra la humedad y erosión de la lluvia. Puede alargar la vida de las construcciones hasta 3 veces, sobre todo si el revestimiento es interno y externo (Molina, 2004).

- De las fibras vegetales en general: evitar fisuras por contracción durante el secado y dar a la construcción una mayor resistencia a la tensión.
- De la fibra de cabuya: absorber humedad³⁹.
- De la fibra de yute: absorber humedad⁴⁰, aumentar la resistencia⁴¹ de la matriz⁴², su elasticidad⁴³, y reducir el peso de la mezcla (en más del 5%).
- De la piedra pómez: hacer que las planchas de fibrocemento y los morteros, sean menos pesados (aprox. 31% menos).

VARIACIONES

- En lugares donde la variación de temperaturas es extrema se requiere adicionar a las construcciones algunos sistemas especiales de calefacción o de refrigeración. Por ejemplo:
 - Se coloca tambores, latas, botellas, tubos o tanques con agua cerca de las paredes, para que actúen como refrigerantes y controlen la temperatura.
 - Se utiliza paneles solares en las partes altas de las construcciones, o acumuladores detrás de algunos vidrios orientados hacia la dirección de máxima radiación solar en la zona, de tal modo que se reserve energía para los momentos fríos del día.
 - Se ubica adecuadamente las ventanas y demás aberturas para aislar la casa y protegerla del frío extremo, y al mismo tiempo para asegurar una buena ventilación. La máxima superficie de ventanas de las casas debe ser 12-15%.
 - Se coloca tubos en serpentín en el suelo⁴⁵ de toda la vivienda, por los que se hace circular agua tibia (aprox. 30°), lo que mantiene estable la temperatura en la casa, sobre todo en invierno. El agua puede ser calentada con energía solar, energía convencional u otras. El agua puede refrigerarse durante la noche.
 - Instalar áreas verdes y cercos de vegetación cerca de las viviendas, no sólo como protección sino para crear un microclima más fresco y moderado.
 - Se utiliza aislantes en el lado exterior de las paredes para que retengan más calor durante el día y lo irradian en la noche. Estos aislantes serán particularmente útiles si las paredes internas son huecas.

EJEMPLOS

- En República Dominicana y otros países del Caribe el grupo Sofonías utiliza técnicas mostradas en esta ficha combinándolas con la tecnología de "Calicanto", que utiliza piedras de tamaño mediano y grande en un mortero de cemento y cal, encofrado con metal y madera; además ha promovido la construcción de tejados de microconcreto; las viviendas construidas han soportado terremotos y huracanes. Por ejemplo, en el vecindario de Trenchtown, en Jamaica, una casa construida con estos materiales fue la única que resistió el huracán Gilbert y se utilizó de refugio. Similar situación se ha presentado en Nicaragua y Cuba, con los huracanes Lily y Georges, respectivamente.
- Después del terremoto de 1976 en Guatemala se realizó un proceso de reconstrucción con adobe mejorado, en base a los estudios realizados por Naciones Unidas en el Perú luego del terremoto de 1970. Se controló el tamaño y forma de los adobes, la cimentación, el afianzamiento de las esquinas y se utilizó vigas de concreto. Inicialmente construyeron 150 casas de manera participativa en 30 poblados y luego los albañiles capacitados replicaron sus conocimientos en otras aldeas. Las viviendas construidas resistieron los sismos siguientes.
- En el Perú, instituciones como la UNI, PUCP, SENCICO, UNALM, AID, CERESIS, PNUD, FONCODES, etc., han venido realizando estudios demostrativos y proyectos piloto de tecnologías alternativas⁴⁶ para construcción de viviendas mejoradas. Como resultado de las investigaciones, el Reglamento Nacional de Construcciones viene incorporando normas técnicas para el diseño y construcción con madera, hormigón, ladrillos, bloques, adobe mejorado, quincha prefabricada, etc.
- Fue a partir del sismo de 1991 en Moyobamba, que la intervención de las ONG y de algunos organismos de cooperación internacional incrementó los procesos de reconstrucción y se empezó a probar la viabilidad social y económica de las tecnologías. Lo que resalta de este proceso es que es implementado con la participación directa de los beneficiarios. Por ejemplo, Soluciones Prácticas-ITDG ha aplicado adobe mejorado, quincha mejorada y bloquetas en Tacna, San Martín y Moquegua; PREDES y MPDL han trabajado con adobe reforzado y quincha mejorada en el sur del país. Las casas han resistido sismos posteriores y han dado confort y seguridad a los pobladores.
- En Japón, Java y Malasia se suele construir casas similares a las de quincha pero con caña de bambú revestido. La resistencia del bambú se debe a que tiene tabiques transversales y nudos rígidos en su estructura. Una de sus ventajas adicionales es que para trabajarlo no se requiere maquinaria costosa.

A TOMAR EN CUENTA

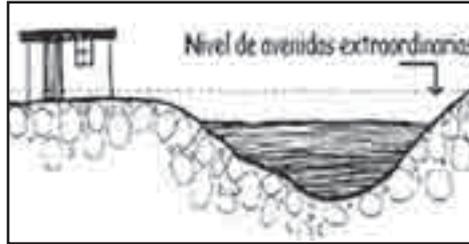
● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- En la fase previa a la construcción, es importante asegurar que los suelos y cimientos sean resistentes, de gran capacidad portante, y que no sean susceptibles a la vibración. Por eso, no se debe construir en terrazas inestables, en laderas de gran pendiente, sobre suelos blandos y/o húmedos, ni sobre suelos orgánicos (negros). El mejor suelo para construir es rocoso, compacto, seco y alejado de fuentes de humedad.
- Para definir el diseño de la vivienda, debe tenerse en cuenta también las necesidades específicas de la población, costumbres, área disponible, pendiente, número de personas, usos diferenciados de los ambientes, etc.

Construcciones mal ubicadas. Fuente: M. Blondet (PUCP y SENCICO), 2005.



En el cauce de una quebrada estacional, y en una ladera con suelo inconsistente



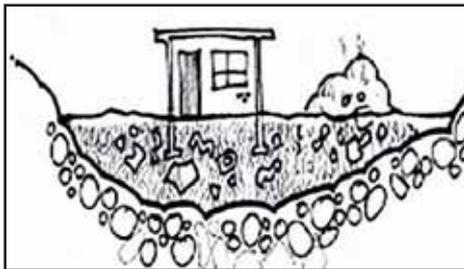
En planicies de inundación



Sobre rellenos mal compactados



Sobre cauces o acequias



Sobre rellenos sanitarios, botaderos o zonas de desmonte



En terrenos donde el agua subterránea llega hasta la superficie



En zonas de derrumbes

- Si no hay alternativa, alejarse al menos 3 m de las laderas, y 10 m de los precipicios; se debe colocar muros de contención en los alrededores de la vivienda para protegerla de los deslizamientos.



Vivienda de quincha mejorada en la selva peruana Soluciones Prácticas – ITDG



Módulo de quincha mejorada en construcción Fuente: PREDES



Construcción con materiales de caña Fuente: V. Ventocilla. 2006



Construcción de madera con techo de tejas Fuente: V. Ventocilla. 2006

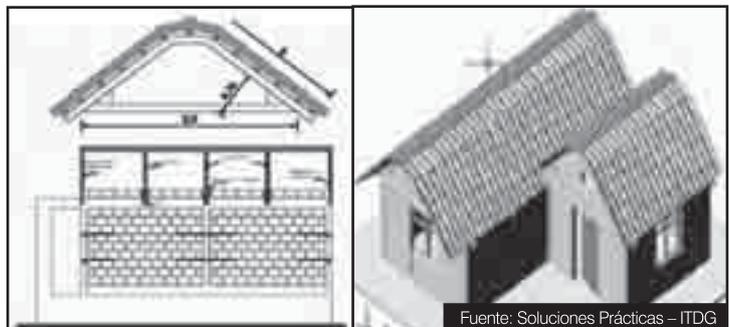


Construcción de madera prefabricada Fuente: www.pisosgalicia.com

- Las maderas más duras y resistentes suelen ser oscuras y de peso mediano, por ejemplo: tornillo, copaiba, huacapú, urcomoena, etc.
- Cuando se extrae madera se debe evitar dañar los bosques en crecimiento y las zonas de protección.



Construcción de casa de tapial Fuente: www.rinconesdelatlantico.com



Construcción de bloquetas, con mojinete³ Fuente: Soluciones Prácticas – ITDG

Si los suelos tienen sales o el nivel freático es alto, es mejor usar cemento Portland⁴ Tipo V en los pisos. Además, para neutralizar la humedad que llega hasta las paredes puede usarse una mezcla de cal-cemento-hormigón o de cal-cemento-arena en la proporción 0,1:1:10. Las maderas también pueden ser protegidas con un baño previo de brea y alquitrán.

- Hay que tener en cuenta si el tipo de agua usada en los procesos constructivos es dura⁵ o blanda⁶, ya que ello puede influir en la durabilidad de los materiales.
- El mantenimiento amplía el tiempo de vida de las construcciones y consiste principalmente en protegerlas de:

1) los insectos, revistiendo por ejemplo con barro, yeso o brea. Además, cada cierto tiempo se puede echar petróleo con una jeringa a las maderas, teniendo en cuenta las precauciones contra incendios.

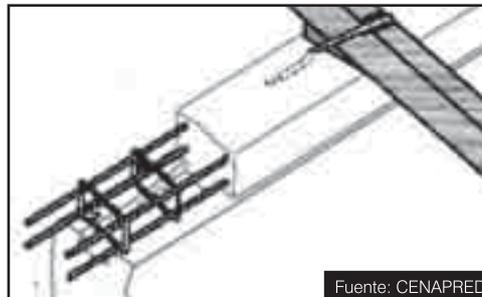
2) la humedad, que puede abrir grietas en la estructura. Para cubrirlas se puede volver a pañetar. Además, se puede poner un revoque impermeable y agregar barniz o pintura anticorrosiva al menos una vez al año.



Fuente: PREDES

Protegiendo la estructura con brea

- La orientación del techo se determina en función a la dirección y velocidad del viento. El tipo de material dependerá del clima de la zona y de los recursos disponibles.
- En zonas de vientos es recomendable amarrar las viguetas a la viga solera.



Fuente: CENAPRED

Amarre de vigueta a viga solera

Otras recomendaciones para zonas de vientos fuertes



Fuente: ITDG, 1999

- La zona del baño, letrinas y de la cocina, deben mantenerse lo más alejadas posible de los dormitorios.
- En zonas rurales se debe crear un espacio separado para las áreas sociales y para la crianza de animales.

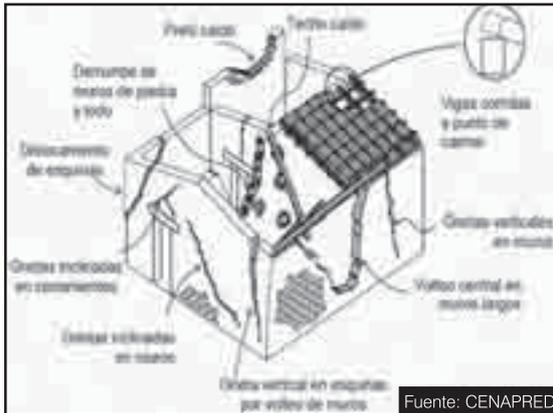
● **ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO**

- Elaborar adobe para las construcciones demanda un tiempo que debe ser tomado en cuenta.
- La construcción de viviendas de madera demora fundamentalmente por 3 razones:

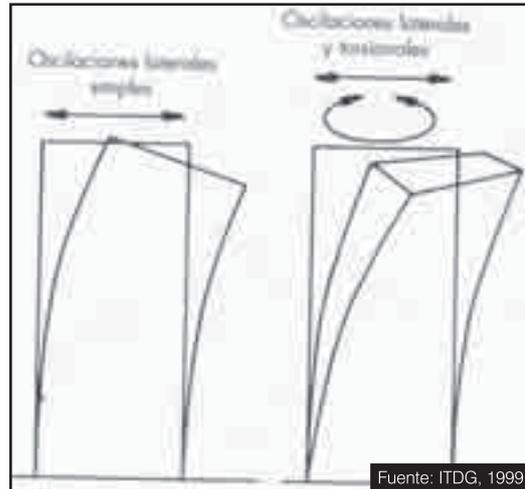
1. La distancia a la fuente de madera, la capacidad de transporte y los permisos de extracción.

2. Preparación de la madera: aserrado, curado y secado.

3. Por la construcción en sí misma.



Daños comunes en vivienda rural



Oscilaciones laterales y torsionales que pueden ocurrir en edificaciones altas durante sismos



Tejas de microconcreto



Construcción típica en Zimbabwe



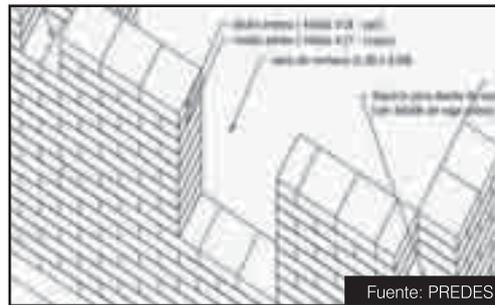
Construcción con altillo en selva alta



Casa con altillo de material de desecho

● COSTOS

- Los costos de las viviendas de adobe mejorado son muy bajos donde existe tierra adecuada. Según PREDES (2002), el uso de malla electrosoldada para mejorar la resistencia ante sismos supone un aumento en su costo de \$60,14.



Fuente: PREDES

Espacios para la colocación de la viga collar

- La quincha suele ser más barata que el adobe. El módulo de quincha mejorada de 24 m² que PREDES construyó en el sur de Perú, costó \$1.090 en el 2001, incluyendo materiales y mano de obra calificada.
- Según Soluciones Prácticas – ITDG, en el 2003, el costo mínimo de las viviendas de 53 m² eran: de quincha mejorada \$1.590, de adobe mejorado \$1.930, y de bloquetas \$1.575. Sin embargo, esto varía según la disponibilidad de insumos, el diseño arquitectónico, el costo de la mano de obra y el tipo de suelo.
- Según Dañobeytia (2002), en la selva del Perú, para la construcción de una casa de madera de 32 m² se requiere aproximadamente 18 árboles, los cuales, dependiendo de la región y la época del año, pueden significar un alto costo económico y ecológico.
- Las casas con aislamiento y diseño térmico, son aproximadamente 20% más caras durante la construcción, pero pueden ahorrar hasta 80% de los costos fijos por calefacción, refrigeración e iluminación.

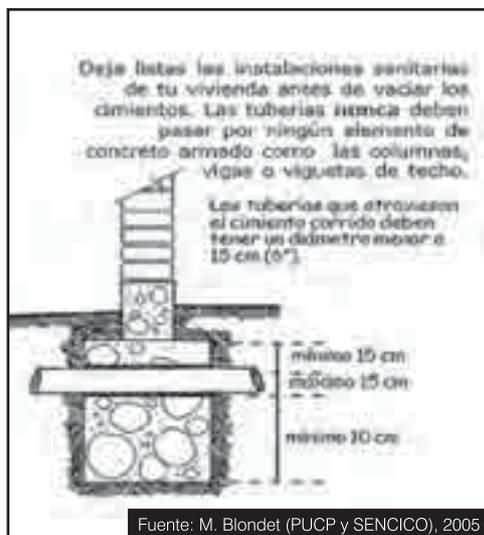
● ALCANCES

- Las construcciones de quincha, madera y afines son muy prácticas para zonas inundables y regiones cálidas.
- La mayor parte de viviendas requieren mano de obra intensiva para construcción sólo por unos días, lo cual favorece su aplicación en comunidades organizadas.
- Se requiere tener conocimientos previos de construcción y/o algún nivel de asesoría para realizar bien cada etapa.

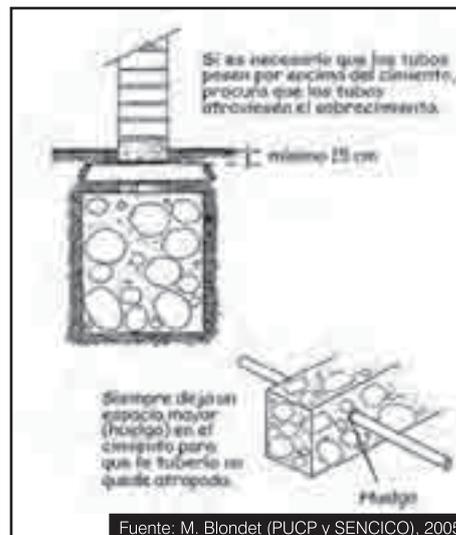
● LIMITACIONES

- La elaboración, traslado y construcción de los adobes requiere planificación en tiempo y fuerza.
- La concepción errónea de que una casa de material noble es más segura hace que algunas personas no valoren las viviendas de materiales locales.
- La caña es susceptible a picarse si está expuesta y/o no ha sido tratada con brea o alquitrán.
- En zonas húmedas los clavos y compuestos metálicos pueden corroerse, afectando la construcción.

Instalaciones sanitarias



Fuente: M. Blondet (PUCP y SENCICO), 2005



Fuente: M. Blondet (PUCP y SENCICO), 2005

- ¹ Por ejemplo, las construcciones de adobe no deben realizarse en suelos con capacidad portante menor a 1,5 Kg/cm².
- ² Los suelos blandos o susceptibles a la licuefacción, en caso de sismos, pueden provocar una oscilación excesiva de la construcción (sobre todo en pisos altos).
- ³ El mojinete es un tipo de techo en forma de una pirámide truncada.
- ⁴ El cemento Portland es el tipo de cemento más utilizado como ligante para la preparación de concreto.
- ⁵ Agua dura es aquella que contiene un alto nivel de compuestos minerales, en particular sales de magnesio y calcio. El grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas.
- ⁶ Agua blanda es aquella que tiene un bajo contenido de minerales.
- ⁷ Se le añaden trozos de paja de unos 5 a 10 cm de largo en una proporción de 1 de paja por 5 de barro. Este componente evita o disminuye la tendencia del barro a rajarse. Además, evita que los adobes se contraigan luego del secado. El contenido de paja de los adobes no debe ser mayor a 1% del peso del suelo seco. La paja puede ser, por ejemplo, de arroz, cebada y en el mejor de los casos, de ichu.
- ⁸ Barro = tierra + agua. Para saber si el barro está constituido por un suelo adecuado, se pueden hacer las siguientes pruebas:
- Prueba de las bolitas: Hacer bolitas de tierra con los dedos, dejarlas secar 24 horas y si luego se agrietan, desecharlas.
 - Prueba del enrollado: Formar rollitos de tierra frotándola con ambas manos, si el rollito se rompe antes de tener 5 cm de largo la tierra no es apta, y si es demasiado largo, más de 15 cm, es suelo demasiado arcilloso y tampoco sirve.
- ⁹ Sin piedras ni restos de basura o vegetales. En todas las construcciones que utilizan suelo, éste debe ser cernido cuidadosamente con mallas de ¼" y de ½", por lo menos.
- ¹⁰ La arena constituye el esqueleto del conjunto y la arcilla la masa "cementante" que une las partículas de la arena entre sí. Tanto la arena como la arcilla deben estar en la proporción adecuada. En teoría, la arcilla debe estar entre el 10 y el 20%, y la arena ha de estar entre el 55 y el 70% de la masa total. Si hay demasiada arcilla, el adobe al secarse se rajaría en exceso. Con poca arcilla, la mezcla no contaría con la suficiente resistencia. Por su parte, las mezclas demasiado arenosas se descomponen con facilidad al no tener nada que una las partículas entre sí.
- ¹¹ En muchos casos el amasado y preparación del barro se hace con los pies descalzos, para poder batirlo de manera uniforme y lograr la textura y plasticidad deseada.
- ¹² Un sencillo sistema para comprobar si la cantidad de agua es adecuada consiste en hacer una bolita con la mezcla de barro ya humedecida. La bolita ha de ser de 4 a 5 cm de diámetro. Una vez preparada se deja caer a una altura de 2 m sobre el suelo. Cuando la bola impacte en el suelo puede ocurrir tres cosas:
- Si la bola se rompe en muchos pedacitos pequeños, la mezcla contiene poca agua.
 - Si la bola no se fractura en ningún trozo, la mezcla posee demasiada agua.
 - Si la bola se rompe en dos o tres trozos grandes, la mezcla presenta una cantidad óptima de agua.
- ¹³ Antes de construir se debe excavar aproximadamente 1,5 m para observar las características del terreno. Lo ideal es llegar a encontrar suelo duro o roca madre. Si esto no se encuentra, se construye un subcimiento que deberá estar a por lo menos 1,2 m de profundidad. Según recomendaciones de PREDES, el subcimiento ha de ser de piedras angulosas y barro compactado de 0,6 m de profundidad mínima y 1,2 m de profundidad máxima debajo del cimiento. Incluyendo el cimiento, la profundidad total máxima de la construcción bajo suelo puede ser de 1,8 m.
- ¹⁴ Toda cimentación debe estar sobre suelo firme, no sobre rellenos causados por nivelaciones previas de terreno. La zanja de cimentación debe ser humedecida antes de su llenado para que el terreno no absorba agua de la mezcla de concreto. El reglamento peruano de construcciones indica que el cimiento debe ser una mezcla de cemento y hormigón en una proporción de 1:10 + 30% de piedra grande.
- ¹⁵ El 75% del sobrecimiento es una mezcla de cemento y hormigón en proporción de 1:8, y el 25% restante es de piedras medianas. Además, debe tener una altura mínima de 30 cm y un ancho de 40 cm.
- ¹⁶ La pared se construye hasta 2,1 m de altura (que usualmente es el nivel del piso terminado), entonces se dejan vacíos todos los encuentros de las esquinas y los cruces en T de las paredes para anclar allí la viga collar. Esta debe estar a un nivel superior.
- ¹⁷ Es una viga que le da resistencia a la construcción. Generalmente es de concreto armado y está constituida por fierros gruesos (3/8") con estribos de alambre N° 8 cada 25 cm. También puede ser de madera.
- ¹⁸ La malla puede ser de ¾" y puede ser fijada con chapas y clavos cada 25 cm o con conectores de alambre N° 8. La cubierta de cemento-arena para la malla debe estar en proporción 1:4 y la cubierta del muro deberá ser de cemento-arena en proporción 1:5.
- ¹⁹ En construcciones de adobe dependiendo del clima de la zona, el techo puede ser a dos aguas y tener una pendiente de 15% en promedio. Para lograr esta pendiente se construyen tímpanos, es decir, se prolongan las paredes de un lado de la construcción para que exista un desnivel entre éstas y el resto de paredes.
- ²⁰ Las conexiones de agua y desagüe deben pasar por las áreas libres del lote.
- ²¹ El pañeteo es una operación que se realiza antes del tarrajeo. Implica mojar las paredes y arrojarles con fuerza una mezcla de cemento y arena gruesa (1:4). No sólo se realiza en construcciones de adobe sino también en tapial, concreto y quincha. Cuando la parte superficial del adobe (u otro material) es áspera facilita la adherencia del barro.
- ²² Con una mezcla de cemento y arena fina (1:4), o con una capa de barro revestida con arena, para darle el acabado final.
- ²³ La palabra viene del idioma quechua y quiere decir "cerca de palos". Fue muy utilizada durante la colonización española en América, pero recién desde la década de los años 80 se ha investigado más con el fin de mejorar su resistencia y durabilidad.
- ²⁴ Se utiliza diferentes tipos y tamaños de caña. Algunas variedades usadas son: el carrizo (*Chasquea spp.*), la caña brava (*Gynesium sagitarium*), la guadúa, el bambú y la caña de Guayaquil (*Guadua angustifolia*).
- ²⁵ En el 2002, PREDES indicó que para una vivienda rural de quincha, de 24 m², la cimentación debe tener aproximadamente 1,5 m de profundidad y las siguientes características:
- Subcimiento de concreto pobre (1:12), de 20 cm de espesor.
 - Cimiento de concreto simple o armado (si el suelo es inconsistente) de 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, con resistencia de 175 Kg/cm².
 - Sobrecimiento de 10 cm de ancho y 30 cm de alto, de concreto simple mezclado con agregados (piedra chica en 25% y hormigón en 75%) en proporción 1:8.
- ²⁶ Las cañas se colocan transversalmente a las viguetas, y se tejen sobre un bastidor de madera constituido por columnas parantes, viga solera y travesaños y cubierta de barro, que va desde el sobrecimiento hasta los 2,4 m.
- ²⁷ El tipo de carrizo usado para la construcción dependerá de la zona, pero de preferencia no debe tener un diámetro mayor a ¾".
- ²⁸ En zonas lluviosas el ángulo del techo debe ser mayor a 45° para permitir una efectiva evacuación del agua. Entre más alto e inclinado se encuentre el techo, más frescas estarán las partes bajas de la vivienda, ya que el aire caliente tenderá a subir mientras el aire frío se precipita, produciéndose un efecto tipo chimenea.
- ²⁹ El espesor de las paredes no debe ser menor a 40 cm por razones de estabilidad, especialmente si son exteriores. En paredes interiores, y en casos extremos, se puede aceptar espesores mínimos de 25 cm.
- ³⁰ Puede tratarse de colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, etc.
- ³¹ El ladrillo es un producto cerámico basado en la cocción de piezas de arcilla, en un horno.
- ³² Lisas u onduladas.
- ³³ CERESIS y la PUCP propusieron el refuerzo de las uniones de las construcciones de adobe mediante mallas electrosoldadas. Una malla se incrusta en la pared exterior y otra en la interior, luego dichas mallas se conectan con alambre N° 8 y son tarrajeadas con mortero de cemento (1:4). La estructura resultante asemeja una viga o columna.
- ³⁴ El largo de la vivienda no debe ser mayor a 3 veces el ancho.
- ³⁵ Los espacios que se dejan en las paredes para poner puertas y ventanas se llaman vanos.

- ³⁶ En viviendas con altillo los durmientes son de maderas resistentes a la humedad y han sido tratadas previamente con un baño de brea o alquitrán. Además, se ubican transversalmente al suelo, como soportes. El piso de los altillos se hace del tallo de las palmeras y puede estar incluso a 50 cm de altura, sobre unos pequeños pilotes o tucos, a manera de entarimado.
- ³⁷ La goma de tuna (*Opuntia ficus*) es producto del remojo de de las pencas en agua. El tiempo de remojo depende de la temperatura, humedad, tamaño de corte y edad de la penca. Según Vargas Neumann, la preparación de la goma tiene los siguientes pasos: a) extracción y recolección de pencas de 3 a 6 años de edad que no tengan más de 3 meses de almacenamiento; b) lavado y extracción de espinas; c) corte de pencas en cubos de 2 cm; d) remojo de las pencas en agua, proporción 1:1, respecto al peso de las pencas; y e) separación de los residuos sólidos utilizando un tamiz de 2 mm. En general, la goma está lista cuando logra su máxima viscosidad, cuando se forma una mezcla pegajosa que si es presionada con los dedos se deshace completamente y si es estirada, forma una columna de 5-10 cm sin romperse. Antes de revestir la pared con goma se debe limpiar el polvo y luego se debe dejar secar 7 días. A diferencia de los morteros de cal y cemento, los que tienen goma de tuna son flexibles, plásticos, tienen adherencia, difusión térmica, transpiran, etc. Al menos el 20% en peso del mortero debe ser de goma para que ésta sea efectiva.
- ³⁸ Un ejemplo de tejas mejoradas, son aquellas de microconcreto. Son tejas livianas de 10 mm de grosor, que está hecha de arenas graduadas y concreto.
- ³⁹ Absorbe aproximadamente 144% en peso, de humedad. Por lo tanto, cuando se agrega esta fibra a la mezcla, el material soporta el contacto con el agua por más de 48 horas sin producir goteras.
- ⁴⁰ Absorbe aproximadamente el 137% en peso, de humedad. Por lo tanto, cuando se agrega esta fibra a la mezcla, el material soporta el contacto con el agua por más de 48 horas sin producir goteras.
- ⁴¹ Aproximadamente en 35%.
- ⁴² Sobretudo en el caso de matrices de yeso-cal-arena (2:3:1).
- ⁴³ Aproximadamente en 20%.
- ⁴⁴ A su vez, detrás de los vidrios, se recomienda que la pared sea negra para que acumule más calor.
- ⁴⁵ Estos tubos estarán sobre una capa de material aislante y justo debajo de las losetas, o entre el cemento.
- ⁴⁶ No sólo se ha investigado los materiales y la resistencia de las estructuras, sino algunas adecuaciones como la utilización de vidrios y paneles pasivos en los muros, para controlar los efectos perjudiciales de las heladas y asegurar el confort térmico en las construcciones.

Se trata de una serie de estrategias y técnicas para evitar la colmatación de cauces, controlar los flujos de agua y lodo, así como para favorecer la protección de las áreas aledañas a los cauces de ríos y quebradas, principalmente frente a la socavación continua y las crecientes eventualidades que provocan inundaciones y flujos de barro.



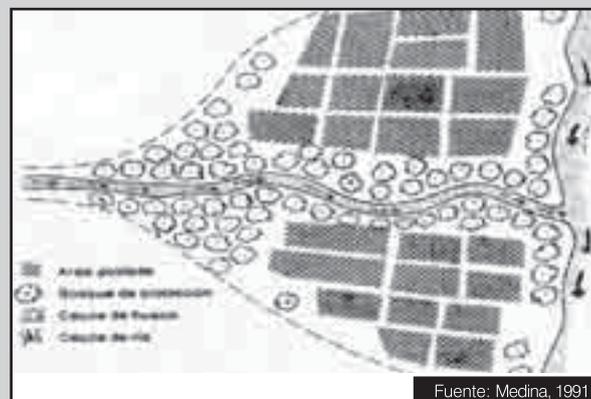
Fuente: PERPEC

Dique con espigón transversal² en el río Tumbes (Perú)

CARACTERÍSTICAS

Las **defensas ribereñas** usualmente están asociadas a obras o estrategias de control de cauces. Algunas de las técnicas más utilizadas son las siguientes:

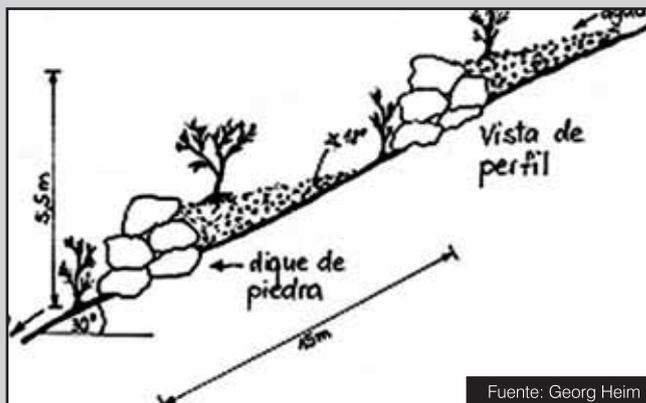
- Las **barreras ribereñas vivas**, que son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso que se siembran en los bordes de los cauces. La distancia entre plantas depende de la pendiente y de la especie escogida. Estas barreras actúan como una pared o colador y retienen la mayor parte del suelo agrícola así como la materia orgánica arrastrada por el agua de lluvia. Son barreras mixtas que combinan elementos vegetales con estructuras.



Fuente: Medina, 1991

Esquema de barreras vivas protegiendo las riberas de un río

- Los **diques**, que son estructuras de retención, de complejidad variable. Constan de un soporte, un núcleo impermeable y drenes de pie para minimizar el riesgo de rupturas. Pueden estar hechos de cantos rodados, piedras a modo de pircas, sacos de arena reforzados con champas³, ramas, pajas con estacas o de otros materiales.

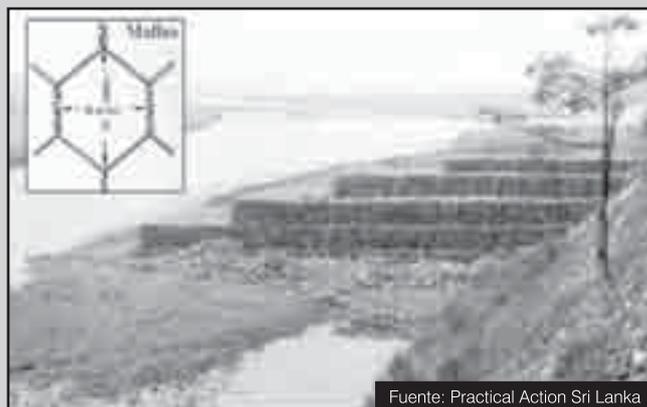


Fuente: Georg Heim

Vista de perfil de diques de piedras protegidos con vegetación

Se clasifican del siguiente modo:

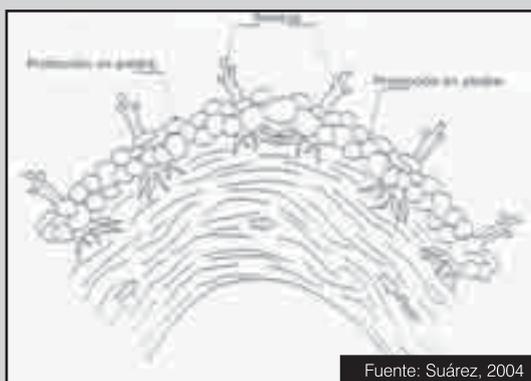
- **Gaviones**, o diques enmallados con alambre galvanizado o electrosoldado, que hacen más resistente la estructura de piedra. Son muy utilizados e incluso cuentan con un software que facilita su diseño (ej.: Maccaferri).



Fuente: Practical Action Sri Lanka

Gavión en Sri Lanka

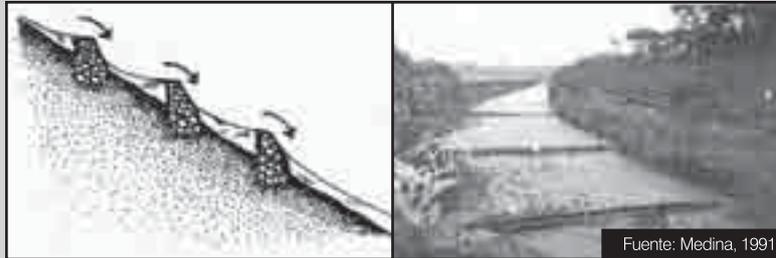
- **Diques de tierra**. Son amontonamientos de tierra y de material de protección que se ubican en las riberas de los cuerpos de agua. Generalmente de forma piramidal y con bolsas de arena en la parte superior.
- **Espigones**. Son diques conformados por capas de diferentes materiales, incluyendo vegetales, que actúan como filtros lentos de sedimentos y de agua.



Fuente: Suárez, 2004

Vista de planta. Espigones que utilizan troncos

- Los **disipadores de la energía del flujo**, que controlan la velocidad y el caudal de las corrientes. Pueden ser:
 - **Saltos hidráulicos**, o conjunto de pequeños muros de contención que se ubican transversalmente al cauce en los tramos donde éste no es profundo, de modo que evitan desbordes. Dichos muros pueden ser de piedra, gaviones de concreto ciclópeo o semejantes. Fundamentalmente deben contar con una profunda cimentación que resista el empuje del flujo y la socavación.



Muros bajos conformando saltos hidráulicos en el cauce de un río

- **Muros de contención en zig-zag**, se construyen transversalmente al cauce, en zonas donde los taludes son altos. Retardan el flujo y favorecen la sedimentación.



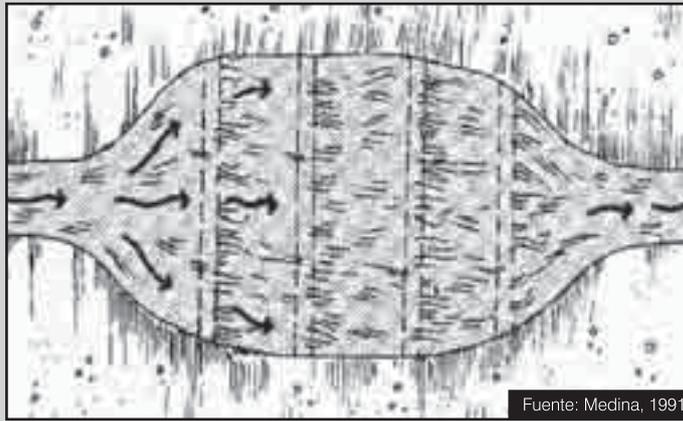
Esquema de muros en zig-zag

- **Vertederos**, es decir, estructuras que permiten el paso controlado del agua.



Vertederos en Piedra del Toro (Bajo Piura- Perú)

- Las **depressiones artificiales** y pozas de sedimentación, son embalses pequeños que interceptan y recolectan la escorrentía antes que llegue a los cauces, además de favorecer la sedimentación en tramos ensanchados de los cauces.



Fuente: Medina, 1991

Esquema de un ensanchamiento de cauce formando una poza de sedimentación

- Los **drenes y cauces de alivio** son conductos que desvían las aguas fuera de los centros urbanos o de las áreas a proteger y la devuelven al río aguas abajo. En algunos casos desembocan en zonas de sedimentación para no causar trastornos directos en la dinámica del río.



Fuente: V. Ventocilla, 2006

Cauces de alivio en Piura - Perú

- Las **canalizaciones de los flujos**, que consisten en el establecimiento de cauces regulares, con la capacidad de evacuar sin dificultad los flujos de barro eventuales.



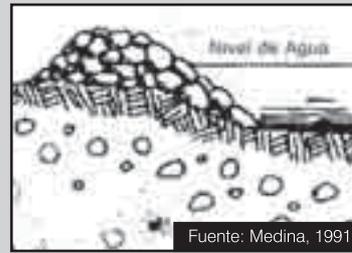
Fuente: Rivera, 2006

Canalización de un cauce

- Los **terraplenes, pedraplenes y enrocados** son estructuras que se construyen en los bordes del cauce para elevar la altura de las riberas y hacerlas más resistentes a la socavación. Los primeros pueden ser de materiales arcillo-arenosos y grava de río, así que necesitan ser protegidos de la humedad con una escollera⁴. Los otros dos combinan piedras o rocas con materiales finos, y suelen colocarse antes y después de los diques.



Terraplén



Pedraplén



Socavación de las defensas ribereñas del río Tumbes (Perú)



Enrocado en Arequipa (Perú)

- Las **presas**. Básicamente son muros gruesos que se construyen a través de los cauces (en los cursos medios y superiores) con el fin de atenuar el efecto de las crecidas, regular el caudal y aprovechar mejor el agua. Se mantienen con nivel bajo durante la temporada de lluvias para almacenar el máximo posible de agua, que será utilizada en temporada seca.

Cuentan con un aliviadero por donde rebosa el embalse⁵ cuando se llena. Además, con tomas para extraer agua y una descarga de fondo que constituye el caudal ecológico⁶. Tienen también pasos que permiten la migración de peces y en algunos casos, esclusas para permitir el paso de embarcaciones. Las presas pueden ser de dimensiones diversas, y estar constituidas por una variedad de materiales. Las más comunes son las de hormigón y las de tierra.

FUNCIÓN

Las **defensas ribereñas**, en general, son estructuras que retienen agua y sedimentos. En algunos casos hasta dirigen la corriente en una nueva dirección, desviándola para que su fuerza no afecte la zona a proteger. Contribuyen a regular los flujos de agua y de lodo, y además contienen caudales extremos. Esto implica que ayudan a prevenir los desbordes y por tanto protegen a la población asentada en las terrazas de inundación y a las actividades productivas que se realizan en ellas. También permiten estabilizar taludes ribereños y al reducir la velocidad del agua de escorrentía, evitan la erosión.

Específicamente, las **barreras vivas o mixtas** permiten atrapar los sedimentos que son arrastrados por el agua que escurre sobre la superficie del suelo. Además, contienen el avance de la socavación del cauce y atrapan partículas desprendidas por la erosión eólica.

Los **diques** tienen la función de regular la energía y velocidad de los flujos de agua y lodo, así como de retener las piedras y el material viscoso que trae la corriente, dejando pasar sólo el agua para favorecer la sedimentación de las partículas en suspensión.

Los **disipadores de energía** reducen la velocidad de los flujos hasta un nivel que no es crítico. Ya sea por las caídas consecutivas o por el impacto del choque con los muros, permiten controlar los caudales en zonas empinadas y reducir la socavación. También pueden aumentar o mantener constante el nivel del agua para permitir la vida de algunas especies o la realización de actividades productivas.

Las **depressiones y cauces de alivio** se construyen para reducir la velocidad del agua y los caudales pico que ocasionan erosión, desbordes e inundaciones. Las pozas, depressiones y ensanchamientos permiten, además, atrapar los sedimentos que lleva la corriente (especialmente en la época de lluvias) y recargar los acuíferos. Los cauces de alivio suelen estar conectados a los anteriores.

Por su parte, las **canalizaciones y entubados** tienen la función de encajonar el flujo de agua para hacer que éste sea más rápido o que su calidad no se altere durante el recorrido. Suelen utilizarse para proteger centros poblados e infraestructura importante como hidroeléctricas, carreteras, puentes, etc.

VARIACIONES

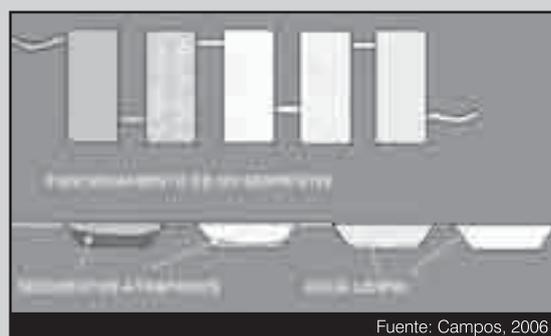
- Las riberas de los mares, lagos o lagunas pueden protegerse por medio de estructuras y técnicas similares. Por ejemplo, en las zonas de muelles y embarcaderos se puede utilizar los rompeolas⁷, que básicamente son variaciones de los diques antes mencionados. Su función es reducir la energía del oleaje, contener marejadas y evitar la formación de estuarios⁸ indeseados.



Sistemas rompeolas en lagos de Alemania.

En lagunas también se utiliza canales de derivación y túneles para dirigir el agua excedente hacia reservorios o áreas de riego predeterminadas y de esta manera reducir los riesgos.

- Cuando los cauces traen demasiados sedimentos o barro, debido a una acelerada pérdida de suelo en las zonas altas de la cuenca, se puede construir canales de derivación que conduzcan el flujo hacia pozas o serpentines de sedimentación, donde incluso se puede establecer un pequeño sistema de tratamiento del agua o se puede agregar floculantes para acelerar el proceso. De esta manera se mejora la calidad física del agua.



Funcionamiento de un serpentin

EJEMPLOS

- PREDES ha trabajado en la quebrada Pedregal en Chosica, Lima (Perú), donde se presentaban inundaciones y deslizamientos frecuentemente. La población estaba asentada en una ladera y en condiciones altamente vulnerables; por ser inviable su traslado, se implementó una serie de medidas estructurales y no estructurales integradas; por ejemplo, construcción de terrazas, canalización de torrenteras, reforestación para estabilizar taludes y un sistema de diques reguladores de cárcavas.



Limpieza de diques en Chosica

Los cauces estacionales que pasan por el centro poblado han sido encauzados con concreto y se han construido defensas ribereñas en sus márgenes de modo que en época de lluvias la escorrentía y los flujos de agua y lodo descienden por la canalización.

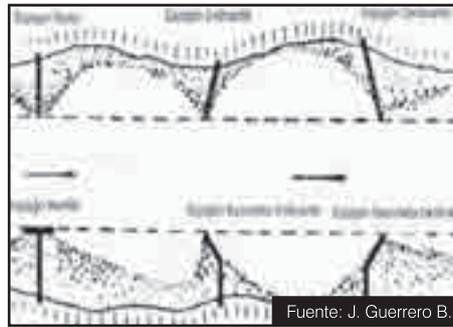
- En Morropón (Piura, Perú), la Cooperación Técnica Alemana ha impulsado la realización de una serie de actividades de protección de los cauces para la protección de la agricultura, especialmente durante eventos ENOS. Se ha construido diques, vertederos y canales guías en el tramo más vulnerable. Esto forma parte de la implementación del Plan de Contingencias del distrito y ha sido realizado con la participación activa de las asociaciones de productores. Está integrado además a un sistema de alerta temprana y se pretende complementar con el establecimiento de un área de protección municipal en la zona circundante.

Un aporte significativo fue la valoración económica de lo que perderían si no implementaran el conjunto de estrategias para gestionar los riesgos. Algunos resultados obtenidos se muestran a continuación, lo que en su momento permitió a los pobladores tomar mejores decisiones.

Valorización de pérdidas potenciales por no implementar estrategias de gestión de riesgos (Piura)

RIESGO/ IMPACTO	CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO Magnitud, S/.
Rotura de defensas ribereñas por aumento de caudal	19.461 ha afectadas, S/. 9'130.000
Erosión y colmatación de canales y drenes	27 canales afectados, S/. 630.000
Destrucción de bocatomas, obras de arte, puentes y caminos	4 Bocatomas deterioradas, S/. 105.000,00
Pérdida de áreas de cultivos por desbordamiento de ríos y quebradas, y por derrumbes.	87 Ha, S/. 429.250,00
Profundización de cotas en los lugares de captación.	S/. 10.000,00
Obstrucción de bocatomas y puentes por desbordamiento y derrumbes.	S/. 60.000,00

Fuente: CTAR Piura - GTZ. Tipo de cambio S/3,18 / \$1,00



Tipos de espigones

Para la protección de quebradas, hay que considerar la fuerza con que viene el torrente en temporada de lluvias y así determinar si es necesaria la implementación de diques, barreras de vegetación y/o todo un conjunto de medidas simultáneas.



Ribera socavada en Bangladesh, generando desplome del talud ribereño y ensanchando el cauce y llanura de inundación

- *La verificación y el mantenimiento deben realizarse periódicamente, en especial luego de la temporada de lluvias.*

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- *Muchos de estos sistemas pueden construirse con los recursos disponibles localmente: por ejemplo, cantos de rocas, champas, estacas, ramas vivas, etc.*
- *Si se decide optar por una técnica que requiera insumos externos (concreto armado, hormigón, alambres, etc.) se puede establecer un sistema de intercambio para la obtención de los mismos, o incluso un sistema de microcréditos.*
- *Generalmente son empresas y gobiernos (regionales o locales) quienes realizan las obras que requieren más maquinaria e inversión, sin embargo, existen sistemas con igual funcionalidad que pueden ser constituidos con abundante mano de obra local y menos gastos.*
- *El período que más tiempo requiere es el estudio técnico, y en algunos casos, la recopilación de datos para el diseño.*

● COSTOS

- *La inversión en limpieza y construcción de diques y cauces de alivio suele ser alta, por el empleo de maquinaria (tractores, volquetes, camiones, grúas) y personal técnico calificado.*
- *La selección de uno u otro sistema para el control de cauces debe hacerse sobre la base de una evaluación costo-beneficio.*
- *La restauración demanda gran cantidad de tiempo, trabajo y capital adicional, lo cual, en algunas ocasiones no se puede afrontar, por lo que es recomendable prevenir.*

● ALCANCES

- *Estas medidas deben implementarse localmente, sin perder de vista el enfoque de cuenca.*

LIMITACIONES

- *Cada técnica afecta la hidrología del área en cierto grado y puede tener impactos en el hábitat, la fauna y flora. En algunos lugares la inundación periódica de la zona baja es esencial para mantener la fertilidad de los terrenos de cultivo porque permite el depósito de limos fértiles y mantiene la humedad de los suelos. Con el control de cauces y el mejoramiento de la protección de las riberas, esto se altera.*

- La reducción de la frecuencia de inundaciones en una zona implica el transporte de sedimentos hacia zonas aguas abajo, donde puede que no existan áreas de rebose.
- Los arrecifes de coral en ríos y estuarios son altamente sensibles y frágiles ante los incrementos de sedimentación que pueden producirse por la implementación mal planificada de las técnicas mencionadas.
- Las zonas de desborde, de embalses y depresiones, donde se acumula el agua, pueden convertirse en hábitats de vectores de enfermedades.
- Los cambios de uso de suelo pueden incrementar la colmatación de los cauces.
- Las grandes construcciones y los edificios cercanos a los cauces pueden obstruir el flujo del agua, aumentar el caudal e incrementar la velocidad de inundación. Además, pueden reducir la capacidad de almacenamiento del terreno.
- Antes de instalar cualquier presa, por pequeña que sea, se debe hacer una evaluación integral de sus impactos. Puede que sea incompatible con algunas prácticas agrarias, o que resulte muy riesgosa para el ecosistema.



Fuente: Campos, 2006

Presa formando embalse



Fuente: Ventocilla, 2006

Ladera del cerro y ribera del río protegidos por diferentes estratos de vegetación. Piura – Perú



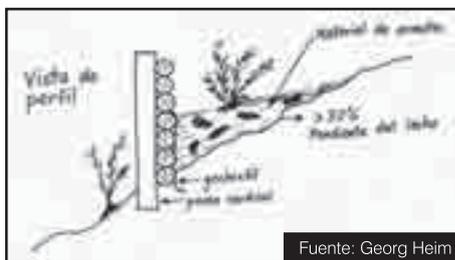
Fuente: Georg Heim

Dique que en pocos años formará una terraza por el arrastre de sedimentos



Fuente: Georg Heim

Diques de madera como disipadores para controlar los flujos de agua y lodo en una quebrada estacional



Fuente: Georg Heim

Perfil de un dique de madera en una quebrada estacional. Se reduce la pendiente del lecho, se rellena con sedimentos y se planta arbustos nativos para darle resistencia.



Protección de la ribera de un lago con barreras vivas Fuente: Suárez, 2004



Fuente: Campos, 2006

Serpentín de sedimentación



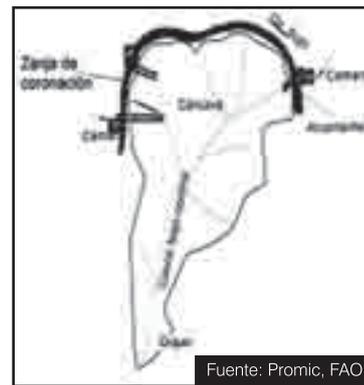
Fuente: Proyecto Jalda

Trampas mixtas en cárcava: de piedra, palos, postes vivos, plantas, etc.



Fuente: www.xolotlan.dax76.com

Cauces en Managua, similares a los de Quirio (Chosica), pero en zona plana



Fuente: Promic, FAO

Representación de la zanja de coronación en una cárcava. Las áreas cuadradas indican las cámaras donde llega el agua concentrada por las zanjas.



Fuente: Promic

Biotrampa entre tres estacas verticales en una quebrada seca.



Fuente: Proyecto Jalda.

Control de cárcavas.

¹ Generalmente la limpieza y remoción del material se realiza con un tractor oruga. Implica el dragado para que el cauce sea más ancho o profundo, la limpieza de la vegetación, de los residuos y de los sedimentos, así como la nivelación del lecho para que la velocidad del flujo de agua en el cauce se incremente y el escurrimiento sea controlado.

² Los diques son transversales si se construyen en sentido perpendicular al eje del cauce de la quebrada, desde la parte más alta hacia abajo, para regular su pendiente y disminuir la velocidad de los flujos de lodo y piedra.

³ Las champas son trozos cuadrados de tierra vegetal (aprox. 30*30*15 cm) que se colocan invertidos y permiten el crecimiento de vegetación.

⁴ Obra hecha con piedras o bloques de cemento u hormigón que forma un dique de defensa.

⁵ Se llama embalse al volumen de agua que queda retenido en la presa.

⁶ El caudal ecológico es aquel que permite conservar agua para preservar valores ecológicos: hábitats naturales y funciones ambientales. En ausencia de estudios más profundos, se define como mínimo en el 10% del caudal medio anual. También suelen expresar el caudal ecológico en ciertos volúmenes por cuenca por año o en caudales mínimos a mantener en un río durante épocas críticas del año.

⁷ Los rompeolas son paredes verticales donde las olas rebotan. Para construirlos se toma en cuenta, al menos, la altura de la ola, el ángulo del talud, así como el peso y la densidad del material de construcción.

⁸ Los estuarios son la parte más ancha y profunda de la desembocadura de los ríos. Se originan cuando el agua dulce es represada durante la pleamar por el ingreso de aguas marinas. Luego, durante la bajamar, el río comienza a entrar a gran velocidad en el mar u océano, lo que contribuye a limpiar y profundizar el cauce.

Se trata de una serie de estrategias, técnicas y condiciones a tener en cuenta para que la producción animal sea alta y de calidad, sin impactar negativamente al entorno. Mientras más saludable y bien alimentado esté el ganado, mayor resistencia tendrá ante los extremos climáticos y condiciones de estrés.



Hato de ganado

El manejo varía según la especie y el sistema de producción, pero hay criterios generales que no deben olvidarse por más que la producción sea de autoconsumo.

CARACTERÍSTICAS

Los sistemas de manejo pueden ser:

- **Extensivos.** Se desarrollan a campo abierto y donde los animales no están estabulados¹. Usualmente sus costos de producción son más bajos.
- **Intensivos.** Es la producción a gran escala, en grandes áreas, alimentación y sanidad controlada. Requiere mayor inversión y control especializado.



Cría intensiva de aves

- **Mixtos.** Tienen algunas características de ambos sistemas anteriores. El semi-extensivo, por ejemplo, es aquel donde el ganado pasta en zonas cercadas durante el día y durante la noche es protegido en cobertizos apropiados y se le brinda alimento balanceado. En el semi-intensivo se guarda en establos al ganado, pero no tiene tantas exigencias de control reproductivo.

Al manejar ganado siempre se debe considerar los siguientes elementos clave:

1. Realizar una eficaz gestión de la producción

Para lograrla es necesario ser conciente de que la producción sólo será sostenible si los recursos que la hacen posible no se degradan; por ello, debe evitarse el sobrepastoreo (principalmente en sistemas extensivos). El manejo en asociaciones de productores permite optimizar el manejo económico y el uso del espacio, y disminuir los riesgos.

Cada área tiene una determinada **capacidad de carga**, que es la cantidad de animales que soporta por un tiempo determinado². Si esta se excede, el pasto ya no rebrota, se degrada y compacta el suelo³, algunas fuentes de agua pueden secarse y el equilibrio ecológico se rompe.

Por otra parte, las **estrategias de producción** dependerán de la principal aptitud de los animales, por ejemplo: leche, carne, lana, fibra, etc. Entonces, considerando el producto principal que se desee obtener, se debe privilegiar la mejora de algunas características⁴ específicas del animal. Un ejemplo de ello son las vacas de raza Holstein, que actualmente son excelentes productoras de leche, mas no de carne.

En todo lugar hay animales más resistentes y adaptados que otros a las condiciones climáticas extremas pero la principal desventaja de su **rusticidad** es que producen menos⁵. Por lo tanto, la alternativa es ir realizando un proceso paulatino de mejoramiento genético a través de:

- La selección⁶ de los mejores animales para utilizarlos como reproductores.
- La realización de cruzamientos con individuos que no sean de la granja y que tengan alto potencial productivo, capaz de mejorar la productividad de la crianza y evitar la consanguinidad.

Tarde o temprano la segunda opción es ineludible porque es necesario evitar la consanguinidad entre los animales de una misma granja. El cruce entre parientes puede traer consecuencias negativas a las crías como el aumento de las mutaciones, mayor propensión a enfermedades y reducción de la calidad de la producción.

Existen varias técnicas utilizadas para el **mejoramiento genético**, como el transplante de embriones⁷, la crianza controlada y la inseminación artificial.

2. Brindar una adecuada alimentación a los animales

Para ello es necesario contar con pastos nutritivos permanentemente o, de lo contrario, con suplementos alimenticios que aseguren una dieta balanceada.

A continuación se detallará las características de las principales fuentes de alimento:

• Los pastos

La diversidad de pastos depende de la zona agroecológica en que se encuentren y de la sucesión ecológica⁸. Entre tanto, su valor nutritivo está directamente relacionado con la especie cultivada, con el acceso al agua, el tipo de suelo, la época del año y la presencia o no de eventos meteorológicos extremos.

Los impactos del pastoreo y ramoneo pueden ser positivos¹⁰ o negativos, dependiendo de:

- Su intensidad.
- Su frecuencia (si es continuo o de rotación).
- La estación en la que se realiza.
- El tipo y estructura de la vegetación.

El pastoreo es inapropiado cuando se da con una alta carga de ganado durante un período muy prolongado en tierras incapaces de recuperar su vegetación y cuando se introduce animales que por sus

hábitos alimenticios, peso o morfología, degradan la zona. Por ello, es necesario conocer el potencial forrajero de cada zona y las preferencias alimenticias del ganado.

Los pastizales naturales deben protegerse del sobrepastoreo estableciendo **rotaciones estacionales y períodos de descanso**. Otra estrategia es crear “**ahijaderos**”, es decir, áreas cercadas donde se deja rebrotar el pasto y que sólo pueden ser utilizadas por crías y hembras preñadas. Estas zonas pueden servir como reserva para la época de escasez. Además, deben estar cerca de la casa de los pastores, de fuentes de agua o bofedales¹⁰ y de lugares con materiales suficientes para ampliar el cerco¹¹.

Cuando la producción no cubre las necesidades del ganado, se puede **cultivar**¹² **arbustos y pastos forrajeros**¹³, especialmente en los prados temporales. Esto se puede complementar con las cosechas anuales (de las zonas agrícolas circundantes), que pueden agregar granos, semillas u hojas altamente nutritivas a la dieta. Además, los terrenos degradados¹⁴ o con poca agua también pueden utilizarse¹⁵.

La siembra se realiza al inicio y al final de las lluvias, después de la limpieza de terrenos y de la labranza. Se puede realizar esparciendo semillas, sembrando recortes, propagando estacas o estolones, etc. En algunos casos es necesario hacer un pre-tratamiento de las semillas para mejorar su germinación, protegiéndolas con insecticidas o embebiéndolas de fertilizantes.

- **Forraje verde hidropónico**

Es el resultado del proceso de germinación de granos de leguminosas o gramíneas (alfalfa, trigo, cebada, sorgo, maíz, etc.), las que absorben los nutrientes disueltos en la solución hidropónica, o en diferentes tipos de sustratos. El ciclo de producción es de 10 a 15 días y en ese período, la planta alcanza los 20-25 cm de altura.

Con el forraje verde hidropónico se puede alimentar sin inconvenientes al ganado vacuno, porcino, caprino y equino, conejos y a una gran cantidad de animales domésticos con excelentes resultados. El forraje hidropónico es totalmente diferente a los pastos tradicionales, ya que el animal consume las primeras hojas verdes, los restos de las semillas y la totalidad de las raíces, que constituyen una completa fórmula de carbohidratos, azúcares y proteínas. Su sabor y textura le confieren gran palatabilidad y fácil asimilación.

La relación de producción es de aproximadamente 10 a 12 Kg de forraje obtenido por cada kilo de semilla utilizado. Está comprobado que cada kilogramo de hierba hidropónica equivale, nutricionalmente, a 3 Kg de alfalfa fresca.

- **Los forrajes conservados**

En algunos lugares es imprescindible conservar el alimento para temporadas de escasez en chaleros¹⁶ o tambos. Algunas técnicas para ello son:

- a. La fabricación de **heno**, que se obtiene de la deshidratación del forraje verde en el campo, quedando con 15% de humedad. Para prepararlo se corta el forraje y se intenta secar lo más rápido posible. El secado puede hacerse de forma natural, por exposición al sol, o artificialmente, colocándolo en una zona donde exista una buena circulación de aire. Mientras tanto, debe mantenerse cubierto. Solamente los pastos que no hayan madurado mientras estaban en pie, podrán ser usados para heno, sino se producirá paja y no alimento.
- b. El **ensilado**, que es un método para conservar los alimentos con un alto contenido de humedad¹⁷ y con una pérdida mínima de materia seca y valor nutritivo¹⁸. Se requiere además proteger los alimentos del aire, de la luz y de la humedad exterior¹⁹. Durante el ensilaje ocurre un proceso de fermentación²⁰ láctica. Es por ello que se realiza en silos herméticos, donde no hay oxígeno, ni pérdidas por respiración. El pH final del producto debe ser bajo, cerca de 4, porque en ese estado ya no hay reacciones químicas y se almacena un alimento estable, que puede secarse y darse al ganado.
El insumo debe ser forraje verde que no esté sucio. La fermentación es más rápida cuando el pasto es más picado. La duración del ensilado depende del tipo de pasto. Sin embargo, se le puede adicionar conservantes²¹ si hay poco contenido de materia seca y pocas leguminosas²².

Otra opción de ensilado se realiza en bolsas plásticas o contenedores sellados (pacas). En estos casos puede que la fermentación sea menos completa y que el plástico sea dañado, pero es un método alterna-

tivo para conservar el forraje que fue cosechado ya maduro, fuera de tiempo.

- c. Forraje tratado y conservado, que se produce cuando se tiene pastos frescos de baja calidad y muchos residuos de cosecha. Puede realizarse por:
- Métodos físicos, es decir, moliendo o picando el forraje, y mezclándolo con otros suplementos alimenticios.
 - Métodos químicos, utilizando sustancias como:
 - La urea, 6 Kg por cada 100 Lt de agua y 100 Kg de forraje. Para ello la temperatura ambiental debe ser 15 °C. El almacenamiento es similar al anterior.

• Los suplementos y concentrados

Además del pasto o los forrajes conservados, se puede dar al animal otros **suplementos alimenticios** como el maíz o aceites. Estos se agregan a la dieta para complementar las necesidades nutricionales de los mismos.

También se les puede proporcionar **concentrados**²³, que son fórmulas alimenticias que se producen de acuerdo a las necesidades de cada animal y según lo que se desee producir. Pueden contener: maíz, afrecho, cereales, harina de pescado, pulpa de algodón, aceites²⁴ (girasol, linaza, soya, pescado, entre otros), leguminosas²⁵, etc. Habitualmente son más utilizados en ganadería intensiva²⁶ y mixta, para asegurar una alimentación balanceada.

Las **vitaminas** usualmente también son un suplemento o parte de los concentrados porque son fundamentales para la salud animal. Cada pasto tiene algunas, pero se van perdiendo cuando madura y se seca²⁷. La deficiencia de vitaminas se muestran en baja producción, pelo decolorado, intentos de comer madera, etc.

3. Garantizar que estén en óptimo estado de salud

• Control sanitario

En todo sistema ganadero la **bioseguridad** es imprescindible. Esto incluye una serie de procedimientos y actividades de manejo para impedir la entrada de enfermedades y agentes patógenos. La vigilancia debe ser diaria, porque las enfermedades suelen progresar rápidamente si no son identificadas y controladas a tiempo.

Cuando un animal sufre una afección, es separado del resto (**cuarentena**) y se le aplica un tratamiento para curar o controlar el avance de la enfermedad, primero en base a los síntomas y luego en base a análisis de laboratorio. Los tratamientos suelen basarse en el uso de antibióticos, de antiparasitarios para controlar garrapatas, piojos, etc. Sin embargo, deben ir de la mano de un manejo especializado para el animal enfermo.

Hay parásitos y bacterias que causan enfermedades, y estos a su vez pueden ser transmitidos por **vectores**. Por ello, si se identifica el hospedero intermediario y se evita el contacto con el ganado, se puede reducir las probabilidades de contagio. Por ejemplo, si se controla la población de caracoles que vive en bofedales y que hospeda al parásito llamado Alicuya²⁹ (Distomatosis hepática), las enfermedades hepáticas se expandirán menos.

• Vacunas y tratamientos

La cantidad de vacunas disponibles es variable según la especie y según el área geográfica³⁰. Se debe vacunar a los animales principalmente contra las enfermedades zoonóticas, es decir, aquellas que pueden ser transmitidas al hombre, por ejemplo: la tuberculosis, la brucelosis (que produce "fiebre Malta" en el ser humano), la aftosa, las carbonosas (como el ántrax), la cisticercosis, la sarcosistis, etc.

• Protección del ganado

Es necesario que los animales estén protegidos de eventos extremos como heladas, friajes, olas de calor, etc. Para ello se debe contar con infraestructura que permita ofrecerles sombra, tanto así como un lugar seguro y limpio para descansar o producir, como el caso de los **cobertizos**.

Los **cobertizos** pueden ser hechos de material local, como adobe o madera. Constan de 2 partes elementales: una abierta (corral) y otra cerrada con paredes reforzadas y techo que limita con el corral. El techo debe ser inclinado (aprox. 15%), y estar sostenido por columnas diferentes a la de los muros, para evitar el colapso de la construcción en caso de sismos. Además, puede tener canaletas para la recolección del agua de lluvia. Igualmente, el suelo debe estar inclinado para evacuar fácilmente los orines de los animales.

La limpieza debe realizarse al menos cada 2 semanas (dependiendo de la frecuencia de uso, si es un cobertizo temporal, puede pasar más tiempo), recogiendo las heces (guano) y desinfectando con creso y/o cal, especialmente en las esquinas. Lo mismo debe hacerse si ocurre la muerte súbita de algún animal.

El cobertizo se debe ubicar en una zona segura donde no haya torrenteras, huaycos ni peligros de deslizamientos de piedras y rocas. El suelo donde se va a construir el cobertizo debe ser sólido, ni arenoso ni húmedo y se debe tomar en cuenta la dirección del viento y del sol, dando espaldas a la dirección del viento. Además, la parte delantera debe quedar orientada hacia la salida del sol.

FUNCIÓN

- Una buena alimentación y salud, permiten mejorar la producción y asegurar una alta productividad.
- La introducción de plantas para forraje puede contribuir a mejorar la diversidad biológica, la cobertura vegetal, la fertilidad del suelo, el control de la erosión, la fijación de CO₂, etc.
- El uso intensivo de forraje reduce el potencial de incendios y la aparición de malezas.
- Los alimentos conservados incrementan la disponibilidad de alimento en distintas estaciones del año y aseguran la alimentación en las etapas de crecimiento, engorde o producción de leche. Permiten también mantener la producción durante periodos climáticamente adversos, cuando los precios en el mercado son mayores.
- Los cobertizos protegen sobre todo a los animales vulnerables de las inclemencias climáticas. Ello reduce la mortalidad en los rebaños, el número de abortos, así como la incidencia de enfermedades oportunistas (neumonía, fiebre amarilla, etc.).
- Al manejar fauna silvestre en asociación con el ganado, se puede diversificar la producción animal y obtener productos a los que se les puede dar un alto valor agregado para nichos de mercado específicos. Además, se puede favorecer la conservación de ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad.

VARIACIONES

- Actualmente, la **ganadería orgánica o certificada** con sellos de "buenas prácticas" está tomando importancia. Los sistemas orgánicos invierten en optimizar la calidad de la producción y en certificaciones para acceder a nichos de mercado más selectos en el ámbito internacional. Las normas existentes consideran al ganado bovino, ovino, porcino, caprino, equino, aves, roedores, abejas y venados.

Convertir una producción agrícola a orgánica, requiere un período de conversión de al menos dos años y en cultivos perennes tres años. Por lo tanto, la certificación ganadera implica una inversión significativa en tiempo y dinero.

EJEMPLOS

- En la Estación Experimental Yaracuy, en Venezuela, se probó también un sistema de pastoreo móvil estabulado para recuperar suelos y manejar adecuadamente los pastos. Se probó que pastorear un número limitado de animales en áreas de rotación preestablecidas por un período de tiempo corto puede ejercer un buen control de los pastos y malezas sin incurrir en gastos mayores. Este sistema requiere la construcción de una jaula móvil, de magnitudes manejables (por ej. 3m x 3m).
- Diversos Centros de Investigación en Centroamérica, como el CATIE en Costa Rica han realizado diversas investigaciones para probar la factibilidad y rentabilidad del uso de sistemas agrosilvopastoriles, observando que en zonas ganaderas con alta densidad de árboles, la diversidad de aves, mariposas y algunos controladores biológicos puede llegar al 60% de la diversidad natural en bosques.
- En Sicuani, Cusco, ITDG ha formado una promoción de técnicos locales o Kamayoqs alpaqueros preparados en el manejo y crianza de alpacas en zonas de altura (más de 3500 msnm). Los aprendizajes en alimentación, sanidad, manejo y ahora mejoramiento genético en sus rebaños, lo replican en sus rebaños y los de otras familias de la zona.

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- En lugares de fuertes vientos, heladas y lluvias, la instalación de cobertizos es fundamental. Las ventanas deben ser altas, al menos a 1,3 m de altura para evitar el ingreso de predadores, como los zorros.



Fuente: PREDES

Ventilación del cobertizo

- La ganadería tradicional debe considerar la fragilidad de los ecosistemas.



Fuente: www.inegi.gob.mx

Ordeño de vaca Holstein

- El éxito de la introducción de pastos depende del clima y la capacidad de la especie introducida para coexistir con las nativas.
- Los terrenos degradados pueden regenerarse mediante descansos largos y controlados.

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- Para establecer sistemas agrosilvopastoriles es necesario contar con tierras aptas para pastoreo, agricultura, protección forestal, etc.
- La inseminación artificial debe ser realizada por personal debidamente capacitado y especializado, de lo contrario, puede dañar a los animales.
- Los cobertizos pueden ser construidos en poco tiempo con insumos locales, pero de preferencia en temporada seca.



Fuente: PREDES

Construcción de cobertizo

● COSTOS

- Siempre se debe hacer un análisis costo - beneficio para decidir la producción que se priorizará. Para ello es preferible valorar los recursos disponibles y los impactos del manejo.
- El manejo sostenible de pasturas no conlleva costos directos significativos.



Fuentes: www.inta.gov.ar

Pasturas naturales

- *La recuperación de tierras degradadas por sobrepastoreo tiene costos de inversión importantes.*
- *La ganadería intensiva (a escala) suele tener menores costos de producción y necesita menos cantidad de mano de obra, aunque sí requiere especialistas.*
- *El ensilado resulta dos o tres veces más caro que la producción de heno porque se requiere picar el forraje, y realizar un manejo adecuado del silo. Por eso, debe suministrarse a animales que tengan una producción o importancia máxima, por ejemplo: las vacas lecheras, los bueyes de tiro, los animales para venta de carne, etc. El ensilado en bolsas es más económico.*
- *La presencia de epidemias ocasiona pérdidas de gran magnitud, no sólo por pérdida de ganado, las fumigaciones, sino por la disminución de las ventas y las barreras comerciales.*



Fuente: Practical Action

Selección de las mejores semillas para propagar pastos, herbáceas y cultivos que alimentarán al ganado

● LIMITACIONES

- *Ningún mejoramiento genético funciona si no se asegura una adecuada alimentación y sanidad para los animales.*
- *No se debe hacer cambios bruscos en la alimentación de los animales, porque los microorganismos de sus estómagos demoran en adaptarse.*
- *La degradación ambiental pre-existente puede ser limitante para establecer cosechas de forrajes.*
- *Cuando se maneja fauna silvestre se debe cuidar que el ganado no transmita alguna de sus enfermedades o parásitos.*



Fuente: Beit Shean, Israel

Cultivo de pastos hidropónicos en bandejas



Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

Forraje hidropónico sembrado en bandejas



Fuente: www.forrajehidroponico.galeon.com

Producción de forraje hidropónico en Bolivia



Fuente: Practical Action

Heno para alimentación durante períodos de inundación



Fuente: Practical Action

Suplementos alimenticios para ganado



Fuente: www.ovinos.info

Alimentación con concentrados



Fuente: www.fobomade.org.bo

Pastizales vigorosos, vicuña fortalecida.



Fuente: Gómez, 2005

Sobreexplotación de pastizales fomenta incendios



Fuente: Grove ranch, ARDA Battlefield y Mashonaland West

*Convivencia de ganado vacuno e Impala (*Aepyceros melampus*) forrajeando en la misma sabana, en Zimbabwe*



Fuente: Practical Action Kenia

Abrevadero de agua segura en Kenia



Fuente: PREDES

Cobertizo en uso



Fuente: Practical Action – ITDG.

Sistema silvopastoril aportando sombra al ganado



Fuente: www.agruco.org

Crianza familiar de ganado y el riesgo de enfermedades zoonóticas

- ¹ Estabulado quiere decir "en corrales".
- ² Usualmente se expresa en N° de animales por hectárea por año.
- ³ El proceso de la degradación del suelo puede ser agravado y acelerado por la sequía.
- ⁴ No se puede mejorar todas las características del animal porque habrían traslapes. Cuando se mejora una, otra puede perderse o verse afectada.
- ⁵ Según el caso, menos cantidad o menos calidad.
- ⁶ Los programas de selección permiten evitar la proliferación de animales con problemas de adaptación y de baja eficiencia reproductiva. Por eso es necesario tener una base de datos que permita verificar el desempeño de cada animal y de su respectiva descendencia.
- ⁷ El trasplante de embriones no implica ingeniería genética propiamente dicha. Tiene varias etapas: primero se suministra hormonas a las hembras para que produzcan más óvulos, luego se las insemina y se garantiza la fecundación de muchas de ellas (generación de varios embriones) pero antes que se reabsorban (ya que el animal solo puede albergar un número limitado en su vientre), se extraen y se colocan en vientres de alquiler, de otras hembras, que estén en capacidad de recibir los embriones. Esto requiere un delicado control hormonal y actualmente aún se encuentra en estudio (es realizada fundamentalmente en laboratorios y en ganadería intensiva).
- ⁸ Se llama sucesión ecológica a la evolución que de manera natural se produce en un ecosistema por su propia dinámica interna. El término alude a la sustitución de unas especies por otras. Por ejemplo, cuando los árboles empiezan a ser las especies dominantes, hay generalmente un deterioro en la calidad de las pasturas (debido a la competencia por agua y luz). En climas húmedos a menudo el pastoreo es benéfico para los árboles hasta el punto donde éstos empiezan a ser dominantes. Sin embargo, en climas secos los herbívoros dañan las plantas jóvenes y las plántulas, lo que limita la extensión de los arbustos y por tanto es más difícil que se dé la sucesión.
- ⁹ Positivos como evitar la acumulación de la paja que podría causar incendios e impedir el rebrote de pastos.
- ¹⁰ Los bofedales crean el microclima necesario para el crecimiento de la mayoría de pastos nutritivos. Deben estar a un nivel más alto que el ahijadero para poder cavar un canal y algunas bifurcaciones que permitan regarlo.
- ¹¹ La forma del cerco depende de lo accidentado del terreno. Sus parantes deben ser tratados con una mezcla de brea y petróleo (4kilos:1galón) para proteger la madera, y deben ser cimentados en huecos rellenos con piedras y tierra. La malla del cerco no debe quedar al ras del suelo para que no se oxide con la humedad del mismo.
- ¹² Para ello debe tenerse en cuenta que podría ser necesario realizar labores como desinfección del suelo (debido a la presencia de insectos subterráneos que atacan los pastos al inicio de la germinación), encalado del suelo, fertilización, etc.
- ¹³ Es importante que éstos no lleguen a convertirse en malezas.
- ¹⁴ Se refiere a terrenos sobrepastoreados, zonas marginales, tierras comunales en abandono, etc. Sin embargo, no se debería escoger terrenos donde el suelo sea demasiado duro, salino o con demasiados matorrales altos o arcilla pesada.
- ¹⁵ En ellos se puede hacer una re-siembra que ocupe al menos 10% o 20% del área.
- ¹⁶ El chalero es un ambiente techado y cerrado parcialmente que se utiliza para almacenar forraje seco o alimento conservado para épocas de escasez. En el suelo debe ponerse una parihuela o tabladillo para evitar el contacto directo del alimento con el suelo. Además, debe tener una buena ventilación para que no se honguee. Debe estar ubicado cerca al corral.
- ¹⁷ Es deseable un contenido en humedad entre el 60 - 70%, especialmente en el caso de los forrajes pobres en azúcares, caso de las leguminosas.
- ¹⁸ Incluso a veces el valor nutritivo aumenta por la generación de ácidos volátiles.
- ¹⁹ Es posible hacer una desecación previa del forraje o henificado parcial, aunque sin aumentar la materia seca a más del 35%.
- ²⁰ Se producen una serie de alteraciones bioquímicas en el forraje debido a la actuación de enzimas producidas por la propia planta en la fase de respiración y por la actividad de las bacterias.
- ²¹ Los conservantes comúnmente utilizados para el ensilado se pueden agrupar en tres categorías: acidificantes, bacteriostáticos y estimulantes de la fermentación láctica.
- ²² Porque las leguminosas aportan hidratos de carbonos solubles.
- ²³ Los concentrados tienen un balance entre fuentes energéticas, proteicas, vitaminas, calcio, fósforo, carbohidratos, etc. y su objetivo es cubrir todas o casi todas las necesidades nutricionales del ganado.
- ²⁴ Fuente de energía.
- ²⁵ Fuente de proteínas.
- ²⁶ Bajo este sistema se suele tener animales altamente mejorados (o especializados) que necesitan mayores fuentes de energía en su alimentación.
- ²⁷ Por ello, el heno y otros alimentos conservados no tienen vitaminas (o tienen muy pocas).
- ²⁸ Por ejemplo: evitar el ingreso de personas extrañas, de animales de dudosa procedencia (que podrían estar enfermos), aislar el centro de producción (o por lo menos las áreas donde se ordeña o se mata a los animales), desinfectar los vehículos, equipos e instalaciones, etc.
- ²⁹ Infecta el hígado de los animales y los mata
- ³⁰ En cada lugar existen condiciones históricas y climáticas que favorecen la reproducción de algunos virus. Pueden pasar años en los que no se presentan afectados, pero de pronto el virus puede activarse nuevamente y empezar a infectar a los animales.

Son plataformas de terreno horizontales o casi horizontales que permiten transformar las laderas en una serie de escalones o gradas para hacerlas cultivables. Constituyen el medio mecánico más antiguo de protección contra la erosión de los suelos.

Permiten además:

- Incrementar la infiltración y disminuir la velocidad de la escorrentía², reduciendo las amenazas de inundaciones.
- Atenuar el efecto perjudicial de las sequías sobre los cultivos, al incrementar la capacidad de almacenamiento de agua.
- Minimizar el riesgo de heladas, ya que modifican el movimiento nocturno del aire frío. Al mezclar capas de aire de diferentes temperaturas³, reducen las pérdidas por irradiación gracias a los muros de contención y generan condiciones adecuadas para la recuperación de los cultivos.



Terrazas de banco o andenes



Terrazas de formación lenta

Fuente: PRONAMACHCS

CARACTERÍSTICAS

1. Generalidades:

Las terrazas son estructuras físicas constituidas por un terraplén plano o semiplano y un muro vertical o casi vertical. Este muro puede ser de piedra, tierra, tapial, champa o material vegetal. Es ideal cuando incluye las barreras vivas.

Las terrazas se clasifican en:

- **Terrazas de banco.** Son las terrazas más elaboradas. Se utilizan en terrenos con pendientes superiores a 20% y se construyen transversalmente a la línea de mayor declive.

Existen terrazas o similares en México, El Salvador, Filipinas, Nepal, China, Indonesia, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En la región andina las terrazas de banco también son llamadas **andenes**, **pata-pata** (quechua) y **takuna** (aymara), y son testimonio de los sistemas productivos de sociedades antiguas. Generalmente se ubican entre los 300 y 4.200 msnm.

- **Terrazas de formación lenta.** Son construcciones resultantes de una combinación de zanjas de infiltración, barreras vivas y muros de tierra o piedra, que con el tiempo van a dar como resultado la formación de una terraza. Se puede construir cuando los terrenos no son muy inclinados y el suelo es profundo. Básicamente aprovechan el efecto de arrastre de los suelos, ocasionado por lluvias y por la gravedad natural, para ir formando gradas con la acumulación de sedimentos.
- **Terrazas individuales.** Son terrazas de forma circular de un metro de diámetro en promedio, trazadas a nivel, donde se forma una especie de poza de captación de agua⁴. En la parte central de ellas se

instala generalmente una especie forestal o frutícola. Son usadas en regiones secas de escasa lluvia, para conservar el máximo de humedad en los terrenos. Preferiblemente se habilitan en terrenos con pendiente, cercanos a las viviendas.

La arqueóloga Ann Kendall ha realizado muchos estudios sobre la andenería precolombina y ha propuesto una nueva clasificación para los andenes:

Tipo de andén	Perfil de la plataforma	Muro de contención	Sistema de riego	Factores distintivos
Tipo I	Casi horizontal	Inclinado	Generalmente	Rellenos estratigráficos de piedras y suelos
Tipo II	Casi horizontal	Vertical	Con y sin	Relleno de algunas piedras detrás de la cimentación/base
Tipo III	Inclinada	Rústico	Generalmente no	Pocas piedras de relleno detrás de un muro de contención
Tipo IV	No	No	No	Formada por erosión y apisonamiento en alto declive

Fuente: Medina, 1991

2. Criterios para el diseño y construcción de terrazas de banco:



Esquema de una terraza de banco

a. Muro de contención o talud:

- **Inclinación del muro o talud (Z).** El muro o pirca debe tener una inclinación hacia adentro entre 5% y 15%. Sin embargo, en suelos sueltos debe ser más inclinado para darle más estabilidad a la terraza.
- **La altura del muro o talud (H).** Varía entre 0,5 m y 3 m dependiendo del tipo de material, profundidad y textura del suelo, de la pendiente de la ladera y del límite de la fuerza humana para edificar los muros. Cuando el suelo está compuesto por materiales poco estables, la altura del talud deberá ser menor. El máximo de 3 m puede presentarse en casos de suelos profundos y subsuelos sueltos. Según Salas (1985), los muros pueden llegar hasta 2 m cuando la edificación es hecha sobre laderas de 18% a 35% de inclinación.

El tamaño y la forma de las rocas son importantes para asegurar la estabilidad de los muros. Los cantos rodados y piedras pequeñas son menos estables que las rocas grandes, y por lo tanto no permiten hacer muros tan altos.

- **El ancho de la base del muro (B).** El mínimo suele estar entre 0,34 - 0,45 m. Generalmente en la base del muro se usan piedras grandes (0,4 m a 1m de diámetro).
- **El ancho superior (C).** Varía entre 0,2 - 0,4 m.
- **La profundidad de cimentación mínima (c).** Varía entre 0,30 - 0,35 m de altura.

b. Terraplén de la terraza:

- **La pendiente longitudinal de la terraza (S)**. Es decir, el desnivel existente a lo largo de la terraza. Debe ser muy bajo, puesto que lo ideal es que se mantenga sobre las curvas de nivel. Debe estar entre 0,1% y 0,3% (Torres Ruiz, 1981) para que el flujo de agua sea menos veloz y menos erosivo.
- **La pendiente transversal (S')**. El relleno de la terraza tiene una pendiente para absorber el agua de riego y favorecer la infiltración. Esta debe estar entre -0,1% y 0,1%, predominando la inclinación hacia el muro de contención (Salas, 1985).
- **La longitud del terraplén**. Es preferible que no sobrepase los 25 m para no dificultar las labores de construcción ni el manejo posterior de las terrazas. Vásquez indica que si la longitud es mayor se debe dejar un espacio de circulación de 1 m entre terraza y terraza. Se ha encontrado andenes que tienen entre 4 y 100 m por un ancho de 9 a 20 m.
- **El ancho de la terraza (A)**. Se refiere a la distancia entre muros. Si hay poca pendiente, se harán terrazas más anchas, pero la construcción de terraplenes anchos supondrá mayor esfuerzo. La distancia entre las terrazas varía de acuerdo a la pendiente, el tipo de suelo, la cantidad de precipitaciones y los cultivos.

c. Acequias y canales de riego

Son pequeñas cunetas que interceptan el agua que escurre de un área situada en un plano superior y la desvían hacia desagüeros seguros, sin interferir en el sistema de conservación del suelo implantado en el área inmediatamente inferior.

Los canales tienen una capacidad que varía entre 30 y 40 litros/segundo. Si son de sección rectangular usualmente tienen entre 0,1 m y 0,5 m de altura, y entre 0,2 m. a 0,4 m. de ancho, pero los parámetros que realmente determinan sus dimensiones son el área situada en el plano superior y la cantidad de agua a ser desviada.

Suelen seguir la pendiente y pasar de un andén a otro mediante caídas verticales. En cada una de ellas se construyen pozas disipadoras de energía en piedra.

El reparto de agua entre las terrazas se hace por medio de partidores cuadrados que tienen piedras grandes a modo de compuertas (que se pueden clausurar si existe riesgo de desbordamientos). Así, se destina una cantidad predeterminada de agua a cada terraza, la cual es conducida por surcos de poca pendiente, para que se distribuya bien.

d. Canales de desagüe

Reciben el agua que drena del sistema de terrazas y la conducen hacia las partes más bajas del terreno donde no hay peligro de erosión. En algunos casos se trata de acequias o zanjas de infiltración. Su demarcación, construcción y estabilización se debe realizar en la etapa inicial de la construcción de las terrazas, si no se pueden formar cárcavas.

e. Caminos

- Los caminos principales deben estar localizados en las divisorias de agua, de modo que la escorrentía sea dirigida a las terrazas en vez de escurrir por ellos.
- Los caminos internos, destinados al tránsito, deben estar situados en el área inmediatamente por debajo del dique.
- En general, todos los caminos de acceso varían entre 1 y 2 m y son de piedra (a manera de escalinatas). Es preferible construir caminos sinuosos y no rectos para que el agua de escorrentía no forme zanjas o cárcavas. En época de lluvias sirven como drenaje y evitan la erosión.

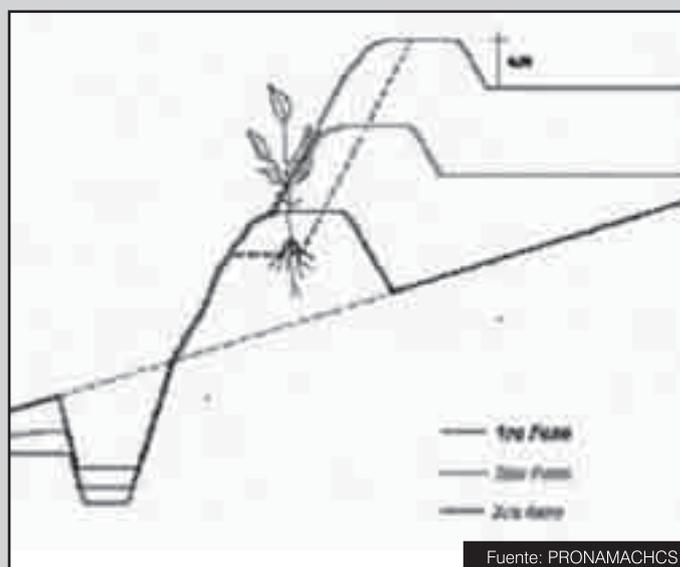
f. Proceso de construcción de terrazas de banco

- Trazar al menos 2 curvas de nivel consecutivas, dejando entre ellas el ancho que se le quiere dar a la terraza.
- Abrir zanjas para el cimientado y remover el material separando la capa fértil.

- Construir el muro empezando por una de las esquinas de la terraza, colocando las piedras más grandes superpuestas y entrecruzadas. Dejar orificios para los drenes y peldaños.
- Eliminar los fragmentos de rocas, colocándolos como relleno permeable en el lado interno del muro, manteniendo la pendiente hacia adentro.
- Rellenar la terraza con capas de 15 cm a 70 cm dándole forma de gradas. La tierra del corte se traslada al escalón superior, y la tierra no agrícola más profunda se utiliza como relleno en la base de la terraza. Mientras más tierra agrícola se incorpore, será mejor.
- Nivelar la terraza⁵ utilizando un tablón de madera para que la pendiente longitudinal sea 0,3% y la transversal 0,1% hacia afuera (esto variará según las condiciones geográficas).
- Trazar surcos transversales y diagonales en la plataforma.
- Construir acequias de riego empedradas con partidores, pozos y disipadores de energía.
- Acondicionar caminos de acceso.
- Probar la terraza haciendo riegos y evaluando las infiltraciones, encharcamientos, etc.

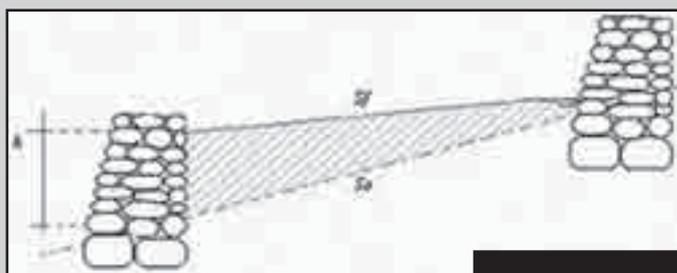
3. Criterios para el diseño y construcción de terrazas de formación lenta

Ya que son terrazas más sencillas no son tan exigentes en el diseño. Sin embargo, generalmente sus zanjias son de 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, lo que varía según el tipo de suelo, pendiente e intensidad de la precipitación. Su ancho oscila entre 10 y 20 m en función a la distancia real entre curvas de nivel. En cuanto a su longitud, lo más recomendable es que sea de 50 a 80 m.



Fases en la construcción de una terraza de formación lenta
(cada etapa o fase puede iniciarse al final de una campaña agrícola)

La altura del talud debe ser igual a la altura de las zanjias de tierra o de piedra, y su inclinación⁶ dependerá del tipo de suelo (además de la pendiente). Por su parte, el ancho de los bordes⁷ superiores e inferiores dependerá también de la profundidad del suelo.



Criterios de diseño en una terraza de formación lenta

Para construir estas terrazas primero se hacen las zanjas y la tierra de la excavación se coloca formando un camellón de 30 a 40 cm de alto. Ese camellón se apisona y sobre él se siembra algunas plantas o barreras vivas (pastos, arbustos, etc.) en disposición tres-bolillo para proteger el talud de la erosión.

En zonas de alta precipitación, el material de corte que se remueve suele ser colocado también en la parte inferior de las terrazas y la sección de la zanja puede ser triangular o trapezoidal. En cambio, en zonas de escasa precipitación y menor pendiente, el material de corte se dispone a ambos lados de la zanja, formando camellones.

Junto a los taludes también se instalan barreras vivas, en las que se utiliza plantas perennes o semi perennes y de crecimiento denso para proteger el suelo del arrastre de las lluvias y por ende, prevenir la erosión. Es preferible escoger especies nativas o adaptadas a la zona⁸. Generalmente la vegetación se coloca en la parte superior del muro si es que las terrazas son irrigadas por inundación o si hay mucha precipitación. En cambio, si el riego es por aspersión y/o hay poca lluvia, se colocan en la parte inferior del mismo.

FUNCIÓN DE LAS TERRAZAS

Además de las indicadas al inicio de la ficha, las terrazas también tienen las siguientes funciones:

- Permitir mayores áreas de terrenos cultivables en terrenos accidentados.
- Aumentar el contenido de humedad en el suelo y retener mayor cantidad de agua útil.
- Interceptar el agua de escurrimiento, para infiltrarlo o desviarlo mediante los canales hacia un lugar predefinido, con una velocidad controlada que no ocasione erosión del suelo.
- Lograr una mayor exposición al sol de los suelos.
- Reponer el suelo y mantener su fertilidad, ya que los sedimentos se van depositando en cada nivel.
- Incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo.
- Conservar la biodiversidad al hacer un manejo integrado del agua y de los medios de vida agropecuarios.

EJEMPLOS

- En el Perú, se estima que existen por lo menos 600.000 ha de andenes de origen prehispánico (Masson). Sin embargo, actualmente al menos el 50% de ellos están abandonados o reciben poco uso. Instituciones como DESCO, Cusichaca Trust, PRONAMACHCS y distintas universidades han realizado estudios estructurales, antropológicos y arqueológicos para revalidar y conocer mejor los sistemas tradicionales de andenes e incluso han impulsado la recuperación de los mismos.

En términos económicos, Choquehuanca realizó un estudio sobre la rentabilidad de los cultivos de alfalfa en terrazas, para centros poblados ubicados cerca de circuitos comerciales. Encontró una tasa interna de retorno mayor al 50%.

- López (1988) realizó un estudio sobre los procesos de erosión hídrica en andenes abandonados de la comunidad campesina de San Juan del Iris (Lima, Perú). Demostró que si una terraza es bien manejada, no interesa que la pendiente de la plataforma sea alta, puesto que no se generará erosión hídrica. Además, encontró que la concentración de sedimentos (que puede incrementar la fertilidad) es menor en terrazas abandonadas y es más alta en lugares cultivados.

Para verificar esto y mostrar la utilidad de recuperar las terrazas, Chalco Santillán (1999) realizó una evaluación del rendimiento de algunos cultivos andinos en áreas degradadas que fueron rehabilitadas (en Ayacucho). Obtuvo un incremento del rendimiento del cultivo de papa de 33,51% con terrazas de absorción y 8,99% con terrazas de formación lenta. Además, logró un incremento de 15,47% y 11,14% en la producción de trigo y maíz, respectivamente.

- El arroz es otro cultivo que suele instalarse en terrazas. En Banawe (Filipinas), por ejemplo, las terrazas arroceras han sido declaradas por la UNESCO como patrimonio cultural de la humanidad. La importancia que tiene el arroz para las diferentes culturas ha favorecido el mantenimiento continuo de las terrazas y la innovación en su manejo y proceso constructivo.



Fuente: PRONAMACHCS.

Andén rehabilitado y en producción en el Perú.



Fuente: UNESCO (M. Spier-Donati).

Terrazas de arroz en Filipinas.

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

Andenería inca



Fuente: www.enjoy-machu-picchu.org

- *Antes de construir las terrazas se debe considerar el uso actual y futuro del suelo, las depresiones naturales que facilitarían la construcción de canales, la escorrentía que recibe el lugar, la pendiente, la longitud de los terrenos, la presencia de cárcavas, la localización de los caminos, la meteorología de la zona, la disponibilidad de maquinarias, así como la funcionalidad real y la seguridad que ofrecen las terrazas.*
- *La eficiencia de las terrazas depende de la adopción de otras prácticas conservacionistas tales como la siembra en surcos en contorno y la incorporación de materia orgánica al suelo.*
- *Para mantener las terrazas en buen estado se debe controlar el flujo de agua durante lluvias intensas, y se debe retirar las malezas que crecen entre el muro.*

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO

- *Se necesita una buena organización del trabajo. Cuando se puede aprovechar las faenas comunales u otros sistemas de cooperación mutua, la construcción y la recuperación se realizan más rápido y es factible hacer un buen mantenimiento del sistema.*
- *La eficiencia del trabajo dependerá también de la calidad de herramientas que se utilicen.*
- *El tiempo requerido depende del tipo de terraza a construir, la disponibilidad de mano de obra, el tipo de suelo, y la época del año. Generalmente se requiere menos tiempo para la construcción de terrazas de formación lenta.*



Andenes en Pisac-Cusco



*Terrazas de formación lenta en la Isla del Sol
(3800 msnm) Lago Titicaca (Bolivia)*



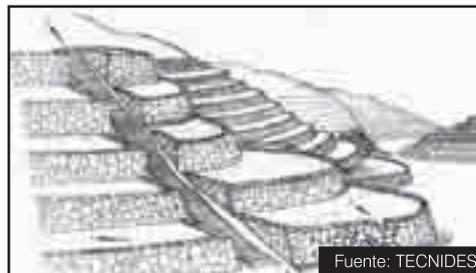
Fuente: Proyecto Jalda

Terrazas individuales



Fuente: PRONAMACHCS

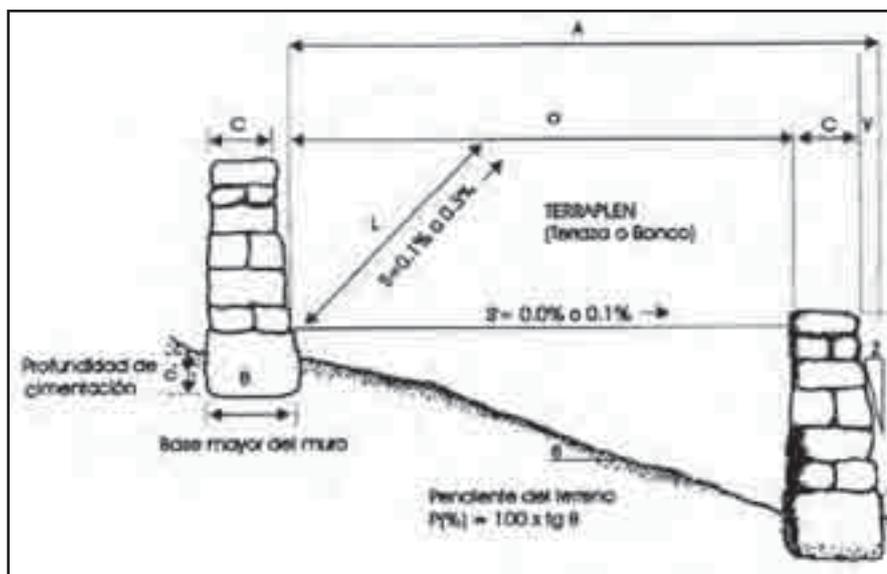
Terraza con muro de piedra



Fuente: TECNIDES

Esquema de una terraza

- Terraza
- Vía de acceso
- Acequia
- Boquerón de salida de agua
- Acequia de drenaje



Diseño de Terrazas

A = Ancho del andén

L = Longitud del andén.

S = Pendiente del terraplén.

θ = Grado de inclinación del terraplén.

Z = Inclinación del muro de contención.

C = Ancho de la corona del muro.

a = Ancho de la terraza.

H = Altura del muro.

B = Base mayor.

Y = Proyección horizontal de la inclinación.

c = Profundidad de cimentación.

● COSTOS

- El mayor costo de la construcción de terrazas lo constituye la mano de obra. Las herramientas y maquinarias generalmente son propias del productor.
- Dependiendo del tipo de terreno, pendiente y tipo de muro (tierra o piedra), se pueden emplear desde 100 a 300 jornales por hectárea de terrazas de formación lenta construida (Sánchez, 1985).
- Las terrazas de banco son más costosas, por el mayor movimiento de tierra que requieren y la construcción del muro de piedra. Por ejemplo, en Pusalaya (Puno) se requirió 2.499 jornales/ha.
- La reconstrucción puede resultar hasta 3 veces más barata que la construcción de terrazas nuevas. En San Pedro de Casta (Lima), para la recuperación de andenes se necesitó 525 - 790 jornales/ha.

● ALCANCES

- Los sistemas de terrazas se implementan como parte de una estrategia de manejo sostenible en los ámbitos regional o de cuenca.
- Son aplicables en casi todos los países de montañas y también en áreas semiplanas donde se quiere aprovechar al máximo el área disponible.

● LIMITACIONES

- Las terrazas de formación lenta se constituyen a través de los años, lo que implica que todos sus efectos positivos no son inmediatos. El proceso se observa mejor cuando se establecen barreras vivas.
- Las terrazas de banco, aunque son las obras más efectivas para controlar la erosión de laderas, tienen un uso limitado por la gran cantidad de mano de obra que requieren. Son recomendables para cultivos muy rentables como hortalizas, flores y algunos frutales, y en zonas donde existe suficiente disponibilidad de agua.
- La migración, la falta de créditos y de estrategias de mercado, el desconocimiento sobre la interacción entre diferentes especies vegetales cultivadas y de protección, la reducida cooperación y la limitada competitividad, pueden convertirse en factores que favorezcan el abandono de terrazas. Se debe controlar estas condiciones.
- Se debe evitar el uso de agroquímicos porque podrían ser arrastrados por el agua hacia las terrazas de abajo.



Fuente: Cusichaca Trust

Canales de desagüe en terrazas

- Los sistemas de propiedad (individual, comunal, etc.) y el uso del territorio deben estar preestablecidos para que no se conviertan en una limitante.
- Se debe limitar el ingreso de animales a las terrazas porque podrían malograr los cultivos, trasladar semillas de malas hierbas y dañar la estructura física. En todo caso, se podría utilizar algunas terrazas para el cultivo de pastos de corte.



Fuente: www.andeantravelweb.com/peru

Caminos de andenes en desuso



Fuente: Cusichaca Trust

Mantenimiento de terrazas



Fuente: PRONAMACHCS

Terrazas de formación lenta con muro de piedras



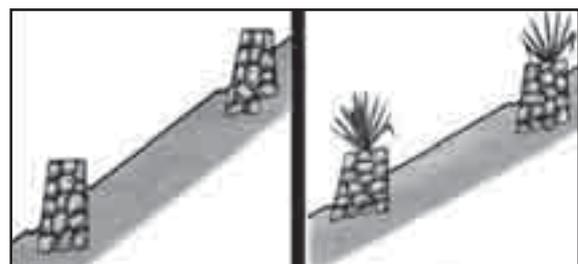
Fuente: Georg Heim

Muros de piedra permiten formación de terrazas, Cuenca Paicha, en Cochabamba, Bolivia



Fuente: Georg Heim

Muros de piedra para formación de terrazas en zona de ladera



*Izquierda: terraza de formación lenta con muros de piedra
Derecha: terraza de formación lenta con muros de piedra y barreras vivas*



Terraza de formación lenta con barrera viva



Barrera viva de Phalaris sp. en una terraza de formación lenta, Pomasara, Bolivia



Fuente: Kashyapa A. S. Yapa

Anfiteatro¹ con andenería inca, en Moray (Cusco - Perú)



Fuente: Cusichaca Trust

Participación comunal en la rehabilitación

1 Las variaciones termales entre las terrazas de diferentes niveles convierten este anfiteatro en una excelente estación de experimentos agrícolas.
 2 Para controlar la escorrentía se construyen canales en contorno y divergentes en la terraza.
 3 La forma de los escalones genera turbulencia en las corrientes de aire frío que descienden de las partes más altas de la ladera. Esto incrementa la temperatura de dichas masas de aire y atenúa su efecto.
 4 Suelen tener una pendiente inversa de 10%, con taludes de 0,75:1 a 1:1 (horizontales a verticales), según las especies de árboles plantadas en ellas.
 5 La nivelación puede hacerse con arados, gradas, animales, motoniveladoras o manualmente.
 6 CIED recomienda que tenga una proporción de 1:1 ó 1:2, horizontal (ancho): vertical (altura).
 7 En caso de muro de piedra, el borde inferior debe ser mayor que el superior. Se recomienda 30 cm de borde superior y 50 cm de borde inferior.
 8 Para el caso de la sierra del Perú, y dependiendo de la altitud, se emplean especies agroforestales como el queñual, colle, quishuar, cactáceas, herbáceas como la "Espada de San Miguel" (*Iris germánica*), pastos como el Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), *Phalaris sp.*, etc. No se debe usar malezas como barreras vivas.

Es una práctica que permite crear una estructura estable en el suelo mediante la formación de humus² para asegurar una buena infiltración de agua, minimizar las pérdidas por erosión, incrementar la productividad, etc.

Existen diferentes sistemas de labranza y se debe escoger el/los más adecuado(s) según las condiciones de suelo y clima. Un buen sistema contribuye a mitigar los efectos de los eventos climáticos extremos como: inundaciones, sequías, heladas, etc. Y, además, contribuye a mejorar el sistema de drenaje del suelo y la recarga del acuífero.

CARACTERÍSTICAS

En la labranza se puede distinguir básicamente cinco operaciones:

1. El **volteo** del suelo para enterrar las capas superficiales del suelo y llevar las capas inferiores del mismo a la superficie.
2. La **mezcla y homogenización** de todos los materiales del suelo hasta una profundidad determinada (generalmente 10 cm). Esto facilita la descomposición de rastrojos en zonas de clima templado.
3. La **roturación**, que quiebra las compactaciones que están fuera del alcance de la labranza normal. Permite abrir grietas y aflojar los terrones que están bajo la capa arable³ sin moverlos. La roturación no es igual en todos los suelos. La profundidad se determina según la compactación encontrada y la humedad del suelo. Es una operación que requiere mucha energía, pero hay que tener cuidado de no recompactar el suelo.
4. La **pulverización** de los terrones y grumos para formar una capa de material fino donde se pueda sembrar las semillas; se lleva a cabo en un nivel muy superficial.
5. La **compactación** leve del suelo se realiza después de colocar las semillas para asegurar el contacto de las mismas con el agua.

La labranza se realiza en diferentes **épocas del año**, dependiendo del cultivo y de las condiciones climáticas. Puede darse por lo menos en 4 momentos:

- Inmediatamente antes o después de la siembra, aunque, si se trata de una labranza completa sólo puede darse antes de la plantación.
- Cuando el riego lo permita.
- Al final o a la mitad de la época de lluvias anterior, adelantando así la época de siembra.
- Después de la temporada seca e inicios de la temporada de lluvias, cuando el suelo tenga suficiente humedad para ser trabajado.

Se puede distinguir tipos de labranza según la profundidad de trabajo y/o de acuerdo a su funcionalidad. Los siguientes son los **sistemas de labranza más comunes**:

- La **labranza en camellones o waru-waru**. Es un sistema de labranza desarrollado alrededor de 1.300 a.c. en el altiplano andino (Ericsson, 1996). Es un sistema de siembra en surco alto donde el ambiente es acondicionado por los canales que colectan, conducen, represan y distribuyen el agua de manera más eficiente, mediante una red de drenaje dispersa.

Hay tres tipos de sistemas de camellones:

- Los sistemas regados por lluvias, en los cuales se construye pequeñas lagunas para almacenar agua durante los períodos secos y sistemas de canales para distribuirla.

- Los sistemas fluviales, que están irrigados por agua de ríos y que requieren infraestructura hidráulica como canales y diques para transportar el agua.
- Los sistemas freáticos, en los que el agua subterránea es la fuente de humedad. Se ubican en zonas donde el nivel freático es alto y donde existen mecanismos que aseguran la recarga del acuífero.

Algunas consideraciones que se debe tener en cuenta durante el diseño de los camellones son:

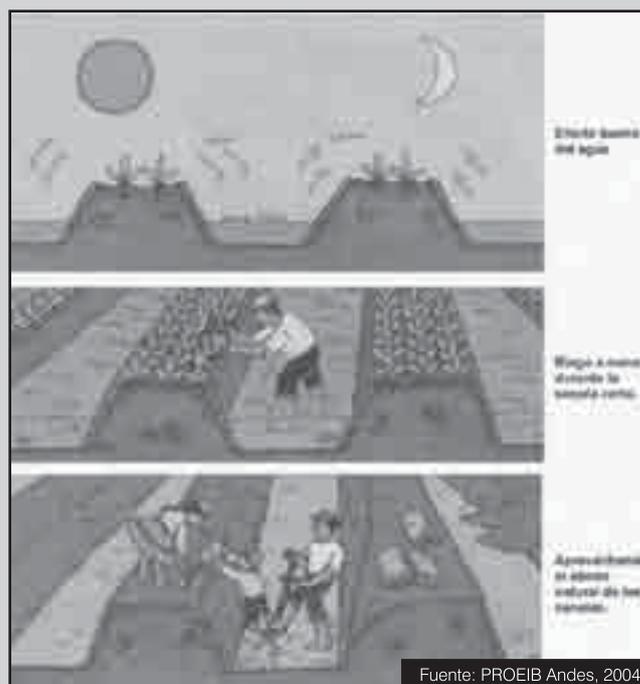
- La altura a la que puede llegar el agua en los surcos, para determinar la altura del camellón.
- Las características del suelo, que determinan tanto las dimensiones del sistema como los cultivos a usar.
- Las condiciones climáticas, por ejemplo: volumen y frecuencia de lluvias, rangos de temperaturas y frecuencia de heladas.

Los camellones pueden ser anchos⁴ o angostos, dependiendo de cada zona, pero la protección de cultivos es mayor cuando los canales son profundos y estrechos. Sin embargo, es importante diseñar el sistema para las necesidades específicas del lugar, por ejemplo: para conservar humedad, para drenar⁵ humedad o para aceptar humedad como en sistemas de riego por gravedad. Es así que los surcos pueden funcionar de dos maneras: atrapando y acumulando la lluvia en zonas semiáridas o drenando el exceso de agua en zonas húmedas.

Debido a la existencia de canales permanentemente irrigados, el suelo mantiene una humedad adecuada. El agua ingresa a los camellones por capilaridad y difusión. El contenido de humedad del suelo permite, además, que éste retenga energía térmica y protege a los cultivos contra las heladas⁶. Este sistema también permite el reciclaje de nutrientes y de otros químicos.

Se prefiere suelos arcillosos y orgánicos porque sólo infiltran 20-30% del agua que ingresa a ellos, y así conservan la humedad. Si no se dispone de estos suelos, se puede compactar ligeramente el camellón para reducir su porosidad y permeabilidad. Se requiere que la infiltración sea alta (80-100%) en la zona del cultivo, pero limitada en el resto del camellón para que la humedad se mantenga. Para incrementar la infiltración se pueden construir tapones o barreras en los surcos, a distancias de uno a tres metros.

La labranza en camellones facilita el trabajo del agricultor puesto que reúne la preparación del terreno y el aporque en una sola operación. Los camellones y surcos pueden ser construidos a mano, con tracción animal o con maquinaria. Además, pueden ser reconstruidos cada año o pueden ser semi-permanentes, haciéndose entonces solamente operaciones de mantenimiento durante el año.



Características del sistema de waru-warú

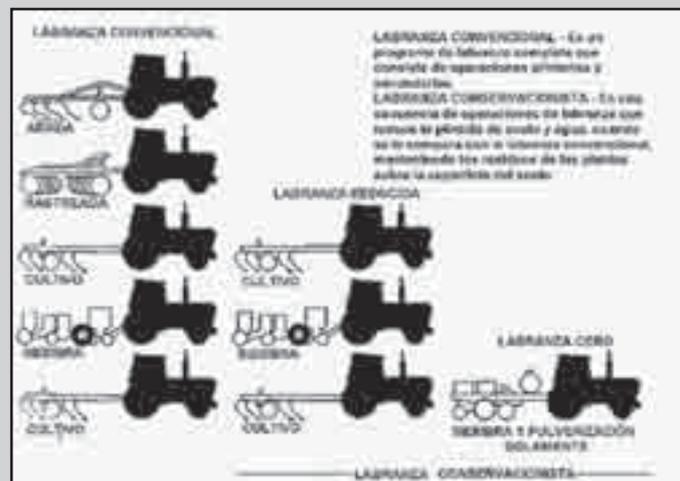
- La **labranza convencional** se basa en la inversión del suelo con el objetivo de controlar las malezas y enfermedades, incorporar fertilizantes, aflojar el perfil, incorporar pastos en las rotaciones y crear una superficie rugosa. Cuando es intensiva usualmente requiere maquinaria como arados, rastras de discos o dientes, sembradoras e incluso cultivadores y/o aspersores.
- La **labranza reducida y la labranza mínima** emplea menos intensidad de labranza que el sistema convencional. El tipo de maquinaria usada⁷ y el número de pasadas varía, quedando en algunos casos muy pocos rastros y en otros, más del 30%. Si esto último sucede también se llama "labranza conservacionista". En general, los sistemas de labranza reducida no utilizan arados de disco o de vertedera, y hacen poco uso de tracción animal.

Son sistemas que reducen el consumo de combustible, el tiempo de trabajo y los equipos requeridos. Debido a que se rotura el suelo, las condiciones de germinación de las semillas son mejores que en labranza cero. Además, le dan flexibilidad al control de malezas, puesto que permiten el uso de herbicidas en casos estrictamente necesarios, lo que no es posible en la labranza cero.

- La **labranza cero** se refiere a sistemas donde se deposita la semilla manual o mecánicamente en el suelo sin hacer ningún tipo de labranza o en todo caso, sólo se pulveriza un poco el suelo y se siembra. La manera más sencilla de realizar esta labranza es con un palo para hacer hoyos en el suelo, y la manera mecanizada implica el uso de rejas sembradoras de disco o cincel (que cortan los rastros, abren el suelo y depositan la semilla). Este sistema es complementario con la **siembra directa**, que implica dejar los rastros del cultivo anterior formando una capa de mulch sobre el suelo. Los residuos vegetales deben estar picados y uniformemente distribuidos en la parcela quedando sobre el suelo al menos 80% de rastros. Para ello se puede usar maquinaria especializada o instrumentos manuales.

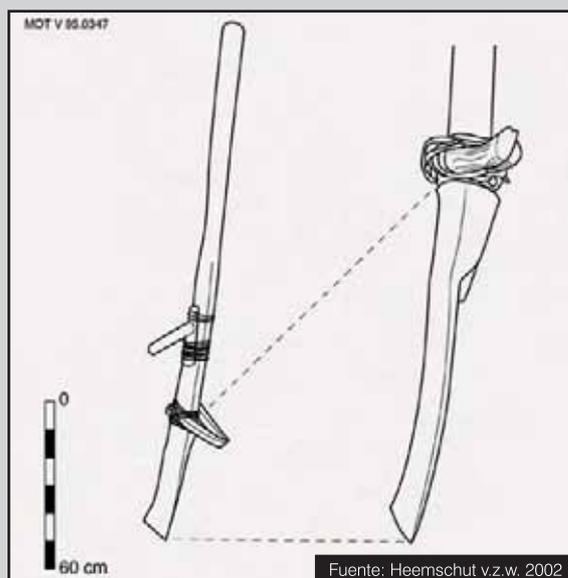
Es un sistema apto para suelos livianos y medianos, suelos bien drenados y suelos volcánicos.

Antes de iniciar un programa de labranza cero es importante determinar si el suelo tiene algunas deficiencias nutricionales. Igualmente, se debe verificar que no haya compactación ni infestación por malezas.



Diferencias en uso de maquinaria entre distintos sistemas de labranza

- La **labranza vertical** busca compactar menos el suelo y dejar rastros en la superficie. Se basa fundamentalmente en el volteo del terreno. Usualmente se realiza con equipos que tienen puntas (discos o arados). Es un tipo de labranza que trae ventajas incluso a suelos con problemas de drenaje.



Esquema de la chaqui tacla

- La **labranza en bandas** implica labrar sólo algunas bandas del terreno donde no se sembrará; el resto del área no es perturbada. Solamente se controlan las malezas y se deja una cobertura de rastrojos como protección y para facilitar la infiltración del agua. Las hileras de siembra pueden tener de 5 a 20 cm de ancho y de 5 a 10 cm de profundidad. Se puede usar sembradoras o herramientas como chaquitaclas, pero de cualquier manera se hace menos gastos en maquinaria y combustibles. Además, genera menos problemas de erosión y se puede aplicar a suelos endurecidos.



Cultivo en fajas de leguminosas y gramíneas

- La **labranza de subsolación**, cuya finalidad es recuperar suelos compactados, mediante el levantamiento, rompimiento y aflojamiento de su estructura. Esto favorece un mejor desarrollo de las raíces y muchas veces también mejora el drenaje del suelo. En suelos con problemas de drenaje se construye canales a una mayor profundidad que la de la subsolación, de tal manera que se favorezca el transporte de agua alrededor del suelo.

La subsolación puede hacerse en época seca después de la cosecha y antes de la preparación de la cama de siembra. Después de realizarla podría ser necesario hacer otras labranzas para desmenuzar los agregados grandes y preparar el terreno. En todo caso, para efectuarla el terreno debe estar seco o sólo ligeramente húmedo.

FUNCIÓN

De los diversos sistemas de labranza convencional:

- Evitar la rápida descomposición de la materia orgánica y la pérdida de suelo.
- Controlar malezas, plagas y enfermedades.
- Controlar la erosión, sobre todo en laderas.
- Controlar plagas y enfermedades.
- Aumentar la capacidad del suelo para retener agua y para airearse.
- Lograr una distribución uniforme de partículas, de elementos nutritivos y de la humedad en la totalidad del volumen labrado.

De la labranza cero o mínima:

- Aumentar la tasa de infiltración del agua de lluvia.
- Reducir la evaporación y aumentar la retención de humedad en el suelo.
- Aumentar el contenido de materia orgánica en el horizonte superficial, mejorando la estructura del suelo.
- Estimular la actividad biológica en el suelo y, por lo tanto, asegurar una buena macroporosidad.
- Reducir las temperaturas muy altas y las fluctuaciones de temperatura en las zonas de semillas.

De la siembra directa:

- Evitar la compactación.
- Organizar el trabajo y reducir los costos de preparación del terreno, así como el tiempo necesario para la siembra.
- Reducir la exposición del suelo a la intemperie.

De la labranza en camellones:

- Crear un microclima adecuado para el crecimiento de las plantas, atenuando el efecto de heladas (hasta en 2,5 °C).
- Incrementar el suelo fértil y rehabilitar suelos degradados.
- Incrementar el contenido de materia orgánica que se descompone en los canales formando un abono rico en nutrientes que puede ser desenterrado por estaciones y puede añadirse a los camellones.
- Mantener un nivel adecuado de humedad.
- Lixiviar⁸ y eliminar las sales hacia los canales de drenaje, de modo que no afecten los cultivos.
- Incrementar la productividad de algunos cultivos clave y por lo tanto la seguridad alimentaria.
- Recuperar áreas inundables y marginales.
- Fortalecer la organización comunal para la gestión de la tecnología.
- Evitar la pérdida de agua por escorrentía.
- Facilitar la combinación de diferentes cultivos al permitir la siembra en los surcos y en los camellones al mismo tiempo.

VARIACIONES

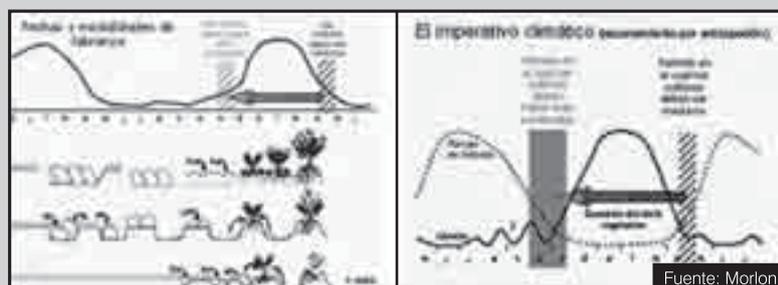
Existen sistemas donde la preparación del suelo y la siembra se hacen en una misma operación para evitar la exposición a la erosión durante el período que pasa entre la preparación del terreno y la siembra. Los tres **sistemas combinados** labranza-siembra más comunes son:

- **Labranza en bandas – siembra**, donde se prepara y siembra en bandas, sin disturbar el suelo entre las bandas.
- **Labranza en camellones – siembra**, donde en una sola operación se remueven el suelo y los residuos de la cumbre de los camellones formados en la época anterior, y se colocan las semillas en hileras. En la zona entre las hileras no se hace ningún laboreo antes de la siembra y ésta queda con una cobertura que protege contra los rastrojos.
Una o dos veces durante el crecimiento del cultivo se controlan las malezas y al mismo tiempo se reconstruyen los camellones, de ser necesario.
- **Labranza profunda – siembra**, que es un sistema parecido a la labranza cero con la excepción que el terreno se volteo más profundamente con una herramienta o maquinaria antes de la colocación de la semilla. Ha sido desarrollado especialmente para suelos endurecidos y compactados.

EJEMPLOS

- Los camellones fueron usados primeramente en la zona cercana al lago Titicaca, donde fue la base de la economía regional. Los estudios indican que la producción de papa se incrementa en 40% bajo el sistema

de camellones, a comparación de la producción en laderas. Según Canahua y Ho (LEISA, 2003), entre 1986 y 2001, las comunidades campesinas, con apoyo de instituciones públicas y privadas, reconstruyeron alrededor de 4.460 hectáreas de éste sistema. El 37% de éstas corresponden a 161 comunidades que trabajaron con la facilitación del proyecto «Waru waru: Riesgos y Desarrollo Agrícola del Altiplano», del convenio CARE PERU – Embajada Real de los Países Bajos (1992 – 2001).



Izquierda: Fechas y modalidades de labranza en el altiplano
Derecha: El razonamiento anticipado al clima

- En Carolina del Norte (EEUU.), se comparó diferentes sistemas de labranza, obteniendo con la labranza cero 60% de incremento en el rendimiento de maíz.

Sistema de labranza	Humedad (%)	Cobertura de rastrojos (%)	Rendimiento de maíz (t/ha)
Labranza cero	13	90	5,77
Labranza vertical	12	33	5,58
Arado cincel disco	9	14	4,7
Labranza convencional	6	3	3,57

Fuente: Cook y Lewis, 1989

Contenido de humedad, cobertura de rastrojos y rendimiento de maíz para cuatro sistemas de labranza en Oxford, EE.UU. (1985)

- Etchevers *et al.*, estudiaron 2 sistemas de labranza (cero y convencional) en México, observando que los rendimientos de maíz eran mayores con labranza cero, especialmente en aquellos sistemas con rotaciones con leguminosas y donde se dejó una capa de mulch.

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- Las intervenciones mecánicas para la realización de cultivos debe ser limitada a lo necesario para evitar compactar el suelo.



Volteo de la tierra

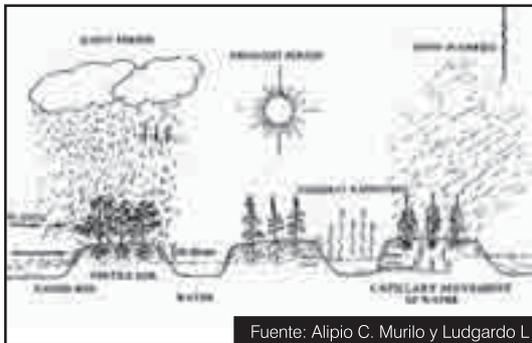
- Antes de iniciar la labranza, se debe verificar que el suelo está descompactado y conocer su calidad nutricional. Los mejores resultados se obtienen en suelos bien drenados, no compactados, emparejados y sin problemas de malezas.
- Cada tipo de suelo, según su textura, tiene un rango óptimo de humedad para la labranza.



Fuente: Egúsqiza, B. R. 2000

El aporque

- En suelos arenosos secos no se puede realizar fácilmente el volteo, sin embargo, la labranza en arena demasiado húmeda tampoco es recomendable porque compacta y hace patinar a la maquinaria.
- En suelos limosos sí es posible labrar en seco. Sin embargo, esto consume más energía que la labranza en húmedo.
- Los suelos arcillosos son casi imposibles de labrar en seco.
- Los suelos livianos y arenosos son más abrasivos con la maquinaria y las herramientas que los suelos pesados y arcillosos.



Fuente: Alipio C. Murilo y Ludgardo L.

Esquema del sistema de waru-warus en Puno, Perú



Fuente : IRD, Jean Paul L'Homme

Waru waru en Juliaca



Fuente: Alipio C., Murilo, Ludgardo L. y Mamani

Diseño de sistema fluvial de waru-waru



Fuente: Kashyapa A. S. Yapa

Camellones rehabilitados de Lacaya, en Pampa Koani



Fuente: Redepapa

Camellones preparados para la siembra



Fuente : PROEIB Andes, 2004

Camellones en funcionamiento



Fuente : Redepapa

Camellones con papa



Fuente: www.oni.esuelas.edu.ar/.../suelo.htm

Horizontes del suelo



Fuente: Egúsqiza, B. R. 2000.

Tapado de semilla con tracción animal



Fuente: Egúsqiza, B. R. 2000.

Tapado de semilla con tracción mecánica

- Las malezas se deben controlar antes que su altura llegue a 15 cm. El arado por si sólo no las controla, es necesario desinfectar el suelo adecuadamente antes de cada campaña. Además, es preferible aplicar insecticidas selectivos y biológicos, y el manejo integrado de plagas.
- Para evitar o demorar la formación de costras superficiales, la labranza debería dejar agregados de 6 a 8 cm de diámetro en los suelos livianos a medianos, y agregados de 4 a 5 cm de diámetro en los suelos pesados.



Fuente: Proyecto Jaldas (Bolivia)

Siembra directa en una parcela de habas



Fuente: Gómez Macpherson (www.fao.org)

Dos cultivos sembrados después de arroz en Bangladesh. Con labranza convencional su rendimiento fue a 2 Tn/ha. Con labranza mínima, se sembró cinco días después de la cosecha anterior y el rendimiento estimado fue 4 Tn/ha



Arado cincel



Fuente: Proyecto Jaldas (Bolivia)

Laboreo

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- Los sistemas de labranza mínima y labranza en camellones requieren menos maquinaria e incluso ésta puede ser reemplazada por herramientas locales.
- Un grupo de 3 personas puede arar una parcela de 500 a 1.000 m² en una jornada de trabajo, usando herramientas manuales.
- La labranza cero reduce el tiempo y la mano de obra requerida hasta en un 50 - 60%.

COSTOS

- Los costos de reparación y mantenimiento de los sistemas intensivos y convencionales de labranza, donde se usa gran cantidad de maquinaria, son altos.
- La relación costo-beneficio de las maquinarias varía según la finalidad de la labranza.
- Para la labranza en camellones no se requiere gran cantidad de herramientas, maquinaria o gran cantidad de fertilizantes, el mayor gasto lo constituye la mano de obra para construirlos.
- El costo por hectárea de un sistema de camellones alimentado por agua subterránea, para el cultivo de papa, se estima en \$1.460 (Chatuma, Perú). De éste, el 70% corresponde a costos directos y el 30% a costos indirectos.

● ALCANCES

- Para terrenos endurecidos es necesario el uso de sistemas convencionales de labranza y de subsolación.
- Los sistemas de camellones pueden ser utilizados en zonas relativamente planas y/o donde haya un suministro asegurado de agua.
- Cuando se desea reciclar al máximo la materia orgánica, los rastrojos de la cosecha anterior se dejan en el suelo, y el sistema más apropiado a utilizar es la labranza mínima en combinación con sistemas de siembra directa.



Fuente: Proyecto Jalda – Bolivia

Mulch sobre el suelo, listo para la próxima campaña

- La siembra directa funciona mejor si en la parcela se dan rotaciones permanentes y si se cultivan gramíneas, leguminosas o especies que aporten nutrientes al suelo entre campaña y campaña.

● LIMITACIONES

- Si el ancho y la velocidad óptima de las maquinarias se excede, el efecto puede ser adverso: puede quitar estructura al suelo (compactar) y consumir más combustible. A mayores velocidades, algunos arados pulverizan demasiado el suelo y lo tiran lejos.
- La labranza convencional mal manejada deja al suelo desnudo y susceptible al encostramiento y a la erosión. Si todos los años se realiza con igual intensidad reduce la humedad del suelo y genera una zona compactada llamada "piso de arado".
- Los camellones no son aptos para pendientes mayores a 7% debido a los riesgos de la acumulación de excesos de agua en los surcos, lo que podría causar derrumbamientos o desbordes.
- El ciclo de vida de los camellones es corto, cada 3 años se requiere la reconstrucción de los mismos (y es preferible que se realice en época seca). Cuando se reconstruyen cada año, se deja poca cobertura vegetal sobre el suelo y por lo tanto se pueden generar encostramientos y erosión hídrica. Para evitar esto se puede sembrar pastos.
- La labranza en bandas tiene la desventaja que puede ser más trabajosa y puede formar costras. Si se decidiese usar maquinarias en este sistema, resultarían ser más costosas y menos comunes.
- En los distintos sistemas de labranza conservacionista, a más variedad de cultivos, se necesita más herramientas específicas.
- La labranza cero no es apta para suelos degradados o severamente erosionados ni para suelos muy susceptibles a la compactación o endurecidos, debido a que no puede aflojar las capas compactadas que perjudican el desarrollo inicial del cultivo y el crecimiento de las raíces. Tampoco es apta para suelos mal drenados, arcillosos o masivos.
- La siembra en los sistemas de labranza cero es cerca del 70% más lenta que en un sistema convencional porque se debe controlar periódicamente la profundidad y densidad de siembra de las semillas.
- En los sistemas de siembra directa se debe controlar cuidadosamente la humedad ya que podrían surgir problemas con enfermedades y plagas debido a la persistencia de rastrojos¹ sobre el suelo.

- *Un sistema de siembra directa industrializada puede requerir el uso intensivo de implementos.*
- *El efecto beneficioso de la subsolación dura muy poco en los suelos endurecidos o muy susceptibles a la compactación*
- *La subsolación se puede hacer solamente cuando el suelo está seco o ligeramente húmedo. Requiere maquinaria de gran potencia y frecuentemente deja vacíos grandes entre los agregados, es decir, condiciones no favorables para la germinación y crecimiento inicial de las plantas.*
- *Las limitaciones de la labranza profunda - siembra son la poca disponibilidad de máquinas y la alta potencia de tiro requerida.*
- *Durante la labranza, el agua sólo se utiliza para ablandar la tierra, sin embargo, muchas veces se da en época seca, cuando ésta es menos abundante y más disputada.*

¹ Esto es más grave aún si se trata de monocultivos. Sin embargo, los rastrojos también podrían estimular la proliferación de los predadores naturales de las plagas.

² El humus es una sustancia compuesta por productos orgánicos de naturaleza coloidal, y proviene de la desintegración de los residuos orgánicos. Se caracteriza por su color negruzco debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en la capa arable de los suelos, donde hay mayor actividad biológica. Los elementos orgánicos que componen el humus son muy estables y su grado de descomposición es tan elevado que el abono está en un estado en que ya no se descompone más ni sufre transformaciones considerables.

³ Es el nivel superior del suelo destinado a cultivo. Puede oscilar entre 10 - 50 centímetros, en general.

⁴ En el altiplano andino, los surcos gigantes que dividían los camellones tenían 4 a 10 m de ancho por 100 m a más de largo y 1 m de altura. Fueron abandonados desde el siglo XVI, pero poco a poco su utilización se está recuperando. Hoy se encuentran dispersos en al menos 142.000 hectáreas.

⁵ Cuando los camellones y surcos se construyen con una ligera pendiente, drenan el exceso de humedad en suelos poco permeables.

⁶ Las plantas que se cultivan sobre el camellón están protegidas contra las heladas debido al efecto termorregulador del agua que recorre los surcos. Ésta hace que la temperatura del aire alrededor de los cultivos no sea muy baja.

⁷ Si se usan máquinas, éstas suelen ser: a) rastras de discos (con ellas se da 1 ó 2 pasadas) y sembradoras; b) arados de cincel o cultivadores, que se pasan antes y después de la siembra, para aumentar la infiltración del agua de lluvia; c) motocultores, que deben ser usados con mucho cuidado para que no pulvericen el suelo.

⁸ Quiere decir separar una sustancia soluble de una insoluble por medio de un disolvente.

CONCEPTO

Bajo este nombre se agrupan una serie de técnicas que permiten coleccionar el agua de lluvia y de neblinas. Estas técnicas permiten controlar la distribución del agua y optimizar su manejo en cuencas. Además, minimizan los riesgos durante periodos de sequía y mantienen el balance hidrológico.



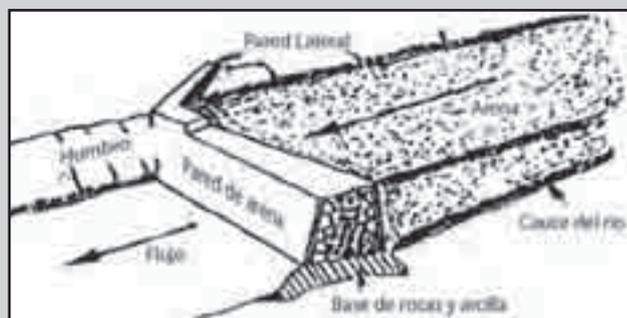
El ciclo del agua

CARACTERÍSTICAS

Solo una parte del agua de lluvia es aprovechada para actividades humanas, otra se infiltra para recargar el acuífero y alimenta los manantiales.

a) **En los cauces** la cosecha se puede hacer mediante:

- El aumento del tiempo de contacto entre el terreno y el agua que discurre en el cauce. Para ello se utiliza **serpenteos y embalses** (ver **ficha 8**), que favorece la infiltración. Los embalses ubicados en cauces, como las **presas de arena**, permiten la formación de pequeños acuíferos disponibles hasta el período seco. Para ello, su base debe ser de arcilla o roca, y la altura y grosor de sus paredes deben resistir la fuerza del flujo de agua.



Esquema de una presa de arena

- El establecimiento de **escarificaciones** para eliminar los materiales finos de los lechos de los ríos y/o evitar su dispersión de tal modo que se pueda captar agua sin material en suspensión.

b) Fuera de los cauces se puede construir lo siguiente:

- **Kochas o Campos de extensión.** Es una antigua técnica utilizada en el altiplano para maximizar la recolección de agua de lluvia y enfrentar con éxito la variabilidad climática para la producción agrícola. Es un conjunto de pequeñas lagunas artificiales unidas entre sí por canales, diques internos y compuertas. El agua va rebosando las kochas y finalmente desemboca en un lago. En el trayecto los sedimentos van quedando atrapados de tal modo que enriquecen el suelo.

Cada kocha tiene la forma de un embudo de 20 a 50 m de ancho, y entre 2 y 6 m de profundidad. Se siembra en los bordes¹ y el agua almacenada permite controlar el microclima de modo que las plantas puedan sobrevivir temporadas de sequía y heladas. Como el sistema se mantiene húmedo, hay mucha biomasa, dando fertilidad al suelo.

Las kochas individuales pueden ser manejadas por unidades familiares pero las hileras de kochas y canales requieren el control de unidades sociales mayores, para regular el flujo y la distribución del agua entre ellas.

- **Atajados.** Son reservorios de diferentes tipos de material usualmente localizados en la cuenca alta, recolecta agua de lluvia y de vertientes naturales.



Atajados en Cajamarca

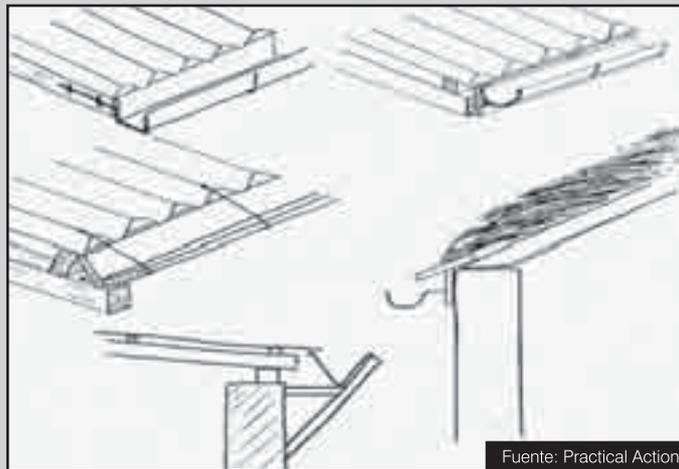
Los atajados pueden contar con un desarenador, vertedero, bocatoma, sedimentador y/o canales de distribución.

La construcción debe tomar en cuenta un estudio de suelos. Luego de realizar el hoyo, se impermeabiliza el piso sellando la base con una capa de arcilla de 15 cm de espesor distribuido uniformemente, luego se llena con agua en forma lenta a fin de que la arcilla se asiente. Este procedimiento se realiza con el fin de que la fuerza y el peso del agua tape las partículas finas de arena en los espacios porosos.

Otra manera de compactar el piso es mediante el chapaleo con yuntas de bueyes. Este proceso consiste en remojar el substrato de la base, que debe orear por lo menos un día; después se procede a arar con las yuntas en forma cruzada hasta dejar el suelo regularmente mullido. Finalmente, se carga el agua para proseguir con el chapaleo cuantas veces sea necesario.

Como una alternativa innovadora en atajados con alto grado de infiltración, se recomienda impermeabilizar el terreno con polietileno o geomembranas especiales para tal fin. Antes, se debe preparar una cama de material fino donde descansa el polietileno; una vez tendido el plástico, se cubre con una capa fina de arcilla u otro material hasta lograr 10 centímetros de espesor.

- **Sistemas domésticos de cosecha de agua**, que usualmente² están conformados por los siguientes elementos:
 - El dispositivo de captación (techo), que es una superficie extensa destinada a la recolección de agua de lluvia, cuya capacidad depende de su forma, material y pendiente.
 - El subsistema de transporte, es decir, el conjunto de canaletas³ que conducen el agua de lluvia.



Algunos tipos de canaletas para derivar el agua del techo

- El interceptor⁴, que es un dispositivo capaz de separar las impurezas de los primeros volúmenes de agua de lluvia.
- El depósito de almacenamiento⁵. El tanque final de almacenamiento debe incorporar algún desinfectante (por ej. cloro), y posteriormente hervir el agua que esté destinada para consumo. El tanque debe ser duradero y cumplir con las especificaciones siguientes:
 - Impermeable.
 - De no más de 2 m de altura para minimizar la sobre presión.
 - Con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y luz solar, pero debe permitir el ingreso de una persona para limpieza y reparaciones necesarias.
 - Tener mallas en la entrada y rebose para evitar el ingreso de insectos y animales.
 - Tener dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. En caso de tanques enterrados deberán ser dotados de bombas de mano.



Sistema doméstico de cosecha de agua

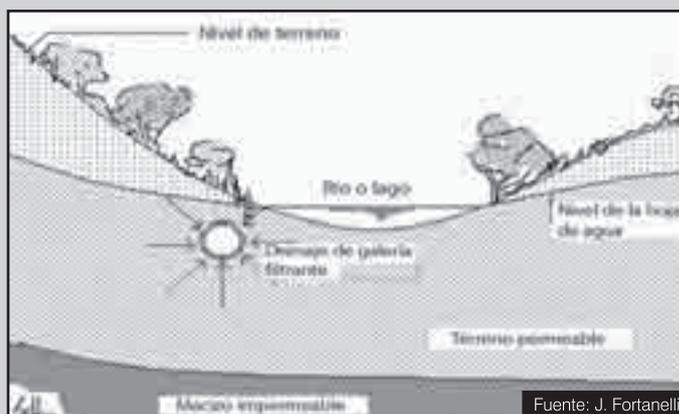
- **Atrapanieblas.** Son dispositivos que permiten condensar el agua de la neblina y de las lluvias horizontales. Para ello se colocan paneles o mallas en dirección perpendicular al viento.

Es especialmente útil para pobladores de zonas costeras aisladas y de escasos ingresos. No obstante, es importante siempre tener en cuenta la acción participativa de la población.

El agua colectada es llevada a un estanque cerrado que evita su contaminación y mantiene su pureza. Puede ser transportada para uso familiar o riego.

- **Drenes subterráneos y galerías filtrantes** Son excavaciones ubicadas en el lecho o costado de los ríos, captan el agua que percola a través del suelo, por medio de los orificios y ranuras⁶ de sus paredes.

Generalmente llevan poco sedimento y no se colmatan fácilmente, sin embargo, los tramos cercanos al río deben reforzarse con estructuras protectoras en caso de crecidas excepcionales.



Croquis de una galería filtrante en el lecho de un río ubicado en San Luis de Potosí, México

Las galerías subterráneas pueden tener hasta 1,5 Km de largo y más de 10 m de profundidad. En ellas el agua circula por gravedad. Se conectan con el exterior a través de pozos, campos hundidos⁷, manantiales o estanques, muchos de los cuales conforman su desembocadura. Ya en superficie, el agua es transportada por medio de surcos en contorno, kochas u otro sistema de distribución.

- **Surcos en contorno.** Son canales que siguen la pendiente del terreno y favorecen la infiltración del agua en su recorrido. Se utilizan en laderas donde existen fuertes precipitaciones estacionales.



*Izquierda. Surcos en contorno establecidos
Derecha: Construcción de surcos en contorno con yunta*

Algunos criterios a tener en cuenta en su diseño:

- La pendiente: Oscila entre 1% y 5% dependiendo de la precipitación⁸, del tipo de suelo, del cultivo a instalarse y del tipo de riego⁹. La idea es que el flujo de agua que circule en los surcos no cause erosión¹⁰.
- La longitud: No debe ser mayor a 100 m.
- El distanciamiento entre surcos: Depende del cultivo y la topografía del terreno.



Canal en contorno con protección de cortina forestal



Protección de un canal para evitar la evaporación

- **Zanjas de infiltración.** Son canales trapezoidales o rectangulares separados entre sí por tabiques. Generalmente siguen las curvas de nivel¹¹, su longitud fluctúa entre 3 y 50 m y su profundidad llega a 40 cm. Entre zanjas se construye **tabiques** cuyo ancho varía entre 0,7 m y 1,5 m.

Las zanjas deben tener una pendiente longitudinal mínima (0,1 – 0,3 %) para poder interceptar, desviar y conducir el agua de escorrentía. En cambio, los canales¹² de desagüe del sistema de zanjas, pueden tener pendientes altas y por ello es bueno que estén revestidos con vegetación.

El distanciamiento entre zanjas depende del tipo de cultivo, la precipitación, la capacidad de infiltración del suelo y la pendiente del terreno.

Distanciamiento sugerido entre zanjas

Pendiente (%)	Distanciamiento (m)
2	30
10	20
20	14
35	8
40	6

Fuente: J. Guerrero B.



Fuente: Flores, 200.

Plantación con zanjas de infiltración, en Llongocura, Chile

FUNCIÓN

- Los vasos permeables permiten formar bolsones de agua en el subsuelo para abastecer manantiales y pozos en la siguiente estación.
- Los atajados permiten reservar agua para períodos de escasez y estaciones secas. Además, contribuyen a mejorar las condiciones microclimáticas y diversificar la producción.
- Las escarificaciones reducen el transporte de sedimentos en los cauces.
- Las kochas permiten optimizar el manejo del agua y reducen los riesgos de heladas debido a que los espejos de agua que forman absorben calor durante el día y lo irradian en la tarde.
- Las kochas también reducen la erosión y el arrastre de material fino (rico en nutrientes). Asimismo, mantienen biomasa abundante en microclimas de humedad permanente, etc.
- Las galerías filtrantes reducen la cantidad de sedimentos que llevan los sistemas de abastecimiento de agua. Además, el agua que transportan suele ser de muy buena calidad puesto que funcionan como filtros de sales y partículas.
- Las zanjas de infiltración y los surcos en contorno permiten reducir la velocidad de escurrimiento superficial y favorecen una mayor infiltración del agua. También contienen la erosión laminar, reducen las pérdidas de agua y aumentan la productividad al propiciar una mejor distribución del agua.

EJEMPLOS

- Las Amunas son una práctica ancestral de recarga artificial de acuíferos aplicada en macizos rocosos de alta montaña. Su aplicación práctica aún se mantiene (por ejemplo: Tupicocha). El sistema de amunas desvía el agua de lluvia de las quebradas para conducirla mediante acequias hacia laderas pedregosas o con rocas fracturadas, donde puede aflorar el agua (formando manantiales).



Amunas en Tupicocha

En muchos lugares, las amunas se complementan con otras técnicas como los atajados, galerías y estanques.



*Izquierda: Amunas conectada a galerías filtrantes
Derecha: Dren conectado a pozo artesanal*

- La cultura Nazca en el Perú construyó una extensa red de túneles y profundas zanjás que les permitían captar el agua subterránea y llevarla hasta la superficie. En la zona se repetían eventos de sequía extrema cada 10 años aproximadamente; así que durante los primeros años del ciclo las galerías se llenaban con agua de lluvias y la almacenaban para afrontar los períodos de escasez. Los Nazca interconectaron sus galerías con "chacras hundidas" para aprovechar el agua de infiltración y la humedad del subsuelo.
- Practical Action apoyó la construcción de presas de arena en Kitui, Machakos y Pokot Oeste, en Samburu (África del Este). Éstas han resultado muy útiles para aprovisionar a personas y animales en temporadas de sequía. Para la construcción y diseño es necesario el consenso de la población local para su participación.

- En Cajamarca, Perú, PRONAMACHCS y la comunidad construyeron zanjas de infiltración en el parque de Aylambo, logrando que la cobertura vegetal herbácea aumente de 10 a 40% en 3 años lluviosos (750mm/ha/año). Además, durante ese tiempo, los flujos de agua de los manantiales se incrementaron como sigue:

Centros demostrativos	Año y flujo	Año y flujo
Aylambo	1974 → 0,2 l/s	1977 → 0,4 l/s
Parque de La Virgen	1983 → 0,3 l/s	1985 → 0,45 l/s
Guitarrero	1982 → 0,1 l/s	1984 → 0,2 l/s

- En Puno, Perú, a más de 3.850 msnm., las kochas aún son muy usadas por la población campesina para el cultivo de papa, quinua, oca, etc. y el pastoreo de ganado (Valdivia y Reinoso, 1994). En el altiplano la prioridad de los productores es la estabilidad de los rendimientos, y no siempre la alta productividad. En zonas donde no hay kochas, el rendimiento es menos estable y existe mayor inseguridad alimentaria, sobre todo con eventos climáticos extremos.
- En Inglaterra, Japón, Alemania y Singapur, algunos edificios captan el agua de lluvia en un sistema de recolección, para destinarla a los baños o posibles incendios, permitiendo ahorrar hasta el 15% del costo.

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- *La cantidad y velocidad de la infiltración depende del tipo de suelo y de su contenido de humedad.*



Equipo para hacer prueba de infiltración

- *Muchas veces los sistemas de riego bien manejados contribuyen a regular los acuíferos.*



Serpenteos

Fuente: GSAAC



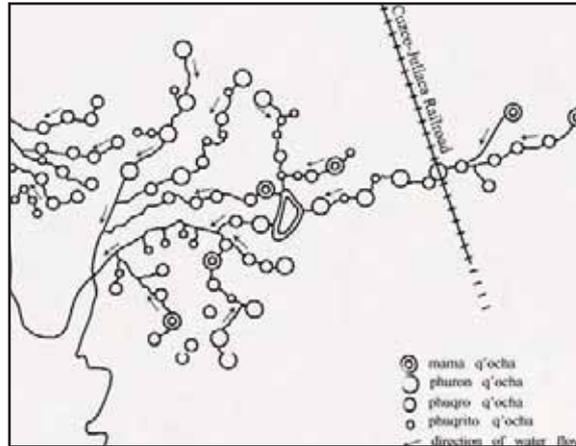
Embalse o vaso permeable

Fuente: GSAAC



Fuente: Bayer AG

Escarificación con camellones y estacas vivas



Sistema de kochas



Fuente: Kashyapa A. S. Yapa

Kocha en el altiplano



Fuente: Kashyapa A. S. Yapa

Sistema interconectado de kochas



Fuente: Practical Action

Atajado en África



Fuente: Practical Action Sri Lanka

Canaletas y filtro en sistema doméstico de cosecha de agua, en Sri Lanka



Fuente: Practical Action – ITDG.

Cisternas de almacenamiento del agua cosechada.



Fuente: Practical Action – ITDG.

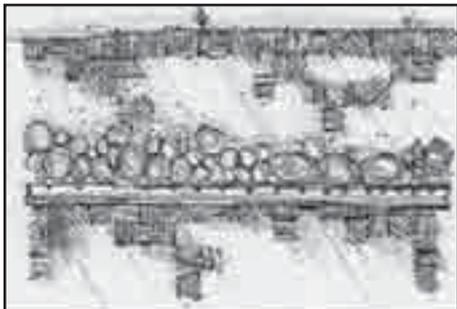
Tanque de cosecha de agua en Sri Lanka.



Cosecha de agua de lluvia de los techos almacenada en cisternas de ferrocemento para la producción de hortalizas en invernadero rústico y a cielo abierto Guanajuato, México



Atrapanieblas



Galerías filtrantes



Fuente: www.geocities.com

Corte esquemático de una galería filtrante



Fuente: Egúsqiza, B. R. 2000

Conformación de los surcos en contorno



Fuente: Practical Action Zimbabwe

Trabajo comunal para la formación de surcos en contorno

- Los surcos en contorno funcionan como canales de riego, controladores de erosión y disipadores de energía.



Vista lateral de la zanja de infiltración



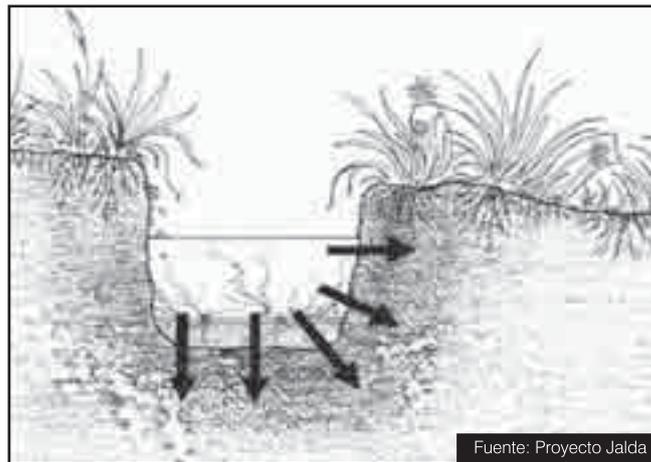
Tabiques en una zanja de infiltración



Tabiques en un sistema de zanjas



Diseño básico de una zanja de infiltración



Infiltración en una zanja

- Es recomendable construir las zanjas de infiltración en suelos de cuencas altas y medias, pero no en zonas donde haya precipitaciones muy fuertes y/o problemas de permeabilidad.
- Es de gran utilidad construir zanjas de infiltración al pie de las terrazas, sobretodo en regiones lluviosas.
- Se recomienda cambiar la posición de las zanjas cada 5 años.
- El mantenimiento de los diferentes sistemas de cosecha de agua debe ser permanente. No se debe esperar hasta que se colmaten de agua o de sedimentos.
- La desembocadura de los canales, surcos y galerías debe ubicarse en una zona protegida, a fin de evitar la formación de una gran cárcava.

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO

- Los sistemas de kochas y, en cierta medida, los sistemas de zanjas, requieren un alto nivel de organización comunitaria y conocimiento del territorio y del ciclo hidrológico.
- Las canaletas y filtros utilizados en los sistemas domésticos de cosecha de agua, así como las mallas de los atrapanieblas pueden ser adaptaciones hechas con insumos locales.

● COSTOS

- *Los sistemas domésticos pueden utilizar insumos locales, para optimizar la colecta y reducir los costos de instalación. Por ejemplo: en Uganda y Sri Lanka, se utiliza hojas y ramas de árboles para coleccionar el agua de lluvia, y así, sólo en un día se puede llegar a coleccionar hasta 200 lt de agua.*
- *Construir un tanque de cemento de 10 m³ cuesta aproximadamente \$100, más el trabajo de 4 a 10 personas.*
- *Las galerías filtrantes son más económicas que los pozos profundos y otras técnicas de recarga de acuíferos porque permiten realizar una inversión progresiva y de poco riesgo.*

● ALCANCES

- *Las regiones donde hay lluvias estacionales o permanentes son propicias para la instalación de sistemas domésticos de captación.*
- *Las galerías son particularmente útiles en áreas semi – desérticas, o con precipitación temporal.*
- *Todo sistema de cosecha es más eficiente si se conectan diferentes técnicas de aprovechamiento y reserva de agua a lo largo de la cuenca. Ello requiere la coordinación de diferentes actores.*
- *El control adecuado de la cosecha de agua permitiría establecer mecanismos para el intercambio de servicios ambientales.*

● LIMITACIONES

- *El equipo de bombeo requiere mantenimiento constante.*
- *Si se construye infraestructuras en zonas de alta pendiente puede haber desbordamientos, principalmente en temporadas de fuertes precipitaciones. Esto se complica si no existe una buena cobertura vegetal.*

¹ Es decir, se cultiva en círculos y se va ganando terreno conforme desciende el nivel del agua.

² Puede haber algunas excepciones, por ejemplo, aquellos sistemas conformados por un pedazo de tela o plástico sujeto por sus 4 aristas y con un agujero en la parte central por donde pasa el agua hacia un recipiente (sistema tipo embudo).

³ Pueden ser de diferentes formas y materiales (PVC, bambú, metal, o cualquier otro material que no afecte la fisicoquímica del agua). Su ancho mínimo será 75 mm y el máximo 15 cm. Las uniones entre canaletas deben ser herméticas y lo más lisas posibles, para evitar el represamiento de agua.

⁴ Los casos más sofisticados constan de un equipo de filtración, cámaras de decantación para remover los residuos antes que el agua entre al tanque, bombas para extraer agua, indicadores del nivel de agua, etc. En todo caso, se requiere que el flujo de agua sea lento.

⁵ Se puede instalar filtros de arena adentro del tanque para purificar el agua al momento de su extracción.

⁶ Las galerías tienen ranuras o intersticios constituidos por material granular, lechos de gravilla, arena fina, cobertura limosa, etc.

⁷ Los campos hundidos son grandes depresiones rodeadas por lomas de tierra que miden hasta varios metros de altura. En dichos huecos se puede cultivar y plantar árboles. Suelen tener 1-2 metros de profundidad y miden aproximadamente 1 m². Esta técnica ha sido ampliamente utilizada en la zona sur de América Latina.

⁸ Donde la precipitación es menor, la pendiente es poco inclinada, pero donde la pendiente es alta, se debe analizar la permeabilidad de los suelos, ya que ésta determina el drenaje.

⁹ Las condiciones son diferentes para cultivos irrigados y para cultivos en secano, es decir, que sólo se abastecen de agua gracias a la precipitación. Los primeros dependen mucho del volumen de agua disponible para riego y en ellos es importante asegurar una distribución uniforme de la humedad.

¹⁰ Cada hilera de plantas en los surcos a nivel constituye un obstáculo que se opone al paso de la escorrentía y va disminuyendo su velocidad, así como su capacidad para arrastrar suelo. Entonces, los surcos disminuyen la erosión, los riesgos de inundación y de deslizamientos y además protegen a la producción y a la población. Los surcos también permiten estabilizar las márgenes de ríos, acequias, represas, caminos, barrancos y de áreas adyacentes a puentes. Asimismo, favorecen la recuperación de áreas degradadas por la presencia de cárcavas. Y en terrenos pantanosos ayudan a drenar y desviar el exceso de agua (para lo cual requieren que el terreno tenga un poco de desnivel).

¹¹ Es decir, se ubican en dirección perpendicular a la máxima pendiente del terreno.

¹² Los canales de las zanjas pueden cumplir distintas funciones y ser de diferentes tipos, por ejemplo:

- Los drenes de aguas pluviales o de derivación, que separan las tierras altas de las llanas, protegiéndolas.
- Los caballones y lomos, interceptan el agua que desciende por la ladera y con frecuencia se utilizan debajo de los drenes de derivación para desviar el agua que proviene de ellos. Pueden formarse al borde de la zanja con el material que se retira al excavarla. Si se les coloca vegetación se les da mayor estabilidad.
- Los cursos de agua con vegetación, que evacúan la escorrentía de los drenes de derivación y la diferencia es que son lo suficientemente profundos para eliminar o transportar el excedente de agua en casos de tormenta.
- Los canales empedrados, que cumplen la misma función que los anteriores en situaciones donde la pendiente es mayor a 20% y cuando la cubierta de vegetación no basta para la protección del canal.

CONCEPTO

Consiste en la aplicación artificial de agua para que las plantas crezcan y se desarrollen. Básicamente, permite controlar los efectos de las heladas y sequías, así como optimizar el uso del agua.

Usualmente un sistema de riego comprende por lo menos, los siguientes elementos: red de conducción, red de distribución e infraestructura adicional de distribución y aplicación.

CARACTERÍSTICAS

Sistemas de riego

a) **Riego por gravedad**, que se caracteriza por la aplicación de una lámina de agua que se mueve por gravedad y se desliza en el suelo siguiendo la pendiente, sin requerir energía extra para moverse. En éste sistema de riego el agua discurre a través de grandes canales hasta los centros de distribución que la reparten a las parcelas por acequias medianas y pequeñas; el agua se reparte y direcciona utilizando tablillas, piedras con barro o compuertas.

Puede realizarse por surcos, melgas, pozas, regueras en contorno o bordes. Los métodos más utilizados son: el riego por inundación y el riego a través de surcos. En este último el agua circula alrededor de un pequeño camellón para evitar los daños que podría producir en su contacto directo con los tallos o frutos bajos de las plantas. Es aconsejable cuando se trata de especies que se cultivan en hileras, que son de poca altura, son reptantes y/o tienen los frutos pegados al suelo (melones, calabazas, tomates, etc.)

b) **Riego por aspersión**, es decir, un sistema que aplica el agua en forma de rociado simulando la lluvia, de forma controlada en tiempo e intensidad.

Sus elementos esenciales son:

- Dispositivo de captación del agua (pozo o bocatoma en un río, lago o embalse).
- Estructura para el almacenamiento del agua (subterránea o superficial). A la salida de la misma se coloca una bomba que impulsa el agua a presión.
Instalación para que el sistema tenga presión, ya sea por gravedad o bombeo, de modo tal que la presión del agua ponga en marcha los aspersores.
- Red de tuberías principales y secundarias. Las tuberías principales usualmente están enterradas.
- Dispositivos móviles, que pueden ser transportados de un lugar a otro de la parcela durante la campaña de riego.
- Aspersores, que se eligen según las condiciones del suelo y de la planta. Pueden ser fijos o móviles.

Algunos tipos de riego por aspersión son:

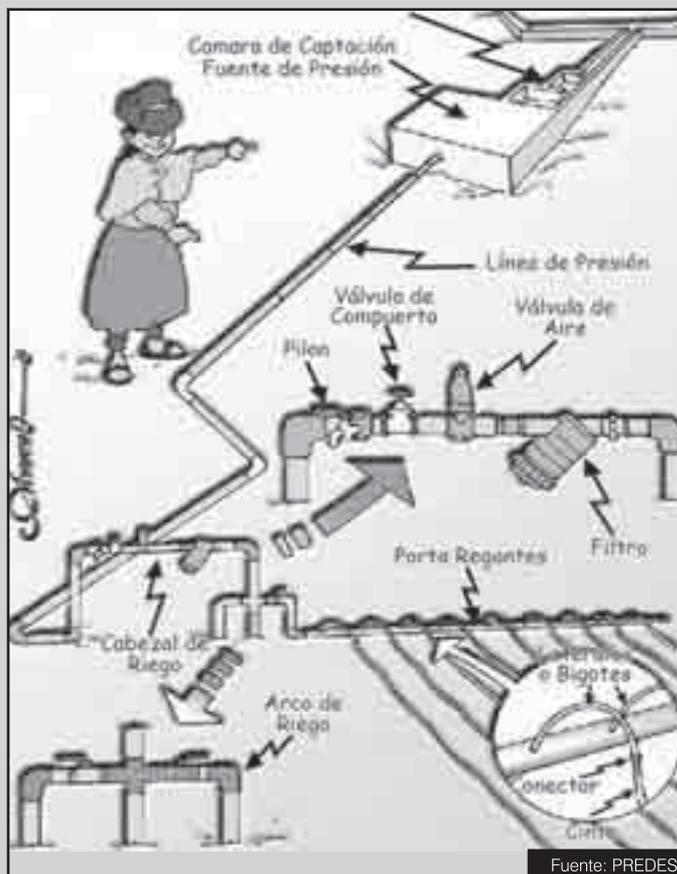
- Aspersión de presión media (de 2,5 a 4 atm).
- Aspersión de pequeña presión (de 0,3 a 2 atm), que puede realizarse por:
 - Microaspersión.
 - Microchorro o microjet.

c) **Riego por goteo**, que proporciona gotas de agua de forma localizada y constante a las raíces de las plantas, a través de emisores comúnmente denominados "goteros". Su descarga fluctúa en el rango de 2 a 4 litros por hora y por gotero. La aplicación de pequeñas cantidades de agua permite mantener un nivel estable de humedad minimizando así el consumo de agua y las pérdidas por evaporación y filtración.

Los componentes del sistema de riego por goteo son:

- Fuente de presión, que puede ser una bomba o un estanque al menos a 10 m. de altura, o una red de agua a presión.
- Línea de presión, por ejemplo, una tubería de PVC que se coloca pendiente abajo para llevar agua a presión desde los pozos o desde la bomba hasta la zona a irrigar.

- Cabezal de riego, que es un accesorio que permite controlar el sistema de filtrado² y la fertilización³, mediante una válvula compuerta, válvula de aire, filtro de anillo, arco de riego, tensiómetros, reguladores de caudal, etc. Es un elemento fundamental del sistema de riego.
- Portarregantes o tuberías para llevar el agua hacia la red de cintas de goteo. Éstas, a su vez tienen diferentes accesorios. Por ejemplo: reductores, válvulas junto a cada punto de riego, etc.
- Emisores o goteros, que son los dispositivos que emiten caudales. Trabajan a una presión predeterminada (no mayor a 10 m. de columna de agua). Pueden ser de diversas clases y modalidades pero todos ellos deben regular el caudal adecuadamente y tener el orificio del tamaño adecuado para evitar obstrucciones.



Sistema de riego por goteo

FUNCIÓN

- El riego por **inundación** permite una irrigación rápida sin exigir grandes costos adicionales pero a largo plazo puede resultar insostenible.
- El riego por **aspersión** además de permitir manejar la cantidad de agua a emplear, ayuda a prevenir las heladas y mitigar los efectos de las sequías. Permite añadir al agua fertilizantes o productos fitosanitarios. Es aplicable en terrenos accidentados y en suelos con distintas texturas, incluso en aquellos poco permeables, ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes. Es decir, favorece el incremento de las áreas agrícolas y el aprovechamiento de los suelos pobres sin correr el riesgo de salinizarlos o erosionarlos (la utilización de tuberías contribuye a ello).

La aspersión de presión media permite limpiar la superficie de las plantas y dificultar el desarrollo de plagas. Crea además un microclima que disminuye el riesgo de heladas y el rajado de frutos.

- La **microaspersión** tiene los mismos efectos que la aspersión de presión media, pero con un alcance menor y, a diferencia de la anterior, se puede utilizar en suelos arenosos (aunque, en horas de poco sol y viento suave).

- De otro lado, el **microchorro o microjet** tiene la ventaja de no ser tan afectado por el viento ya que el agua se puede dirigir hacia abajo y hacia zonas específicas de la parcela. Por lo tanto, es más eficiente y permite controlar las pérdidas por evapotranspiración. Sin embargo, no genera un microclima tan húmedo.
- El riego por **goteo** garantiza por lo menos un ahorro del 60% del agua y es válido para casi todos los cultivos y para parcelas de cualquier tamaño y forma. Permite aprovechar el agua de baja calidad y se adapta a todo tipo de relieves, reduce el escurrimiento superficial y, por lo tanto, protege el suelo de la erosión y de posibles deslizamientos o derrumbes. También, contribuye a ampliar el área agrícola porque permite cultivar incluso en suelos pedregosos y salinos. Es posible su automatización⁴, para controlar la cantidad de agua y evitar la formación de charcos que asfixien a las plantas o que faciliten el desarrollo de enfermedades o malezas.

VARIACIONES

- **Los Reservorios Individuales de Exudación Subterránea (RIES⁵)**, constituyen un sistema de riego apropiado para ganar tierras en el desierto. Básicamente constan de botellas plásticas acopladas e interconectadas por sus bases con pequeñas mangueras para que se llenen simultáneamente y luego el agua se libere lentamente por medio de uno o dos goteros ubicados en la base del conjunto. El paquete de botellas va enterrado en la zona radicular de cada planta sembrada y para ello se recomienda abrir hoyos de 50 cm. de diámetro y 50 cm. de profundidad, y aplicarles materia orgánica así como un buen riego inicial.

Los microreservorios deben recargarse cada 25 ó 30 días. Es decir, se trata de una técnica particularmente útil para zonas áridas y para situaciones de sequía. Sin embargo, puede ser adaptada a áreas climatológicamente distintas.

- **El riego por chorrillo** es una combinación del riego por goteo y los surcos por gravedad. Se mejora el transporte de agua utilizando tuberías a presión que van desde los reservorios hasta la cabecera de los surcos; esto permite eliminar las pérdidas de agua debido a la evaporación y la infiltración. Además, permite controlar la cantidad de agua que se envía a las parcelas, de tal manera que el sistema puede estar en funcionamiento las 24 horas del día, pero con un caudal mínimo.

Un requisito indispensable para este tipo de riego, es que los surcos se hayan trazado siguiendo la pendiente. Por otra parte, algunas de sus ventajas son las siguientes:

- Ahorra espacio.
- La siembra puede realizarse al mismo tiempo que la formación de surcos.

- **El riego con cápsulas porosas y/o potes de barro enterrados** es un antiguo sistema cuyo principio de funcionamiento se da cuando las plantas retiran agua del suelo, generando una diferencia de potencial entre éste y el recipiente poroso, lo que provoca un flujo de agua. Se utiliza potes de arcilla no expandible de porosidad aproximada de 20%. Los recipientes están conectados con un tubo que los alimenta de agua; se les agrega aproximadamente 5 litros de agua por unidad/día, pero esto varía según el tipo de cultivo.

Estudios realizados en la estación de investigación de Lowveld (Zimbawe), indican que el tamaño ideal de los recipientes es de 7,5 cm. de diámetro interior y 30 cm. de longitud. Con estas dimensiones se logró una reducción del 50% en el gasto de agua y del 75% en la periodicidad del riego.



Fuente: Practical Action

Mujer regando en potes de barro en Zimbawe

- **El riego por goteo subterráneo** consiste en colocar bajo la superficie del terreno, el tubo o cinta de polietileno donde están los goteros. Se viene utilizando hace más de 40 años con distintos cultivos, como olivos, frutales, hortalizas, pasturas, cereales, caña de azúcar, algodón, almendros, árboles para madera y pastos. Sin embargo, requiere que el productor maneje minuciosamente el sistema y que se realice con cuidado algunas labores como el desmalezado, la cosecha, la poda, etc. Puede tener una larga duración si está bien protegido de la radiación solar, de los animales y de la compactación.
- **Los sifones**, que constituyen una mejora al sistema de riego por gravedad (en surcos), que permiten reducir la pérdida de agua. Se trata de mangueras cortas que comunican el canal de riego principal con los surcos y así hacen innecesarios los canales auxiliares, incrementan la eficiencia del riego y controlan el volumen de agua que entra a cada surco.
- **La hidroponía**, que es una técnica que implica el cultivo en agua o en sustratos humedecidos (sin suelo). En el agua se agrega siempre una solución nutritiva que contiene los elementos esenciales⁶ para el normal crecimiento de la planta. Muchos de los sistemas hidropónicos utilizan también el riego por goteo, por ejemplo:
 - **Los cultivos en sustratos**, sobre medios sólidos e inertes que cumplen la función de soporte, como la arena, cuarzo, piedra pómez, gravilla, cascarilla de arroz, residuos de ladrillo, etc.
 - **Los sistemas de sacos**, utilizados principalmente para especies trepadoras como el tomate. Estos sacos contienen sustratos que son regados con goteros de funcionamiento automático. Si los riegos son de 1 a 2 minutos, se puede hacer entre 12 y 15 riegos diarios. Esto puede incrementarse de acuerdo a las necesidades de producción.
 - **Los sistemas de columnas**, que consisten en tubos de PVC, mangas plásticas o macetas de tecnopor donde se coloca un sustrato como fibra de coco, perlita, cascarilla de arroz, etc. Sobre cada columna hay varias salidas de goteros que humedecen por gravedad al sustrato.
 - **Los sistemas de raíz flotante**, en los cuales las plantas se sostienen en una plancha de tecnopor (poliuretano expandido) que se coloca sobre una bandeja⁷ de agua con solución nutritiva. Ésta se hace burbujear al menos 2 veces al día para favorecer la aireación. Además, debe existir un pequeño espacio de 2 a 3 cm. entre el agua y la plancha para que las raíces tengan una mejor oxigenación. Antes de llevar una planta a este sistema debe haberse realizado un almácigo para la germinación y un trasplante previo.



Lechugas en sistema de raíz flotante

- **Los sistemas recirculantes**, que constan de tubos de PVC largos, colocados en posición horizontal y con agujeros en la parte superior, en los que encajan vasos de plástico perforados en la base. A través de ellos pasan las raíces del cultivo. La solución nutritiva se prepara en un tanque que está conectado a los tubos y es bombeada y recirculada constantemente por períodos de 15 minutos cada media hora.

EJEMPLOS

- Muchos cultivos han mejorado su productividad debido a la aplicación del riego por goteo superficial y subterráneo. En Israel hace más de 20 años se realizó experimentos en cultivos de papa, sobre la base de una modificación del sistema utilizado para el algodón. Demostraron que las raíces de la papa se extienden en un radio de aprox. 25 cm. y por tanto, la distancia óptima entre goteros es 30 cm., para que se humedezca solamente el área alrededor de aquellas y se ahorre un 30% del agua total requerida, y al no humedecer los surcos, se evita el crecimiento de malezas.
- En el valle de Quibor, Venezuela, el "riego por chorrito" se está aplicando para la siembra directa de hortalizas. Esto elimina la necesidad de trasplantes y semilleros, lográndose de esta manera un crecimiento más vigoroso de los cultivos.
- Los "reservorios de exudación externa" se aplicaron por primera vez en el caserío El Paraíso, ubicado entre Piura y Chiclayo (Perú). Se instalaron entonces 200 hectáreas con este sistema de riego. En el año 2005, se replicó en otras 100 hectáreas de una zona cercana (Chulucanas), donde se plantó "ñomala" con el financiamiento de la Unión Europea.
- En Kenia, un sistema de riego por goteo familiar consiste en 2 recipientes de 20 litros conectados (cada uno) a una tubería de 30 metros, con agujeros espaciados 30 cm entre sí. Cada tanque se coloca al menos a 1 m de altura para que gane presión por gravedad. Es llenado 2 veces al día, y antes de destinarse a la irrigación del huerto, el agua pasa por un filtro. Su costo total es \$20 y con ello se produce suficiente alimento para una familia de 7 personas. Puede durar hasta 5 años. Obviamente, el sistema puede ser modificado según las condiciones del lugar.
- En Perú, FEPOMUVES es una organización social de mujeres que logró un financiamiento para el proyecto: Producción de lechugas hidropónicas (\$50.000). Con ello 45 familias de un asentamiento humano pudieron instalar un sistema de producción que logra obtener 21.000 lechugas mensuales en las azoteas de sus viviendas (la zona es árida y la población cuenta con limitada agua potable). El sistema productivo posteriormente se pudo replicar en las escuelas locales.



Fuente: UNALM

Riego por raíz flotante en escuela de centro poblado

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- La frecuencia y tipo de riego está en función del cultivo, la disponibilidad de agua la evapotranspiración potencial, las características del suelo, y la disponibilidad económica.
- El riego se realiza por sectores, para garantizar que sea uniforme.



Fuente: INRENA

Aplicación de riego por gravedad



Fuente: INRENA

Riego por surcos Fuente: INRENA



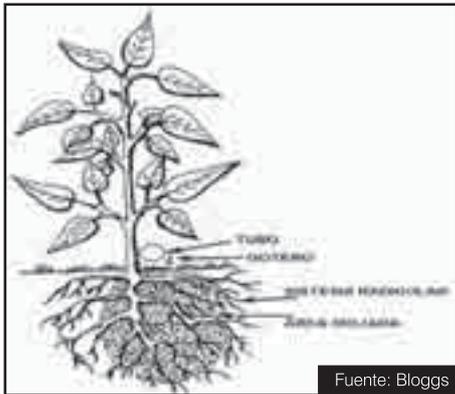
Fuente: INRENA

Riego por aspersión



Fuente: Bayer Magazine

Riego mixto



Fuente: Bloggs

Funcionamiento del riego por goteo



Fuente: www.wikipedia.org

Un gotero de riego

- En cuanto a la selección de un sistema de riego este varía en función del cultivo. Por ejemplo, para pastos se recomienda la aspersión, para frutales en desarrollo la microaspersión y para hortalizas el goteo.
- El mantenimiento es esencial y cada sistema tiene un método específico de limpieza.
- Se debe tener cuidado en no dañar los componentes del sistema de riego cuando se realicen actividades como cosechas, podas, etc.
- Es recomendable pintar de color blanco las tuberías de los sistemas de riego, para que no se recalienten.

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- Los distintos sistemas de riego a presión requieren cierto nivel de conocimiento especializado.
- El riego por goteo reduce el tiempo y la mano de obra necesaria para la aplicación de fertilizantes.

● COSTOS

- El costo de implementación de un sistema de riego por gravedad es bajo, salvo en suelos arenosos. Las principales inversiones son en tiempo y mano de obra. El problema es la disponibilidad de agua.
- El riego presurizado tiene costos altos de inversión pero éstos son recuperados en 1 ó 2 años, dependiendo del rendimiento del cultivo y su mercado.
- La evaluación económica de las alternativas de riego debe considerar:
 - La capacidad de inversión.
 - Los análisis de costos.
 - La inversión.
 - El costo fijo anual.
 - El costo de operación anual.
 - La estimación del aumento de rendimiento.
 - El análisis de sensibilidad (sobre los distintos precios que podría tener el producto).
 - El cálculo del valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación VAN/Inversión.
- Los costos del goteo subterráneo son mayores por la necesidad de un mejor filtrado previo y por la utilización de válvulas anti-succión en las subunidades de riego. También, por lo trabajosa que resulta su instalación.
- En Perú, los reservorios de exudación externa cuestan aproximadamente \$480 por ha. (100 árboles /ha.). Los materiales utilizados han sido reciclados y por tanto, de bajo costo.
- En la elección del tipo de riego (o en la creación de un sistema mixto), se debe tener en cuenta las facilidades de acceso a créditos y la capacidad de manejo financiero.

● ALCANCES

- *Los sistemas alternativos (reservorios de exudación externa, hidroponía, riego en potes) también pueden implementarse en áreas amplias, pero requerirán de un mayor mantenimiento. Por ello, son recomendables para fincas y huertos familiares o comunales.*
- *No es recomendable aplicar el riego por gravedad en áreas extensas a menos que las pérdidas sean reducidas por medio del uso de sifones, tuberías, canales revestidos, etc. Mucho menos en zonas áridas.*

● LIMITACIONES

- *Para los sistemas de riego a presión se requiere contar con un abastecimiento estable de agua y con motores para compensar la presión necesaria (es decir, fuentes de energía). Si el agua proviene de pozos profundos, la potencia de bombeo requerida será aún mayor.*
- *La eficiencia del riego por aspersión está condicionada a las condiciones del tiempo y a la presencia de viento.*
- *Suelos con poca capacidad de infiltración no se adaptan bien al riego por aspersión.*
- *Existen cultivos susceptibles al humedecimiento del follaje, (por ejemplo: sandía, melón y pepinillo) o a la deposición de sales en las hojas. Por lo tanto, cuando se riega por aspersión, es necesario realizar controles sanitarios frecuentes.*



Fuente: Universidad de Piura

Microreservorios aplicados en la zona desértica de Congorá, en Sullana y Paíta



Fuente: www.pasarlascanutas.com

Riego por goteo subterráneo



Fuente: Egúsqiza, 2000

Sifones



Fuente: gcaconsultora.com.ar

Cultivo hidropónico en canaletas plásticas con sustrato

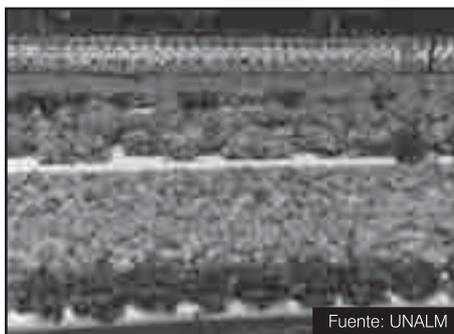


Fuente: UNALM

Sacos para cultivo de tomate



Columnas de macetas de fresas



Fuente: UNALM

Dos variedades de lechugas en sistema recirculante

- El agua que contiene más de 3 g/l de sales solubles es considerada salada y no recomendable para agricultura, salvo para especies resistentes. El agua con más de 0,3 g/l de sodio también es perjudicial (sobre todo en zonas áridas).
- Cuanto más extensa es el área donde se aplica un sistema de riego, mayores pérdidas de presión pueden haber debido a la longitud de las tuberías (lo que implica mayores costos).

RIEGO POR GOTEO

- Si se avería o se rompe alguna cinta de riego por goteo se debe reparar rápidamente o de lo contrario la uniformidad del riego se verá afectada.
- Los emisores son la parte más sensible de estos sistemas. Si previamente el agua no se filtra bien, se podrían taponar. En el caso de los goteros subterráneos incluso podrían ser obstruidos por la penetración de raíces en los orificios de salida del agua y por partículas de suelo.
- Este sistema de riego mantiene la humedad necesaria en la zona radicular de cada planta (en un área que se denomina bulbo de humedad), por lo tanto, las raíces limitan su expansión a dicha zona.
- Este riego reduce la evapotranspiración y por lo tanto afecta el microclima alrededor de la planta.

RIEGO POR GRAVEDAD

- El manejo tradicional por gravedad satura el suelo y desperdicia el agua. Las pérdidas de agua por evaporación en largos recorridos se estiman en 25% del agua total, sin contar las filtraciones incontroladas, las roturas de conductos, etc.
- El exceso de agua de riego lava los nutrientes solubles y además da origen a problemas de mal drenaje y de salinidad.

Erosión en surcos



Fuente: INRENA

¹ La evapotranspiración potencial es la evaporación que se produciría si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas. Se diferencia de la evapotranspiración real en que ésta última es la que realmente se produce en cada caso bajo las condiciones existentes.

² Existen diferentes tipos de filtros, como los de arena y grava, los de mallas, los de algas, los sistemas de decantación en cilindros automatizados o no, etc. Cualquiera de ellos puede ser útil si garantiza la mínima obstrucción posible del equipo de riego.

³ Se puede realizar abonamientos durante el riego diluyendo elementos nutritivos en el agua. Esto garantiza el reparto homogéneo de nutrientes y su incorporación oportuna.

⁴ Se puede incluso regar las veinticuatro horas del día, sin necesidad de una supervisión continuada del riego.

⁵ Este sistema fue ideado por el Ing. Mario Matorel García, en el distrito de Marcavelica, provincia de Sullana departamento de Piura (Perú). Fue expuesto y aprobado por primera vez en 1996, en la Universidad de Piura.

⁶ Los elementos esenciales o nutrientes son aquellos que las plantas necesitan para vivir: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). Las plantas pueden absorber de la atmósfera y el agua los elementos minerales C, H y O y los demás elementos deben ser absorbidos por las raíces. En hidroponía, todos los nutrientes minerales tienen que estar presentes en la solución nutritiva en cantidades y proporciones adecuadas para atender las exigencias de las plantas en todas las fases de su crecimiento.

⁷ En vez de una bandeja, se puede utilizar contenedores de madera de 1 m x 1 m x 0,1 m forrados interiormente con una manga de polietileno negro de 6 micras de espesor.

Esta práctica consiste en establecer o reestablecer la vegetación (según sea el caso), en superficies expuestas a la erosión. Esto permite estabilizar taludes, e incluso moderar microclimas, lo que implica que se trata de técnicas que permiten reducir la ocurrencia de amenazas por geodinámica externa y moderar el impacto de los fenómenos hidrometeorológicos.

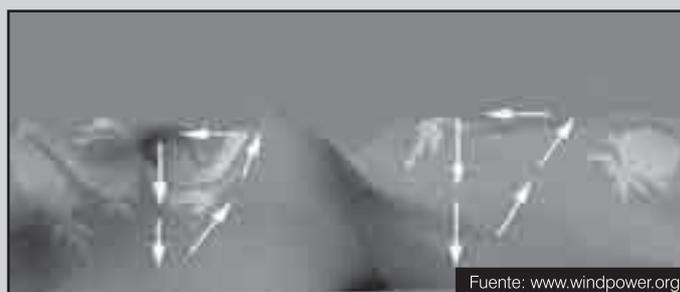


Transplante

CARACTERÍSTICAS

Algunos aspectos que se debe conocer y manejar para diseñar el sistema de vegetación son:

1. Los factores ambientales del lugar y las interrelaciones entre ellos:
 - **Clima⁵ y microclima⁶.** La fluctuación y estacionalidad de las lluvias, temperatura del aire, radiación solar y de los vientos, ya que cada especie tiene una tolerancia distinta dichas condiciones. Cuando se introduce especies foráneas se debe seleccionar aquellas que estén adaptadas a climas similares.
 - **Hidrología,** para conocer el sistema de drenaje, los regimenes de los ríos, el comportamiento del agua subterránea⁷, las fuentes de agua alternativas, etc. También es útil conocer algunos efectos hidráulicos como la profundidad de socavación en cauces y la fuerza de las corrientes.
 - **Topografía,** para conocer la estabilidad del suelo y su aptitud de uso mayor. Además, la exposición ante factores ambientales adversos es diferente según sea una zona de valle, de ladera o una cumbre de montaña⁸.



Flujo de vientos de montaña

- **Suelos**, para asegurar el abastecimiento de agua, soporte mecánico y disponibilidad de nutrientes. Por lo tanto, se debe conocer el volumen y cantidad de suelo disponible para el desarrollo de las raíces, las características físicas del mismo, y su fertilidad⁹.

2. Consideraciones para el establecimiento de la plantación:

- La conformación de un talud estable.
- La protección contra la socavación para desviar la escorrentía y dirigir los drenajes.
- El control de los afloramientos de agua subterránea.
- La escarificación (o generación de rugosidades en el suelo) para permitir la acumulación controlada del agua.



Conformación de taludes y escarificaciones

3. Plantas a utilizar.

En la selección se debe considerar:

- Adaptación.
- Hábitos de crecimiento¹⁰.
- Rapidez de crecimiento.
- Sistema de siembra requerido por especie.
- Sistemas de mantenimiento
- Características de las raíces y del follaje.
- Tipo de protección requerida.
- Requerimientos de nutrientes.
- Palatabilidad (para controlar el ganado).
- Complementariedad de hábitat con otras especies asociadas o de interdependencia.
- Capacidad técnica, social y financiera para manejar un sistema con las especies escogidas.

4. **Técnicas a utilizar.** En el cuadro adjunto se puede encontrar una tabla con algunas de las alternativas pero hay que tener en cuenta que de la sinergia de varias técnicas y estrategias de manejo surge el sistema apropiado para cada contexto.

5. Métodos para el establecimiento¹¹ y la propagación de las plantas

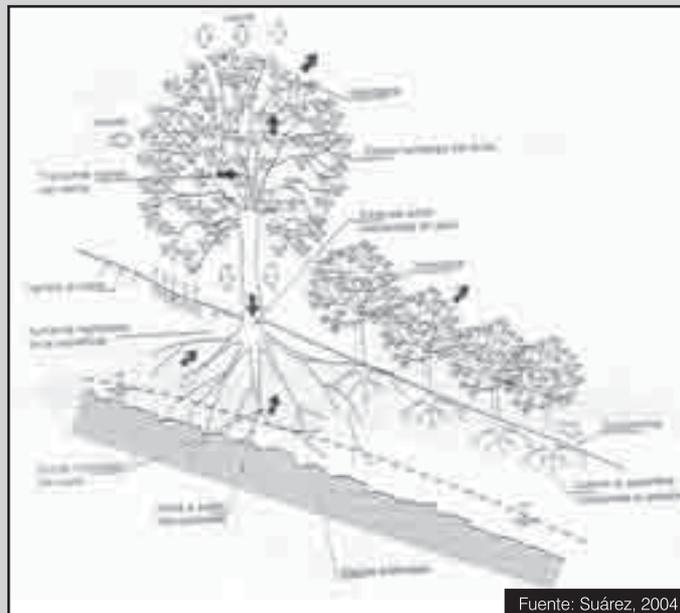
- La siembra directa de semillas de pastos o de árboles. Las semillas pueden ser recolectadas en la temporada adecuada y conservarse teniendo en cuenta los requisitos particulares de humedad, temperatura, luz, oxígeno y duración del almacenamiento. La siembra se puede realizar:
 - Siembra individual, excavando orificios donde se colocan una o varias semillas.
 - Hidrosiembra, que consiste en colocar las semillas en una mezcla acuosa o barro que se rocía sobre el terreno mediante un equipo de bombeo a presión. Dicha mezcla consiste en pegantes¹² y nutrientes¹³ para la semilla, algunas veces cal para controlar la acidez, y residuos leñosos picados para que la mezcla mantenga la humedad. Se utiliza en sitios de difícil acceso y en taludes empinados. Es más eficiente cuando la superficie es rugosa ya que facilita el establecimiento de la vegetación.
- **Los trasplantes** de especies germinadas en viveros o de especies nativas de otra zona. Se debe cuidar el no dañar las raíces durante el proceso. Usualmente las plantas no resisten períodos mayores a 2 semanas lejos de un hábitat apropiado.
- **El mateado**, es decir, la colocación a mano de estacas vivas¹⁴, estolones¹⁵ y ramas vivas, en hileras o en arreglos rectangulares.
- Colocación de **champas de pastos** producidas en viveros.
- Colocación de **suelo orgánico** de otras áreas, que contiene material vegetativo y semillas que pueden desarrollarse.

6. Mantenimiento de la vegetación

- La poda, que se realiza para disminuir el peso de las plantas (principalmente de los árboles), para revitalizarlas, para evitar que enfermen y en algunos casos para que extraer algo de madera o material vegetal. Debe ir acompañada de aportes de nutrientes al suelo, de tal modo que una buena estrategia es dejar los residuos en la zona.
- La construcción de cercas de protección.
 - La fertilización periódica.
 - El control de insectos, enfermedades y malezas.
 - El relleno y control de cárcavas y surcos.
 - El control de la actividad humana en la zona.

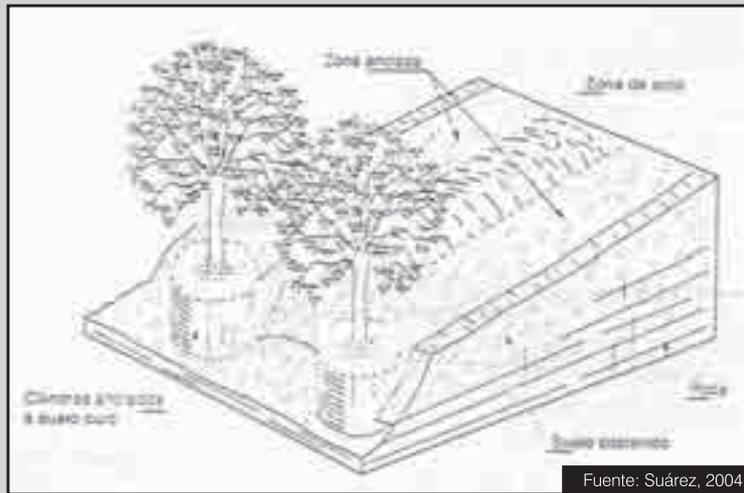
FUNCIÓN

- La vegetación (incluyendo árboles, arbustos, hierbas y pastos) representa la mejor protección contra la **erosión**, y contribuye a la **estabilización** de taludes.



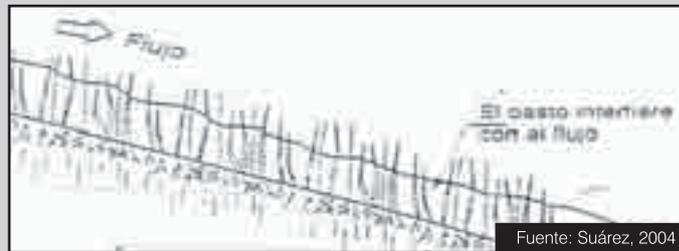
Efectos de la vegetación sobre la estabilidad del talud

- Al incrementar la cobertura vegetal sobre el suelo, la **infiltración** aumenta, y por lo tanto los acuíferos se recargan. Esto favorece la conservación de puquiales, manantiales y otras fuentes de agua. Además, la acumulación de residuos vegetales sobre el suelo limita la erosión¹⁶, mantiene una **humedad** adecuada, permite la aireación y el movimiento del agua, mejora la estructura del suelo, y constituye una fuente de nutrientes para las plantas y microorganismos¹⁷. Esto puede variar según el clima de la región.
- La vegetación de porte bajo reduce la velocidad de la **escorrentía** superficial (o escurrimiento), y por lo tanto cuando ocurren lluvias fuertes hace que el agua que drena en la cuenca no llegue rápidamente a los cauces, lo que a su vez reduce las probabilidades de inundaciones (**reduce los caudales pico**).
- Las hojas de las plantas **interceptan las lluvias**, e impiden que éstas erosionen el suelo. Para que la protección funcione bien se requiere varios **estratos** de vegetación (árboles altos, árboles medianos, arbustos, hierbas de hojas anchas, pastos, etc.) puesto que así el agua irá drenando lentamente a través de las hojas y la energía de las gotas de lluvia se irá disipando.
- Un sistema vegetal bien instalado **atrapa sedimentos** que si fueran arrastrados podrían generar deslizamientos. Esto es particularmente importante en las cabeceras y zonas medias de las cuencas, porque allí las pendientes suelen ser mayores.
- Las **barreras** vivas y mixtas que se colocan en áreas aledañas a los cauces de los ríos y de las torrenteras constituyen una **protección** significativa contra los fenómenos de remoción en masa e **inundaciones**.
- Las **raíces** de las plantas aumentan la **resistencia** ante las fuerzas de erosión, y limitan los deslizamientos.



Efecto de arco de las raíces de los árboles.

Por su parte, las raíces de los arbustos y pastos estabilizan el suelo porque le dan al mismo más **resistencia a la tensión y al arrancamiento**. En términos generales, la resistencia de las raíces depende de su longitud, rugosidad superficial, dirección, especie y del clima.



Esfuerzo hidráulico bajo del flujo de agua entre pastos

Las raíces pivotantes pueden ser más útiles para evitar la erosión en masa, y las raíces de extensión lateral y radial pueden ser más efectivas para proteger de la erosión superficial. Sin embargo, en todos los casos, la mejor protección se logra con una malla densa de raíces de diverso tipo que alcancen profundidades de al menos 50 cm.

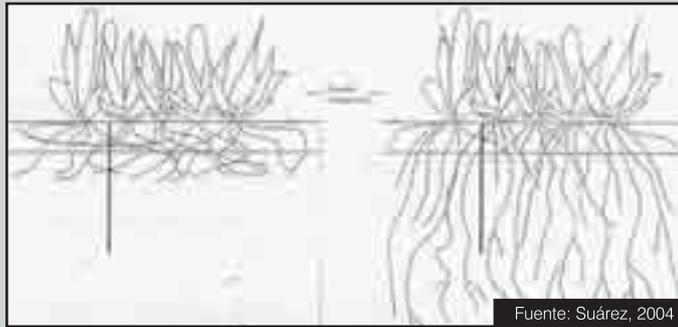


Raíces laterales. Fuente: Suárez, 2004.



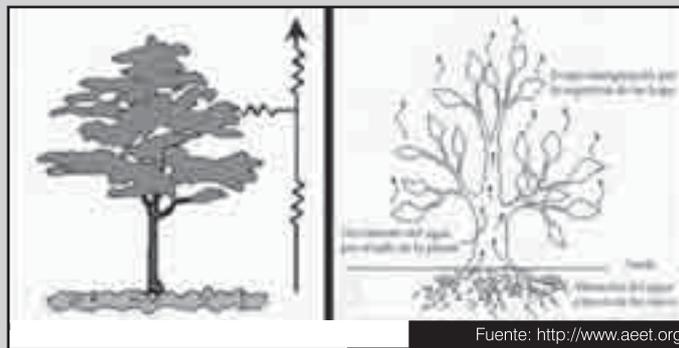
Raíces radiales

Raíces pivotantes



Crecimiento de las raíces en distintos tipos de suelo: a la izquierda en suelo arcilloso y a la derecha en suelo franco-arenoso

- La vegetación **altera los microclimas** debido a la **evapotranspiración**¹⁸. Sin embargo, ésta depende del tipo de suelo, del tipo y tamaño de la especie vegetal, de la disponibilidad de agua de lluvia y del nivel de las aguas subterráneas.



Evapotranspiración en árboles

- Las hileras de vegetación pueden servir como pequeños **corredores biológicos** en paisajes caracterizados por la fragmentación de los hábitats naturales.
- La vegetación, además de dar protección al suelo también puede ser una **fuentes de recursos** combustibles, madereros, alimenticios, medicinales, etc.

VARIACIONES

Existen sistemas de producción que aprovechan la funcionalidad de la cobertura vegetal, por ejemplo:

- **Los sistemas agroforestales**, que integran árboles y otras especies leñosas con cultivos agrícolas, de manera simultánea o secuencial, en una misma parcela de tierra, teniendo en cuenta la capacidad de uso mayor de la misma.
- **Los sistemas silvopastoriles**, que permiten la integración de las actividades ganaderas en áreas con pastizales y bosquetes o en lugares donde existen suficientes árboles para asegurar sombra y protección (ante vientos y lluvias fuertes).
- **Los sistemas agrosilvopastoriles**, que combinan las actividades pecuarias y agrícolas en zonas protegidas con cortinas forestales o donde existe vegetación arbórea entre los cultivos o entre los pastizales. Se basan en la instalación o plantación de especies forestales y pasturas. Se utilizan especies como: tara, tuna, sauce, molle, colle, queñual, capulí, aliso, algarrobo, nogal, eucalipto, pino, casuarina, ciprés, acacias, etc.

En cada caso, los árboles permanentes protegen el suelo y a los cultivos del exceso de radiación solar, de los vientos fuertes y de las lluvias. Además, evapotranspiran la humedad que absorben del suelo generando un microclima óptimo para el desarrollo de los cultivos y hacen que los días no tengan temperaturas tan extremas. También reciclan nutrientes y los hacen disponibles para los cultivos, lo cual puede incrementar la diversidad en el área. En otras palabras, mayormente se suele utilizar árboles multi-propósito, es decir, que puedan servir como abono, como protección, como leña, como herramientas, etc. Sin embargo, es importan-

te reconocer que priorizar uno de aquellos fines significa reducir su funcionalidad para los demás. En lo que respecta al pastoreo, si éste es racional permite abonar constantemente el suelo y mantener la productividad primaria. Estudios recientes han demostrado que los árboles aislados dentro de las áreas ganaderas cumplen un papel importante para proveer refugio, sitios de descanso y anidación, lo mismo que alimento. Además, los sistemas agrosilvopastoriles logran una mayor acumulación de carbono y por lo tanto contribuyen a la mitigación del cambio climático.

Estos sistemas usualmente son **secuenciales**, lo que implica que se siembra cultivos estacionales, y si durante la época de descanso (o barbecho) se introduce ganado a dicha zona. Estos sistemas se adaptan muy bien a lugares donde se realiza rotaciones más complejas. Pero al mismo tiempo, la asociación entre cultivos y especies forestales puede ser simultánea y permanente en algunos sectores del campo. Esto se da sobretodo cuando se instalan cultivos perennes, fajas forestales y parches ecológicos. Los cercos vivos pueden hacer las veces de chalecos y pueden proporcionar sombra al ganado que pasta en los alrededores. Además, los frutales pueden ubicarse entre los cultivos, propiciando la formación de estratos vegetales.

En conjunto, los sistemas mencionados permiten aprovechar al máximo el suelo y optimizar los ciclos de nutrientes, por ejemplo, mediante la incorporación de hojarasca y excretas de animales al suelo. Además, diversifican la producción, la hacen más resistente ante los fenómenos climáticos, y suministran alimentos variados para los períodos de escasez.

EJEMPLOS

- Azpilcueta Ysa validó algunas asociaciones agroforestales resistentes a las heladas y con gran capacidad de controlar la erosión. En la sierra peruana identificó que las combinaciones más eficientes son: queñual-maíz y colle-papa. Sin embargo, el colle resulta ser mucho más sensible a plagas, sobretodo a *Trichogonia costata*. Por otra parte, demostró que los sistemas agroforestales pueden ser mejor manejados y resultan más eficientes si se ubican en terrazas. Por último, en Ancasaya (Puno - Perú) encontró que las cortinas forestales que no tienen suficientes estratos no protegen de manera homogénea a toda la parcela. Por ejemplo, observó que los cercos de pinos y cipreses de 8 años si bien lograban desviar algunas corrientes de viento, no protegían a los cultivos contra el efecto de las heladas porque dejaban pasar las masas de aire frío entre los troncos.
- El vetiver (*Vetiveria zizanioides*) es una especie muy utilizada para vegetar taludes en zonas tropicales. Sin embargo también resiste sequías extremas, zonas pantanosas e inundadas, y temperaturas de hasta 9 °C. Sus raíces son fibrosas, lo que quiere decir que resisten mucha tensión (suelos inestables) y por ello es una planta muy útil para el control de la erosión. Se ha encontrado que en los trópicos puede reducir la pérdida de suelo hasta en 81% y la velocidad de la escorrentía hasta en 57% (Suárez, 2004). No suele competir con los cultivos o con otras especies de pastos, a menos que exista muy poca disponibilidad de agua. En Perú ha sido ampliamente utilizado en los programas de revegetación de terrenos degradados por transformación de uso de suelo (extracción de recursos naturales).

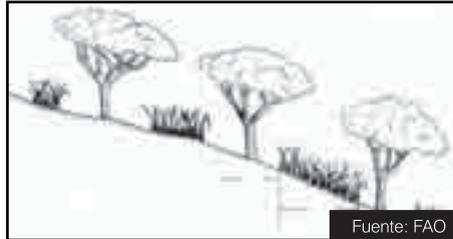


Uso de vetiver para taludes empinados y canales de drenaje

A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

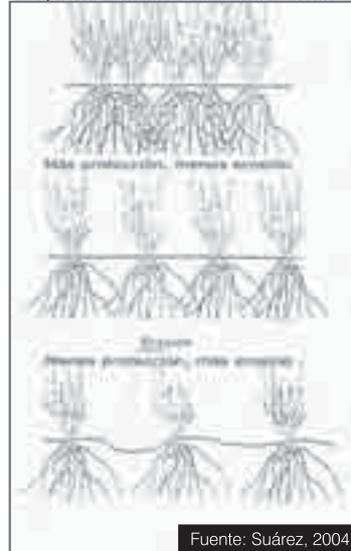
- Antes de establecer cualquier sistema vegetal, se debe tener en cuenta la capacidad de uso mayor del suelo y los planes del ordenamiento territorial del lugar.
- Es recomendable la utilización de la mayor biodiversidad posible para que el sistema seleccionado sea más resistente ante eventos extremos y enfermedades. Pero, cuanta más diversidad se maneje más conocimiento se deberá tener de las interrelaciones entre especies. Adicionalmente, también es útil diversificar los momentos de siembra.
- Es preferible la instalación de especies nativas, ya que están mejor adaptadas, se reproducen más rápido y no suelen ser competitivas.
- La estructura de la vegetación es fundamental pues algunas especies requieren sombra y microclimas frescos con suficiente humedad para poder desarrollarse. En estos casos la conformación de estratos es imprescindible. Por ejemplo: las plantas de café (*Coffea arabica*) y cacao (*Theobroma cacao*), para producir mejor requieren árboles de sombra y asociaciones con leguminosas (como el Bucaré *erythrina poeppigiana* y el guamo: *Inga sp.*). Sin embargo, debe evitarse el uso de especies que limiten demasiado el paso de la luz solar.



Estratos de cobertura.

- Una adecuada densidad de las plantas también evita que el agua de escorrentía genere surcos y consecuentemente erosión.

Diagrama del efecto de la densidad



de siembra sobre la eficiencia de protección

- La instalación de leguminosas¹ se recomienda sobretodo en suelos pobres en nutrientes, para permitir la fijación de nitrógeno y el incremento de la fertilidad.
- Si fuese necesaria una fertilización adicional para el suelo, se recomienda emplear productos naturales y materia orgánica (por ejemplo: abonos verdes²). Los fertilizantes inorgánicos que contienen superfosfatos no son recomendables porque limitan el crecimiento de los hongos micorrizales.

Incorporación de abonos orgánicos



- Cuanto más pendiente tiene el terreno, es necesario usar sistemas de apoyo que permitan incrementar la infiltración y conservar la humedad para las plantas, por ejemplo: las gradas, las mallas, el anclado por medio de estacas profundas, etc.
- Los colchones de residuos o capas de mulch³ se recomiendan sobretodo para zonas secas, ya que retienen humedad.
- Para trabajos de restauración final y para barreras vivas o mixtas, es mejor seleccionar plantas perennes.
- El mantenimiento y la inspección de la vegetación deben ser intensos, sobretodo durante el primer año, cuando ocurren el prendimiento y la germinación. Incluso puede ser necesario el riego controlado durante los primeros meses.



Pino enfermo por mal prendimiento



Hidrosiembra

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

- Para la instalación de vegetación en grandes áreas es preferible producir plántones y almácigos en viveros⁴ para disminuir los costos y el tiempo requerido para la germinación, así como la probabilidad de mortalidad prematura.
- La recuperación de áreas totalmente degradadas o deforestadas es lenta.



Taludes sin compactar y con deslizamientos



Sección transversal que muestra la reposición forestal en una ladera

- En los sistemas agroforestales es importante tener en cuenta que algunas especies demoran muchos años en lograr la altura deseada, y mientras crecen podrían competir con los cultivos por nutrientes y por agua, por lo tanto, no son recomendables en zonas áridas.

● COSTOS

- En El Salvador, se requiere aproximadamente \$900 para una producción de 10.000 plántones de palma en vivero. Esto incluye el costo de la construcción de las camas de propagación, traslado de tierra, embolsado, siembra en almácigo y en bolsa, así como el traslado a campo definitivo, construcción de hoyos, siembra final, etc. La relación beneficio-costos en éste caso es de 2:1.



Fuente: DOMUS S.A.C.

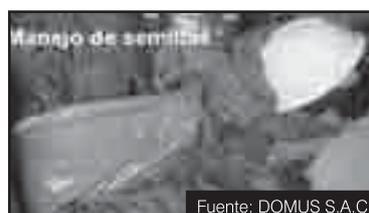


Fuente: DOMUS S.A.C.



Fuente: DOMUS S.A.C.

Manejo de viveros



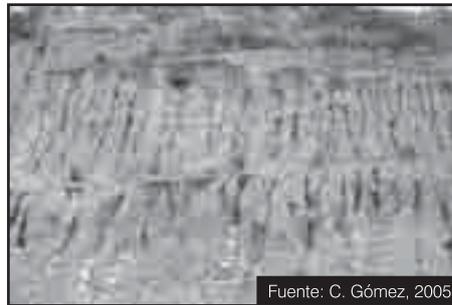
Fuente: DOMUS S.A.C.



Fuente: DOMUS S.A.C.

Antes de realizar el repique, descartar plantones sin raíces o mal formados.

- Usar agroquímicos para la producción en viveros los costos se incrementan significativamente, es mejor utilizar abonos orgánicos y manejar adecuadamente las técnicas de producción.
- La recuperación de terrenos degradados es más costosa en términos de mano de obra, tiempo y dinero, puesto que requiere estrategias más elaboradas para asegurar el prendimiento de la vegetación.



Fuente: C. Gómez, 2005

Surcos en un talud

● ALCANCES

- En zonas de selva, los sistemas agroforestales son una alternativa ante la problemática de la agricultura migratoria.
- En zonas de sierra, el crecimiento lento de las especies vegetales nativas puede ser un impedimento para establecer rápidamente un sistema de protección, sin embargo, dichas especies son las mejor adaptadas. Mientras que su parte aérea no se desarrolla mucho, sus raíces profundizan en búsqueda del nivel freático, y por lo tanto, no compiten con otras plantas.

● LIMITACIONES

- No se deben utilizar especies que se conviertan en malezas debido a su naturaleza invasiva y porque absorben nutrientes de los cultivos aledaños.
- La introducción de especies exóticas debe ser controlada y evaluada a largo plazo, puesto que también podrían resultar invasivas, podrían extraer demasiada agua o podrían limitar la productividad natural del ecosistema.
- Las especies que succionan demasiada agua del suelo profundizan el nivel de las aguas subterráneas y producen agrietamientos. Dichas especies, como el *Eucaliptus globulus*, no son recomendables para zonas secas o con poca disponibilidad de agua. Los árboles y los arbustos extraen más agua que los pastos puesto que evapotranspiran más.
- Las áreas de gran interés cultural, productivo o ecológico, requieren un manejo especial para que la introducción de nuevos sistemas vegetales no las afecten negativamente.
- No es recomendable que la estabilización de taludes donde ocurren deslizamientos masivos se realice únicamente con vegetación arbórea

Erosión relativa de acuerdo a la vegetación

Vegetación	Erosión relativa
Bosques densos	1
Pastos altos	1
Pastos bajos	5 - 10
Arbustos (café)	10 - 20
Cultivos limpios (papa - maíz)	100

Fuente: Suárez, 2004



Sistema agroforestal

- El suelo orgánico permeable traído de otras zonas, no debe colocarse directamente sobre suelos arcillosos ni sobre taludes.
- El control de enfermedades y el manejo adecuado del riego son elementos clave para mantener la productividad y la funcionalidad de cualquier sistema vegetal, ya sea en vivero o en campo.

El agua y el tipo de suelos como limitantes para el establecimiento de cobertura vegetal

Tipo de suelo	Mm. de agua disponible por m. de espesor del perfil de suelo	Observaciones
Capa delgada de suelo sobre roca fracturada	10	No es posible establecer cobertura vegetal.
Capa delgada de suelo sobre roca arcillosa	125	Es posible establecer vegetación de acuerdo a las limitantes del sitio, del suelo y de la especie vegetal.
Suelos arenosos sobre arenisca blanda	85	
Suelos arenosos de gran espesor	100	
Suelos limosos	130	
Suelos limosos arcillosos	135	
Suelos arcillosos	115	
Turbas	200	Es muy difícil establecer vegetación.
Gravas	50	
Suelos endurecidos	50	

Fuente: Suárez (2004), en base a Helliwell (1995)



Barrera de vetiver en cafetal

Técnicas de barreras vivas o mixtas			
Barreras vivas o mixtas	Características	Función	
En hileras	Cortinas forestales	<ul style="list-style-type: none"> - Son hileras de árboles y arbustos que se orientan en dirección perpendicular a los vientos dominantes, o que conforman un cerco si el viento tiene una dirección variable. - Para que su funcionamiento sea óptimo deben dejar pasar el 50 ó 60% del viento (es decir, deben ser permeables), si no es así se genera turbulencia en los extremos. - Cada hilera tiene árboles de distintas densidades y alturas. - Los caminos y accesos deben diseñarse en forma diagonal porque si son rectos, incrementan la velocidad del aire hasta 140%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar la velocidad del viento.
	Hileras de residuos vegetales	<ul style="list-style-type: none"> - Son barreras temporales constituídas por residuos vegetales anclados al suelo con estacas de madera, con cañas o con fibras vegetales tejidas (por ejemplo, con fibras de <i>Vetiveria zizanioides</i>, un pasto muy usado en conservación de suelos). - Suelen colocarse cerca a zanjas de infiltración y en taludes de pendiente baja a moderada. Cuanto más empinada es la pendiente, el espaciamiento deberá ser menor. - Es preferible que sean verticales puesto que las horizontales provocan erosión bajo las barreras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disipar la energía de la escorrentía. - Atrapar sedimentos. - Reducir la velocidad de la escorrentía.
	Hileras de ramas vivas	<ul style="list-style-type: none"> - Son barreras similares a las anteriores pero que están conformadas por ramas aún vivas y se colocan en zanjas separadas 1 a 6 m entre sí. 	
	Fajinas	<ul style="list-style-type: none"> - Son hileras de manojos semicilíndricos de unos 20 a 40 cm de diámetro y unos 2 a 9 m de largo, que están conformadas por mantos de fibra orgánica dentro de los cuales hay ramas que luego enraizan. Se atan con sogas o plásticos. - Se colocan semienterradas en zanjas poco profundas (aproximadamente de 20 cm) y en zonas de poca pendiente. - Las hileras de fajinas entrelazadas conforman "muros enfajinados", y éstos se intercalan con vegetación. - Se fijan al suelo mediante estacas vivas o inertes, y si se colocan en cursos de agua, también se fijan al enrocado o a otros sistemas de protección. - Se puede excavar zanjas en forma de espina de pescado (con brazos conectados a una zanja principal), de tal modo que se forme una red de drenaje controlada con fajinas. 	
	Enzarzados	<ul style="list-style-type: none"> - Son estacas vivas enterradas formando hileras y siguiendo las curvas de nivel, entre las cuales se teje una red usando ramas y juncos. 	
	Enramados verticales	<ul style="list-style-type: none"> - Son cercos de 6 a 15 cm de diámetro, conformados por estacas vivas entrelazadas con ramas o juncos que forman un enrejado que con el tiempo forma raíces. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alejar el flujo de la orilla y producir sedimentación.
	Trinchos de vegetación	<ul style="list-style-type: none"> - Son estacas vivas profundas que sostienen un sistema de contención construido con madera, cañas o ramas. - Sobre el sistema de contención se coloca un biomanto o geotextil, que se rellena con suelo (de no más de 1m). En ese suelo se siembra la barrera de vegetación. 	
	Cordones de vegetación en orillas	<ul style="list-style-type: none"> - Hileras de vegetación en las orillas de los ríos, con un ancho mínimo de 10 m y donde se distinguen 4 subzonas: <ol style="list-style-type: none"> 1. La más baja, entre el fondo del cauce y el nivel medio de las aguas, que no se vegetaliza porque permanece sumergida, pero se puede proteger con piedras y gaviones. 2. La zona entre el nivel mínimo del río y el nivel medio de las aguas, que se vegetaliza con plantas acuáticas como cañas, juncos, bambú, etc. Además puede ser protegida con enrocados para limitar la socavación. 3. La zona entre el nivel medio del agua y el nivel máximo, que se vegetaliza con pastos, hierbas, juncos y árboles. 4. La zona que está sobre el nivel máximo de las aguas, que debe ser protegida con un sistema que combine adecuadamente árboles, arbustos y pastos para estabilizar los taludes y controlar la erosión superficial. 	

Barreras vivas o mixtas		Características	Función
En capas	Capas de enramados	<ul style="list-style-type: none"> - Son capas de material vegetal y de suelo²⁰ que están intercaladas, entrecruzadas y traslapadas. - Las ramas pueden enraizar y así incrementar la capacidad del sistema para reforzar taludes. - Se puede envolver las capas de suelo en telas y fibras como yute, geotextil o geomallas para darle más estabilidad al sistema, sobretodo si la pendiente es muy empinada. En estos casos, es bueno colocar previamente un relleno de piedra o enrocado. - En pendientes suaves, se puede colocar mulch²¹ entre las capas para favorecer el prendimiento de la vegetación. - El espaciamiento entre capas de enramados varía entre 1 y 2 m según la pendiente, pero siempre debe ser menor en la parte baja del talud. 	<ul style="list-style-type: none"> - Retardar los flujos de agua que se dirigen hacia los cauces de ríos y quebradas secas, de modo que no se produzcan inundaciones y caudales pico rápidamente, después de las tormentas. - Atrapar sedimentos. - Reparar huecos en taludes. - Rellenar cárcavas no muy pronunciadas (máximo de 60 cm de profundidad y 10 m de largo).
En escaleras	Taludes en escalera	<ul style="list-style-type: none"> - Son taludes transformados en un sistema muy similar a las terrazas, pero a escala menor y conformados completamente por material vivo. - El muro de contención entre gradas está conformado por estacas vivas que luego germinarán y está protegido internamente por cañas o maderas rollizas colocadas en capas. - En la parte del terraplén se instalan pastos de protección de taludes y algunos arbustos perennes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilizar taludes empinados.
En muros	Muros de piedra vegetalizados	<ul style="list-style-type: none"> - Son pantallas o muros construídos con bloques grandes de roca, y suelo, intercalando capas de ramas vivas. - Se utiliza en muros de no más de 1,5 m de altura. - La base se construye sobre una zanja que se abre a un nivel más bajo que el de socavación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Permitir la regeneración del material vegetal en zonas degradadas.
	Sacos de piedra vegetalizados	<ul style="list-style-type: none"> - Son muros de pie de talud hechos de bolsas de propileno que se rellenan con grava, arena o suelo. - Entre los sacos o bolsas se colocan las ramas vivas y para sostenerlos se pueden usar las estacas vivas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Permitir reducir las pérdidas de suelo, y estabilizar taludes.
	Rip rap vegetalizado	<ul style="list-style-type: none"> - Son estacas vivas colocadas perpendicularmente dentro del enrocado. Preferiblemente se colocan durante la construcción del mismo. - Las estacas deben quedar enterradas debajo del enrocado, y si es que se coloca un filtro bajo las rocas, debajo de éste también. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las raíces contribuyen al anclaje del enrocado.
	Espigones con vegetación en cauces	<ul style="list-style-type: none"> - Son espigones conformados por materia vegetal y que se ubican en corrientes de poco caudal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alejar la corriente de la orilla y favorecer la sedimentación.
En canales	Revestimiento de canales, con vegetación	<ul style="list-style-type: none"> - Son coberturas que protegen la superficie de los canales de flujo no permanente. - Se utiliza especies de poca altura que resistan estar sumergidas bajo el agua por períodos largos y que puedan regenerarse después de las inundaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir la velocidad de los cursos de agua, favorecer la infiltración y controlar la erosión de cauces.
	Trinchos vivos en cauces	<ul style="list-style-type: none"> - Son barreras construidas con vegetales en el cauce de la corriente. - Las especies escogidas deben tener raíz profunda para que se anclen bien al suelo, y no deben tener demasiado follaje para que no restrinjan el flujo en exceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir la erosión en una corriente no permanente. - Restringir el paso del flujo y reducir su velocidad

Barreras vivas o mixtas		Características	Función
	Estacas vivas de arbustos nativos en orillas	<ul style="list-style-type: none"> - Es un sistema que consiste en la colocación de 3 hileras de estacas con troncos de arbustos y árboles que se entierran en la orilla a más de 1 m de profundidad y a espaciamientos entre 1 y 1,5 m - Las estacas se ubican por debajo de la profundidad de socavación, incluso la primera hilera se siembra bajo el agua. - No se deben colocar bajo sombra porque las hileras superiores, destinadas a sobrevivir, no podrían hacerlo. - En suelos arcillosos no se puede aplicar éste sistema porque las estacas no se oxigenarían bien. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alejar el flujo de la orilla y producir sedimentación.
	Barreras longitudinales de ramas vivas en orillas	<ul style="list-style-type: none"> - Son barreras de ramas vivas, paralelas a las corrientes de agua y lodo. - Se construyen sobre zanjas longitudinales sobre las cuales se coloca las ramas vivas protegidas con bloques de roca o con cilindros de productos vegetales como: rollos de fibra de coco o de paja, fajinas, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alejar el flujo de la orilla. - Producir sedimentación.
En cajones	Cajones de ramas	<ul style="list-style-type: none"> - Son barreras en forma de cajón que utilizan ramas que se sostienen con estacas enterradas por lo menos 50 cm. - Se requiere amarrar las estacas con alambres y colocar un relleno sobre los cajones para darles estabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilizar taludes y contribuir al control de cárcavas.
	Cubiertas vivas	<ul style="list-style-type: none"> - Son arreglos de troncos de madera que forman cuadrados o rectángulos sobre la superficie de los taludes empinados. El espacio entre troncos se rellena con ramas y suelo. Como se colocan 2 capas de troncos, se forman cajones. - Es un sistema que soporta su propio peso. - La estructura de madera se cimienta en una zanja abierta en la base del talud. Al menos la mitad de los travesaños de la base se entierran en la zanja. - Se puede colocar una malla de protección sobre las ramas y el suelo entre los troncos, para facilitar su prendimiento. 	
	Muros criba vegetalizados	<ul style="list-style-type: none"> - Son capas de cajones prefabricados (de concreto o de madera) que se rellenan con ramas vivas y suelo. Las ramas atraviesan sus muros de tal forma que pueden formar raíces detrás de éstos. 	
	Colchonetas de gaviones vegetalizados	<ul style="list-style-type: none"> - Son cubiertas de poco espesor hechas con cajones y alambre galvanizado, y que están rellenas de cantos rodados. Antes de ser rellenas, se entierran estacas vivas de manera perpendicular, y éstas son enterradas al menos 60 cm debajo del filtro o biomanto existente en la base. El espaciamiento entre estacas vivas dependerá de las necesidades de diseño y de la cubierta vegetal que se desee. 	
	Muros en gaviones vegetalizados	<ul style="list-style-type: none"> - Son cajas rectangulares de malla de alambre rellenas de cantos o bloques de rocas, que tienen ramas vivas largas a diferentes niveles del muro, que luego enraizarán detrás de él. - La incorporación de suelo en el gavión facilita el prendimiento de las ramas. 	

Algunas fotos

Siembra sobre geomalla Fuente: DOMUS S.A.C.



Izquierda: Construcción de estaquillados de madera



*Derecha: Estaquillados de bambú en la plataforma
Fuente: DOMUS Consultoría Ambiental S.A.C.*

Izquierda: Mantas de yute en taludes de corte



*Derecha: Manta de yute con pastos en taludes pequeños
Fuente: DOMUS Consultoría Ambiental S.A.C.*

Izquierda: Drenaje para evacuar el agua de la cuneta de coronación



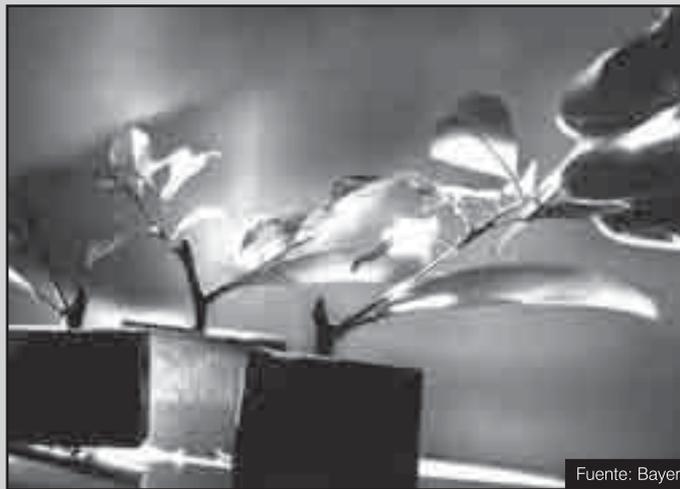
Al medio: Sacos de yute colocados como trampa de sedimentos

Derecha: Pantallas de yute para favorece la revegetación

Fuente: DOMUS Consultoría Ambiental S.A.C.

- ¹ Las leguminosas pueden convertir el nitrógeno (N) inerte del aire, en compuestos de nitrógeno útiles para las plantas, con la ayuda de las bacterias que viven en sus raíces. Es por eso que siempre se tiende a usar estas plantas en las rotaciones y asociaciones de cultivos, y en los sistemas agroforestales. Las leguminosas también mejoran la estructura del suelo, la aireación y el movimiento del agua. Además, modifican la estructura del suelo.
- ² El abonamiento verde consiste en cultivar plantas, especialmente leguminosas (trébol, alfalfa, frejol, alfalfilla, etc.) o gramíneas (avena, cebada, rye grass, etc.), que luego son incorporadas al suelo en estado verde, sin previa descomposición, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, restableciendo y mejorando su fertilidad natural. Es recomendable utilizar mezclas de especies dado que las leguminosas aportan nitrógeno y las gramíneas mejoran el contenido de materia orgánica. Las especies utilizadas suelen tener crecimiento rápido, ciclo de vida corto y más hojas que tallos.
- ³ Las capas germinadoras o "mulching" están compuestas por materiales orgánicos o inorgánicos como paja, residuos de cosechas, hojas, aserrín, etc. Al descomponerse sirven de alimento y fuente de nutrientes para las plantas. Su función es proteger las semillas y ayudar a su germinación, así como protegerlas del golpeo de las gotas de lluvia, retardar la escorrentía, sedimentos, absorber humedad y mantener un microclima adecuado para las plantas. Existen varios tipos de mulch, por ejemplo aquellos derivados del papel, de la madera, de la caña de azúcar, etc.
- ⁴ En algunos casos los viveros requieren la implementación de infraestructura como invernaderos, sistemas de riego, bodegas, oficinas, almacigueras, etc. Existen viveros permanentes y temporales. De acuerdo a quien ejerce la administración de los mismos, pueden ser: municipales, comunales, familiares, escolares, etc.
- ⁵ Ver definición más precisa en el capítulo 5.
- ⁶ El microclima es un clima local de características distintas a las de la zona en que se encuentra. Los factores que lo determinan son: la topografía, la temperatura, la precipitación, la relación altitud-latitud, la radiación solar, la cobertura vegetal; entre otros.
- ⁷ Por ejemplo, para hacer un manejo más eficiente de la cobertura vegetal, se debe tener en cuenta la humedad máxima que puede soportar un suelo y el nivel freático crítico para el talud.
- ⁸ Los vientos de valle se originan cuando las laderas y el aire próximo a ellas están calientes, entonces la densidad del aire disminuye y el aire asciende hasta la cima siguiendo la superficie de la ladera. Durante la noche la dirección del viento se invierte, convirtiéndose en un viento que fluye ladera abajo (vientos de montaña). Si el fondo del valle está inclinado, el aire puede ascender y descender por el valle y dicho efecto es conocido como viento de cañón.
- ⁹ La fertilidad depende, a su vez, de muchas de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Por ejemplo: estructura, textura, densidad, profundidad, grado de compactación, profundidad de la roca impermeable bajo el suelo, humedad, capacidad de campo, disponibilidad de agua, pH, salinidad, contenido de materia orgánica y relación carbono-nitrógeno, cantidad de cationes intercambiables, presencia de toxinas y concentraciones de las mismas, disponibilidad de nutrientes, etc.
- ¹⁰ Cada especie tiene diferentes preferencias por tipos de suelos, luz, nutrientes y agua.
- ¹¹ Generalmente se siembra antes del inicio de la temporada de lluvias, para garantizar la humedad y temperatura necesarias para la germinación y/o crecimiento. Sin embargo, los requerimientos específicos dependen de la especie.
- ¹² Los adherentes pueden ser orgánicos (como la goma de guar: *Cyamopsis tetragonobulus*, y del plántago: *Plantago ovata*), o sintéticos (como las poliacrílamidas, que se usan principalmente en zonas con pendientes críticas, pero que realmente no son recomendables por sus efectos negativos a largo plazo sobre la salud). El almidón puede ser el agente que retenga la humedad (en al menos 400 veces su peso)..
- ¹³ Los fertilizantes que se añaden son de 2 tipos: los que fomentan el proceso de germinación (como los ácidos húmicos y fúlvicos que son bioestimulantes) y los que sirven para el desarrollo y fortalecimiento de la planta (como las diferentes combinaciones de N-P-K, es decir compuestos con nitrógeno, fósforo y potasio).
- ¹⁴ Mecanismo de propagación recomendado para zonas tropicales.
- ¹⁵ Los estolones son brotes que nacen de la base de los tallos y son delgados, largos, postrados o subterráneos. Forman yemas en los nudos y en el ápice de la planta, y permiten la propagación porque forman raíces, engendrando nuevos individuos.
- ¹⁶ Esto ocurre porque los residuos vegetales retienen el agua de escurrimiento y aumentan la profundidad de la lámina de agua sobre el suelo, y además disminuyen la fuerza de las gotas de lluvia.
- ¹⁷ La actividad biológica en el suelo es indicadora de la fertilidad del mismo. Las bacterias y hongos suelen cumplir el rol de descomponedores, consumidores de patógenos y de materia orgánica, y además producen agentes que mantienen la estructura del suelo, también facilitan la absorción de nutrientes. Además, los gusanos, que se alimentan de todo lo que encuentran en el suelo, cumplen un rol esencial ya que en sus heces excretan una gran cantidad de nutrientes. En zonas degradadas, donde el suelo no es muy fértil, se coloca suelo orgánico de otros lugares para activar la actividad microbial.
- ¹⁸ La evapotranspiración incluye el efecto combinado de la evaporación de la humedad de la corteza terrestre (que se da por extracción, a través de las raíces); y la transpiración (que se da a través del follaje). Generalmente la evapotranspiración real es muy inferior a la teórica.
- ¹⁹ Los mantos orgánicos son productos de madera, paja, fibra, yute, fibra de coco o filamentos vegetales tejidos o agregados, que conforman una tela gruesa de fibra vegetal. Se desintegran después que las plantas se han establecido plenamente. Se adhieren al suelo por medio de grapas de alambre o estacas de madera. Si es necesario el uso de varias telas, éstas deben traslaparse al menos 15 cm. Siempre deben mantenerse en contacto con el suelo. Las esterillas tridimensionales son una variación de los biomantos, su característica más resaltante es que son mantas con una gran cantidad de vacíos que permiten el establecimiento de vegetación dentro de ellas. Usualmente son de material sintético. Otra opción son las mantas con celdas tipo panal, que luego son rellenas con material orgánico.
- ²⁰ El suelo debe ser lo suficientemente permeable para permitir la presencia de aire, y lo suficientemente impermeable para retener humedad por periodos largos de tiempo. Además, se debe evitar el uso de arenas, gravas limpias y arcillas plásticas.
- ²¹ El "mulch" es una capa de material orgánico e inorgánico (como paja, aserrín, residuos agrícolas, hojas, etc.) que se esparce sobre la superficie del terreno para proteger las semillas y ayudar en su germinación. Tiene distintas funciones como: proteger el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, retardar la escorrentía, atrapar sedimentos, absorber humedad y mantener un microclima adecuado para el desarrollo primario de la vegetación. Se pueden colocar mallas (preferiblemente de alambre galvanizado) para protegerla de la erosión, al menos durante la temporada de prendimiento. Cuando el mulch se descompone, se convierte en nutrientes para las plantas.

Esta ficha trata de una serie de técnicas utilizadas para mitigar la contaminación ambiental o controlarla. Éstas se valen básicamente de principios físicos, químicos y biológicos que permiten transformar, aislar o eliminar los tóxicos.



Experimentación

La remediación también busca la restauración ecológica o recuperación de ecosistemas mediante la manipulación controlada y racional de sus elementos.

CARACTERÍSTICAS

Los factores fundamentales a considerar cuando se analizan las alternativas de remediación son:

- El **foco** o fuente.
- El **mecanismo** de infiltración, que puede ser:
 - Directo, si el contaminante pasa fácilmente al acuífero o a capas profundas del suelo, por ejemplo, a través de los pozos o sumideros.
 - Difuso, si la infiltración es menor pero más prolongada en tiempo y espacio.
- El **tipo de contaminante**, ya que esto define las posibilidades de remediación.
 - La **localización** concreta del problema.
 - Las **propiedades** de los **suelos** afectados.
 - Las **propiedades** físico-químicas más importantes de los **contaminantes**.
 - Los **factores** ambientales y microbiológicos que influyen en la **degradación** de los contaminantes.
 - La **distribución** geométrica de los contaminantes en el área problema, que puede ser de tres tipos:
- Generalizada, si afecta por igual a toda el área.
- Puntual, si afecta solamente a un área de extensión limitada.
- En pluma, si la contaminación puntual se difunde y/o dispersa. Suele persistir durante largos periodos de tiempo y estar constituida por un gran volumen de contaminantes.

Los métodos de remediación existentes pueden ser:

- **In situ**.
- **Ex situ**. Si para realizar la remediación se extrae el medio contaminado y se remedia en otro lugar, para posteriormente reponerlo en su lugar de origen.

Existen al menos 3 maneras de controlar y mitigar la presencia de compuestos tóxicos en el ambiente:

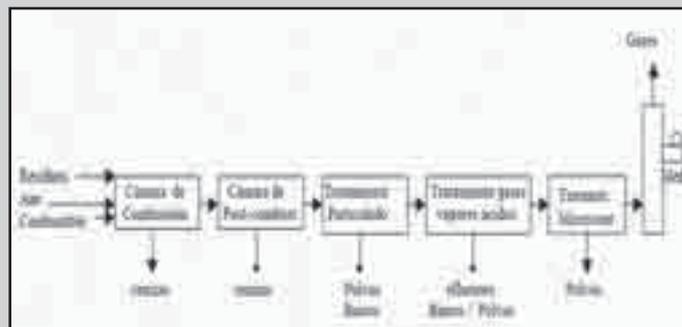
1. **Atenuación natural**, si la remediación ocurre a consecuencia de procesos naturales, sin intervención humana. Debido entre otros puntos a condiciones geológicas, persistencia de subproductos, condiciones ambientales óptimas, existencia de microorganismos biodegradadores, factibilidad de proteger y/o aislar la contaminación durante el tiempo que dura la atenuación.
2. **Remediación físico química**, mediante diversas técnicas de extracción o control de los contaminantes. Se valen de procesos físico-químicos controlados. Por ejemplo:

- **Los muros de tratamiento**. Son paredes permeables por donde el tóxico pasa y reacciona, transformándose en un compuesto insoluble que queda atrapado. Es apropiado construir paredes laterales impermeables que dirijan el flujo de tóxicos hacia estos muros, los que a su vez deben ser transversales a la dirección de la pluma de contaminantes.

El ingrediente activo de los muros se selecciona de acuerdo a la sustancia que se desea eliminar. Es así que se pueden generar 3 tipos de reacciones:

- **De degradación**, si el tóxico se descompone. Por ejemplo: los muros de polvo de hierro producen la deshalogenación reductiva⁵ de algunos compuestos policlorados.
 - **De precipitación**, si los iones metálicos presentes en el medio acuoso contaminado precipitan de manera tal que los compuestos insolubles quedan atrapados en la barrera. Por ejemplo: cuando el agua contaminada con plomo se hace pasar por una barrera de piedra caliza, su acidez se neutraliza y el plomo precipita.
 - **De sorción**, si el empaque del muro es una sustancia que absorbe el tóxico, por ejemplo: el carbón activado (por intercambio iónico).
-
- **El confinamiento**. Es aislar o encapsular los contaminantes en vertederos (ex situ) o en trincheras verticales que se excavan alrededor del área contaminada (in situ) y se impermeabilizan con lodo, arcillas especiales, cemento, paneles⁶ u otros. Su mayor efectividad se consigue si quedan ancladas en una capa de menor permeabilidad (por ejemplo, cemento o una barrera química⁷).
 - **La extracción (in situ)**. Es crear presión negativa para inducir la volatilización de los contaminantes y su transporte a través del suelo, rumbo a pozos conectados a un sistema de tratamiento de gases.
 - **Los procesos de membrana (ex situ)**. Utilizan membranas porosas y no porosas para filtrar aquellos componentes contaminantes que no son eliminados por los sistemas tradicionales de saneamiento.
 - **La electrodescontaminación⁸ (in situ)**. Es la movilización de los contaminantes bajo la acción de campos eléctricos. Se basa en la introducción a suficiente profundidad de electrodos en el suelo y la aplicación de una diferencia de potencial. Da buenos resultados en suelos con altos contenidos en metales pesados (Cu, Zn, Pb, As) o suelos contaminados por compuestos orgánicos.
 - **La fracturación (in situ)**. Es inducir la roturación de suelos o terrenos muy compactos, de forma que las técnicas que se basan en la movilización de los contaminantes pueden actuar mejor. Pueden ser: fracturación hidráulica (con agua o una mezcla de arena y agua) o neumática (utiliza aire a presión).
 - **El encalado (ex situ)**. Favorece reacciones de precipitación y neutralización en el agua y/o en el suelo⁹. Busca elevar el nivel del pH a 6,5 y 7. Con ello se logra que los contaminantes no se encuentren biodisponibles y que la actividad microbiana sea favorecida. Algunos productos utilizados son los óxidos e hidróxidos de cal, los carbonatos cálcicos (o calizas), las dolomitas (carbonato cálcico magnésico), el sulfato cálcico (yeso), las margas, las cretas, los silicatos de calcio o magnesio, los subproductos de la industria azucarera, las cenizas de madera.
 - **El lavado de suelos y semisólidos (in situ)**. Se utiliza una mezcla de agua y surfactante para remover contaminantes como metales, arcillas, escombros y cienos. La infiltración de agua contaminada se recupera hidráulicamente pero es difícil de tratar luego.
 - **La vitrificación (in situ)**. Consiste en fundir a muy alta temperatura (1.600-2.000°C) el medio donde se encuentre el contaminante (usualmente, el suelo) mediante una corriente eléctrica, de forma que se consiga:

- La destrucción total de los contaminantes orgánicos, que se van transformando en gases que luego son recogidos en una campana.
 - El aislamiento completo de otros contaminantes que el suelo pueda contener (inertización), sobre todo metales pesados, que quedan formando parte de un vidrio muy resistente a la meteorización.
- **La desorción térmica a baja temperatura** (ex situ). Se calienta el medio contaminado a 90–320°C, para volatilizar los compuestos orgánicos y evaporar el agua. Esto se conecta a un sistema de vacío por el que se conduce los vapores a una cámara de combustión, donde su composición química cambia y su toxicidad se reduce.
 - **La incineración** (ex situ). Es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura¹⁰ (870-1200 °C) en el cual los residuos (sólidos, líquidos, semisólidos y gaseosos) son convertidos en gases y cenizas. Antes de ser emitidos a la atmósfera, los gases son tratados para poder eliminar los vapores ácidos, el material particulado y todas aquellas sustancias que puedan contener microcontaminantes.



Componentes básicos de un sistema de incineración

3. **Biorremediación** (ex situ e in situ). Se fundamenta en que los contaminantes son usados como alimento (fuente de carbono) durante el crecimiento y multiplicación de algunos organismos capaces de degradarlos o transformarlos a formas menos tóxicas. Otra opción es que los tóxicos sean degradados por acción simbiótica¹¹, pero para ello se necesita, la presencia de asociaciones apropiadas de microorganismos y condiciones que aseguren su actividad biológica. Los métodos de biorremediación pueden ser aerobios o anaerobios, dependiendo de la existencia o no de oxígeno en el medio a remediar.

También ciertas plantas pueden degradar o eliminar tóxicos. Esto se denomina "fitorrestauración". Ejemplos:

- **La fitoextracción.** Es la captura de iones metálicos a través de las raíces de algunas plantas (los acumulan en sus tallos y hojas).
- **La rizofiltración.** Implica cultivar plantas en tanques con agua contaminada para que los tóxicos queden fijados en las raíces y a medida que se saturan, éstas se vayan cortando y eliminando.
- **La fitodegradación.** Ocurre tanto en la rizósfera como en el interior de algunas plantas, cuando éstas son capaces de transformar los tóxicos en metabolitos como las fitohormonas.
- **El bombeo biológico.** Consiste en impedir que las aguas superficiales contaminadas lleguen a los acuíferos, aprovechando la capacidad de absorción de algunos árboles, como el álamo y el eucalipto.
- **La fitovolatilización.** Implica transferir contaminantes del estado sólido o líquido a la atmósfera. Algunos árboles que consumen agua contaminada con compuestos volátiles lo evapotranspiran (método in situ).
- **La fitoestabilización.** Implica utilizar plantas tolerantes para reducir la movilidad de algunos compuestos, para evitar que pasen a la atmósfera o al agua subterránea. Se aplica en relaveras y para el control de compuestos clorados y fenólicos.
- **La fitoestimulación.** Es usar los exudados de las raíces para promover el desarrollo de algunos microorganismos capaces de degradar el tóxico.

FUNCION

- **La atenuación natural** permite que los procesos naturales se desarrollen y que los contaminantes se dispersen, transformen o degraden.
- La **remediación físico-química** hace uso de las propiedades de los compuestos para hacerlos reaccionar o cambiar su estado físico para que resulten menos tóxicos o permitan su aislamiento.

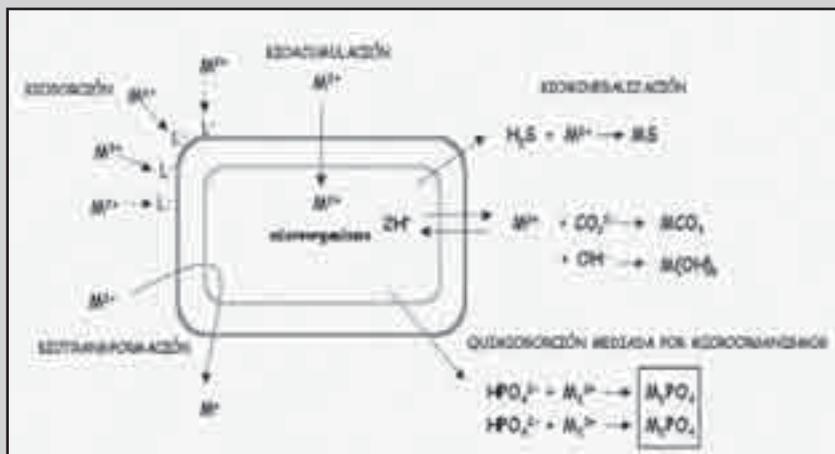
- La **biorremediación** permite eliminar o extraer tóxicos sin utilizar compuestos químicos que pudieran tener efectos secundarios en la estabilidad ecológica.

VARIACIONES

- Se puede recuperar metales a partir de materiales sólidos contaminados como suelos, cenizas resultantes de la quema de desechos, sedimentos acuáticos, etc. Para ello se utiliza bacterias oxidadoras de hierro o sulfuros, como *Thiobacillus ferroxidans* o *Thiobacillus thiooxidans*, respectivamente, tanto en condiciones aerobias como anaerobias. Las bacterias del género *Thiobacillus* son microorganismos acidófilos, es decir, requieren un $\text{pH} = 2,5$ para crecer en condiciones óptimas, lo cual resulta adecuado para mantener a muchos minerales en solución.

Existen varios procesos que permiten controlar, eliminar o reaprovechar los medios contaminados, mediante el uso de bacterias. Estos son los siguientes:

- **La biosorción.** Es cuando los microorganismos son utilizados como biosorbentes, retienen los metales pesados en poco tiempo y son fáciles de extraer. Se cree que los sistemas mixtos, formados por microorganismos y macromoléculas (polímeros) sorbentes, tienen mejores rendimientos en la captación de mezclas de metales pesados.
- **La bioacumulación.** Implica que las células de los microorganismos incorporen el metal pesado presente en el entorno celular gastando energía. Una vez en su citoplasma, el metal puede ser secuestrado por unas proteínas llamadas metalotioneínas o puede ser llevado a una vacuola.
- **La biomineralización.** Cuando los microorganismos son capaces de precipitar metales, carbonatos e hidróxidos, mediante un mecanismo de resistencia que les permite expulsar el metal tóxico presente en el citoplasma hacia el exterior celular.
- **La biotransformación.** Es la transformación biológica de los metales pesados mediada por enzimas microbianas dando como resultado compuestos poco solubles o compuestos volátiles.
- **La quimiosorción mediada por microorganismos.** Es una serie de reacciones donde los microorganismos mineralizan un metal, formando un depósito primario que funciona como núcleo de cristalización donde se va depositando el metal y así la mineralización se ve acelerada.



Mecanismos de interacción entre metales pesados y microorganismos

EJEMPLOS

- Ocampo realizó un experimento para determinar la eficiencia del compostaje para remediar suelos contaminados por hidrocarburos y encontró que después de 180 días la concentración de contaminantes se redujo de 30% a 1%.
- Los humedales artificiales constituyen un método pasivo de remediación. Como son ricos en sustratos orgánicos, intercambian ácido húmico y fúlvico con los metales disueltos, convirtiéndose en menos bio-disponibles. Por su reducido costo y gran eficacia, en Estados Unidos, Canadá, Australia y Europa se han incorporado en los planes de restauración y clausura de las minas en operación.

- La fitorremediación se ha utilizado para eliminar iones metálicos, plaguicidas, disolventes, explosivos, derrames de hidrocarburos, lixiviados de basureros tóxicos; entre otros. Por ejemplo: en experimentos realizados con maíz y girasol se ha obtenido una reducción de los residuos de hidrocarburos de 65% y 61%, respectivamente. La misma está relacionada con el incremento de la concentración de bacterias heterótrofas estimuladas por los exudados radiculares de ambas especies.

Por otra parte, una aplicación particularmente útil fue el uso de las plantas de girasol para eliminar iones radioactivos por rizofiltración en las lagunas contaminadas luego del accidente en la planta de energía nuclear de Chernobyl. En Ohio, EE.UU., existe una experiencia similar de rizofiltración para la extracción de uranio, pero en aguas subterráneas.

En la India, diversos estudios con plantas silvestres de girasol, geranio y mostaza, han demostrado que el geranio tolera más la contaminación por níquel y por plomo mientras que la mostaza es más tolerante al cadmio.

En Brasil también existe un caso interesante: la empresa RUALCA C.A. ha realizado experimentos para evaluar a escala piloto la fitorremediación de los metales pesados en cuerpos de agua, en las raíces de la *Canna Glauca* para eliminar cromo hexavalente.



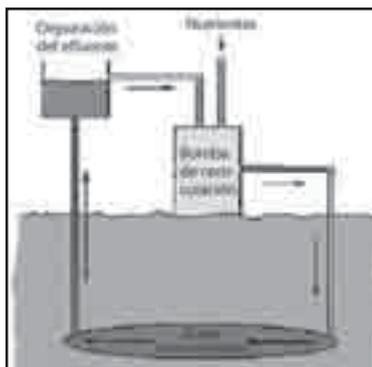
Fuente: RUALCA S.A.

Experimentación con *Canna Glauca*.

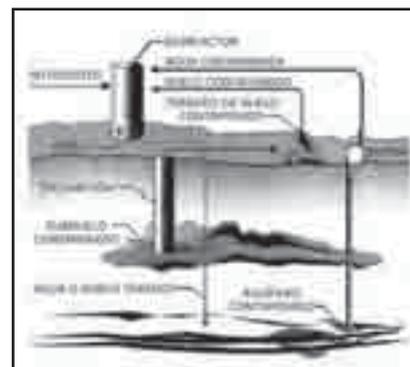
A TOMAR EN CUENTA

● CRITERIOS ELEMENTALES A CONSIDERAR

- Un ecosistema restaurado no tendrá necesariamente la misma biodiversidad ni las mismas tasas de producción o de reciclado de nutrientes que un sitio similar no perturbado; sin embargo, sus funciones ecológicas sí podrán ser recuperadas (Cairns y Heckman 1996).
- Para que la remediación sea eficiente es necesario conocer bien la sustancia "problema": sus fuentes, medios de transporte, formas de uso, efectos¹, normas que regulan su utilización, etc.
- El encalado del suelo debe realizarse en terrenos que están sin cultivos y con poca humedad. Sin embargo, dependiendo del producto, se puede realizar algunos meses antes² de la siembra.
- El efecto permanente de las enmiendas en suelos se puede observar recién a los 2 ó 3 años, no implicando una corrección permanente de la acidez.
- En tierras ácidas y ligeras con alto contenido en humus no se encala porque en ellas el pH superior a 6,5 puede ser perjudicial.
- Para suelos arenosos es preferible utilizar calizas y dolomitas. En cambio, para suelos arcillosos, utilizar cal viva o apagada.
- La cal viva se debe apagar³ antes de distribuirla en el campo, para que no afecte las semillas.

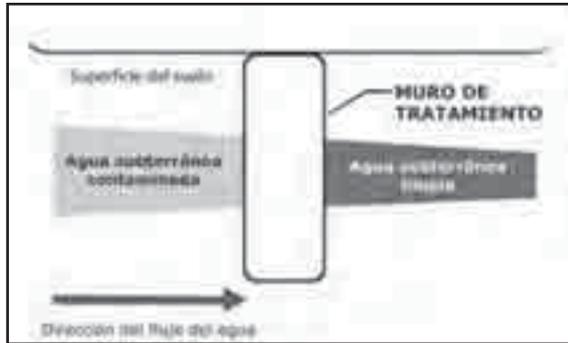


Sistema de remediación in situ

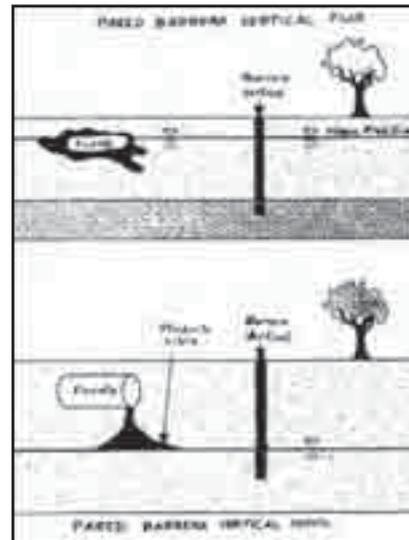


Remediación ex situ

- Es preferible usar técnicas de biodegradación (destrucción y detoxificación de contaminantes) antes que lavado, adsorción en carbón activado, confinamiento, solidificación o estabilización, porque estas solo transfieren los contaminantes de un medio a otro.



Muro de tratamiento



Barreras verticales

- Cuando la concentración del contaminante es alta, puede ocurrir una inhibición del desarrollo microbiano (por la reducción de su capacidad metabólica), o incluso podría darse una intoxicación de los microorganismos.
- En caso de encontrarse metales pesados en el terreno a muy altas concentraciones se debe trabajar a un pH alto que mantenga el metal inmovilizado o no soluble, para disminuir la toxicidad a los microorganismos.



Fuente: Fierro, 2002

Aplicación de correctivos de acuerdo al análisis del suelo

- La velocidad de crecimiento y la utilización de sustratos es generalmente superior en cultivos de microorganismos mixtos que en cultivos puros.
- El proceso anaeróbico es más lento que el aeróbico.
- El coeficiente de partición n-octanol/agua (K_{ow}) de un contaminante orgánico es un importante parámetro para evaluar el potencial de la fitoremediación (Burken y Schoolr, 1997) porque se relaciona con la absorción y traspaso de materia orgánica en la raíz, dentro de las plantas.
- Al acercarse a los biorreactores o a los lugares de remediación para hacer monitoreo y medición, se debe tener precauciones, como el uso de ropa especial, guantes, lentes, botas, y en algunos casos mascarillas.
- Para remediar áreas tratadas se debe evaluar otras condiciones limitantes como la salinidad y la deficiencia de nutrientes.

● ACCESIBILIDAD Y TIEMPO REQUERIDO

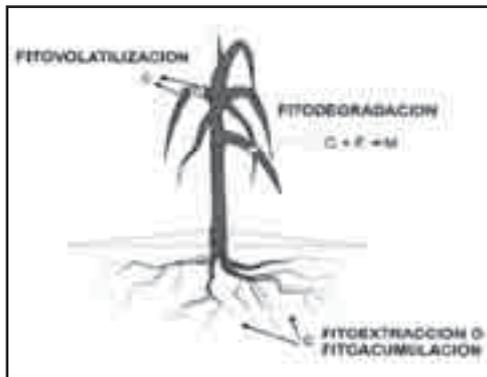
- Los tiempos de tratamiento en biorremediación pueden oscilar desde algunos meses hasta 2 años, dependiendo del tipo y condiciones del suelo, de la biodisponibilidad⁴ del contaminante y de las condiciones climáticas.
- Para una reducción razonable de contaminación por hidrocarburos, se requiere de 90 a 150 días, aunque puede alargarse hasta 18 meses.
- En general, los procesos de biorremediación requieren mayor tiempo de tratamiento que los físicos y químicos.

● COSTOS

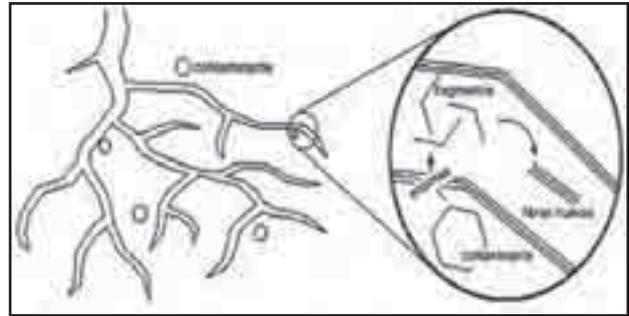
- Varían dependiendo de la escala en que se aplique la remediación.
- Hay técnicas de biorremediación con costo cero y otras, como el landfarming pueden costar \$100 por cama.
- Los tratamientos térmicos limpian la contaminación rápidamente pero son caros, por la energía, equipos y mantenimiento que requieren.
- La ventaja más notable de la fitorremediación radica en su bajo coste.

● ALCANCES

- Los rendimientos alcanzados por los biofiltros dependen de la naturaleza y la concentración de los contaminantes y de otros compuestos presentes en la mezcla tratada. Suelen alcanzar el 95-99% y son por lo tanto comparables con otros procesos como el lavado químico y/o los filtros de carbón activo.



Esquema de fitoremediación



Fitodegradación en las raíces

● LIMITACIONES

- Los tratamientos *in-situ* son más lentos que los *ex-situ*.
- Algunos compuestos como el PVC (policloruro de vinilo) y algunas tintas, cuando arden producen dioxinas y otras sustancias gravemente tóxicas y muy difíciles de eliminar de los gases. Por ello, si una incineradora es mal manejada se emiten dichos gases contaminantes. Sin embargo, con un adecuado control se produce emisiones bajo los límites permisibles.



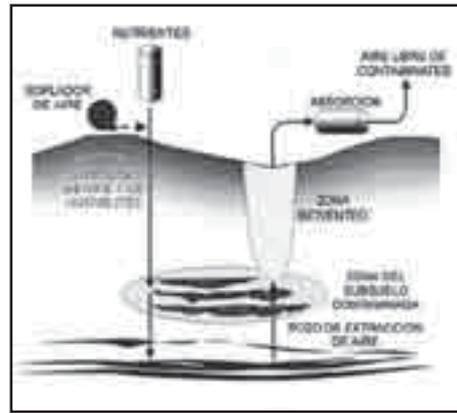
Fuente: Newcastle University

Drenaje ácido

- La biorremediación difícilmente se puede aplicar en suelos muy estratificados y arcillosos porque estas condiciones no favorecen la sobrevivencia de muchos microorganismos.
- Todos los microorganismos autóctonos que sobreviven en sitios contaminados han desarrollado mecanismos de resistencia y/o tolerancia que son útiles a la hora de implementar procesos de biorremediación.
- Los microorganismos inoculados pueden desplazar a los existentes en el suelo por competencia, disminuyendo el efecto degradativo; o no adaptarse a las condiciones ambientales del lugar. También puede ocurrir que no puedan competir con los microorganismos locales y su efecto sea nulo.
- No cualquier planta es útil para fitoremediar, se requieren las denominadas hiperacumuladoras (plantas que posean la capacidad de acumular y tolerar 10-100 veces más un determinado metal que una planta normal). La limitación es que estas suelen acumular un solo metal, crecen lentamente, poseen poca biomasa y se conoce poco su fisiología y características agronómicas.
- La vegetación cultivada en suelos tratados no debe ser consumida por animales ni humanos.



Cultivo de bacterias oxidantes de hidrocarburos



Inyección de aire

- Algunos suelos encalados pueden ser más exigentes en fertilizantes, ya que en ellos algunos elementos como boro, hierro, manganeso, cobre, zinc y aluminio están inmovilizados.
- Es importante evitar el exceso de cal u otro material calcáreo (sobreenalado) en suelos de baja capacidad buffer, ya que pueden surgir condiciones de excesiva basicidad y reducción en la disponibilidad de nutrientes como el cobre, fósforo, zinc, hierro, manganeso y boro.

- ¹ Algunos ejemplos de efectos son: sensibilización, irritación, corrosividad, toxicidad aguda, toxicidad por dosis repetidas, toxicidad para la reproducción, mutagenicidad, carcinogenicidad, etc.
- ² Para encalados con yeso o con residuos de azucareras la enmienda puede realizarse entre 1 y 2 meses antes de la siembra. Para encalados con caliza, 3 meses antes de la siembra y para encalar con dolomita se deberá actuar con una antelación de 3 a 6 meses.
- ³ Para apagar la cal se hacen montículos en el suelo y libre a la humedad atmosférica. Sin embargo, para impedir que se carbonate, es conveniente tapar los montículos con tierra. Después, se corta los montículos y se distribuye la cal con una pala por toda la parcela. La enmienda debe enterrarse superficialmente (15 a 20 cm).
- ⁴ Es decir, la concentración de metal libre y lábil presente. En toda muestra natural la concentración de metal total se halla alejada de la disponible. Ese alejamiento se debe al complejamiento existente con los componentes naturales de la muestra. Las técnicas de Voltamperometría de preconcentración permiten evaluar la existencia de complejos entre el metal y los ligandos presentes en el medio ambiente natural, tanto así como la labilidad de los mismos.
- ⁵ La deshalogenación es un proceso químico que permite reducir el número de átomos de halógeno que se encuentran en una molécula orgánica (los compuestos que tienen muchos halógenos son tóxicos).
- ⁶ Las barreras de paneles son tabiques de madera, cemento, hormigón armado, acero, etc., que pueden penetrar el terreno sin necesidad de excavación.
- ⁷ Las barreras químicas se constituyen inyectando bajo el área afectada un producto que impide la dispersión del contaminante y reduce la permeabilidad del sustrato, tanto así como su toxicidad y movilidad.
- ⁸ Los mecanismos que producen la movilización de los contaminantes con ayuda de electricidad son:
 - La migración, movilización de los contaminantes en forma iónica a favor del campo eléctrico.
 - La electro ósmosis, movilización del líquido como consecuencia de la interacción con las paredes de los poros.
 - La electroforesis, desplazamiento de las partículas coloidales cargadas en suspensión en los líquidos. Tiene una importancia muy inferior a la de los dos fenómenos anteriores.
- ⁹ Los suelos pobres en cal usualmente tienen mal drenaje y poca actividad microbiana (si se deja abonos orgánicos sobre ellos, éstos no se descomponen fácilmente).
- ¹⁰ La eficiencia de termodestrucción es mayor a 99,99% en casi todos los compuestos.
- ¹¹ En la degradación sintrófica (o cometabolismo) los microbios no usan los tóxicos ni como fuente de energía ni como fuente de carbono (alimento), sino que algunas de las enzimas que segregan catalizan la degradación de los tóxicos.
- ¹² La velocidad de crecimiento y la utilización de sustratos es generalmente superior en cultivos mixtos que en cultivos puros. En una mezcla de poblaciones los consumidores primarios inician el proceso de degradación y los consumidores secundarios utilizan los productos metabólicos de los primeros para degradarlos.

Capítulo 4



Nuevos retos

1. LOS ENFOQUES Y LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO

En la actualidad la población en general busca el camino hacia el desarrollo sostenible. En la ONU se está empezando a entender por desarrollo al proceso mediante el cual el Estado¹ y la sociedad civil, en forma coordinada, toman las medidas necesarias para la satisfacción de las necesidades fundamentales de la población. Estas pueden ser tanto colectivas como individuales, y usualmente implican:

- Relaciones de respeto e igualdad entre los diferentes actores sociales.
- Aumento de las potencialidades humanas para mejorar la productividad, la capacidad de comunicación (inclusive intercultural) y el crecimiento espiritual.
- Crecimiento económico con equidad.
- Desarrollo equilibrado de los diferentes medios de vida.
- Respeto a la identidad y a la diversidad cultural.
- Desarrollo de mecanismos de participación organizada.

En el ámbito internacional, se han consensuado paradigmas sobre lo que significa desarrollo para el ser humano. Los más relevantes son el paradigma² del desarrollo humano y el de desarrollo sostenible.

1.1 DESARROLLO HUMANO

Para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el desarrollo humano es un proceso de ampliación de la gama de oportunidades de educación, atención médica, ingreso, empleo y un gran espectro de opciones, que van desde el acceso a un entorno físico en buenas condiciones hasta libertades económicas y políticas para las personas. Ubica al ser humano como centro del desarrollo y favorece el despliegue de las potencialidades que garantizan el acceso o la construcción de un nivel de vida digno. Los pilares o fundamentos que permiten su funcionamiento son: la equidad, la participación, la sostenibilidad, la seguridad, la salud, la innovación tecnológica y el equilibrio entre las dimensiones: política, económica, socio-cultural, ambiental³, etc.

¹ Estado es el conjunto de instituciones que poseen la autoridad para establecer las normas que regulan una sociedad, teniendo soberanía interna y externa sobre un territorio definido. En la definición de Max Weber, un Estado es quien tiene el "monopolio sobre la violencia legítima". Por lo tanto, el Estado incluye a instituciones tales como las fuerzas armadas, la administración, los tribunales y la policía. El gobierno es una parte sustancial del Estado.

² Un paradigma es concebido –desde fines de la década de los años 60– como un modelo o patrón en cualquier disciplina científica u otro contexto epistemológico. En lingüística Saussure ha usado "paradigma" para referirse a una clase de elementos con similitudes.

³ Se entiende por ambiente el entorno o suma total de aquello que nos rodea y que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del hombre y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino que también abarca seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura.

Como instrumento de política internacional, se creó el Índice del Desarrollo Humano, que intenta medir el logro promedio de un país o región en cuanto a tres dimensiones básicas del desarrollo humano: una vida larga y saludable, los conocimientos y un nivel decente de vida. El IDH puede tener un valor entre 0 y 1. Así, cuando más se acerca a 1, mayor es el nivel de desarrollo humano.

Una de las críticas frecuentes a este indicador es que, cuando se determina índices por país o en escalas mayores, no se tiene en cuenta las inequidades y se elimina los valores extremos, que son justamente los que podrían reflejar algunos de los más importantes obstáculos al desarrollo. Existen algunas propuestas para introducir nuevas variables relacionadas con las libertades, los derechos humanos, el ambiente, la autoestima, etc., pero medir todo ello podría resultar engorroso ya que multiplicaría las bases de datos que deberían ser recopiladas y estar disponibles alrededor del mundo.

Esquema de los componentes del IDH



El aspecto positivo es que el IDH es estadísticamente robusto, es decir, no acarrea muchos errores de medición y aprueba los exámenes de consistencia. Cada país puede o no consultar este índice para la toma de decisiones respecto al desarrollo o puede combinar sus resultados con índices propios. Además, hay que reconocer que los datos que arroja son particularmente útiles cuando se analizan profundamente y cuando se descomponen analíticamente sus variables.

1.2 DESARROLLO SOSTENIBLE

El concepto de desarrollo sostenible⁴ fue originalmente formulado en 1987, en la presentación del "Informe Brundtland" de la Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU.

El desarrollo sostenible se definió inicialmente como "un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades". En la Cumbre de Río (1992) se propuso una definición actualizada del concepto de desarrollo sostenible, considerando que el desarrollo es sostenible cuando:

- Utiliza los recursos naturales por debajo de su capacidad de renovación.
- Distribuye las actividades en el territorio de acuerdo con su capacidad.
- Lleva a cabo actividades de tal manera que la emisión de contaminantes es inferior a la capacidad asimiladora del medio.

Si bien el concepto pretende revalorar la importancia de la conservación y aprovechamiento sostenible de recursos, no queda allí. Implica el logro del equilibrio entre las dimensiones: económica, ecológica y social. Hacer esto realidad es un verdadero reto; sin embargo, existe ya una conciencia colectiva sobre la necesidad de desarrollar equitativamente estos tres aspectos, ya que de lo contrario se podrían dar grandes retrocesos en el desarrollo, fundamentalmente en momentos de crisis.



⁴ En el español existe confusión entre los términos "sostenible" y "sustentable", que muchas veces suelen usarse indistintamente. Coen indica que sostenible se refiere al aspecto endoestructural del sistema, es decir, a que ciertas características han de permanecer firmemente establecidas, fijas, inalterables e inamovibles en el tiempo, hace referencia a un desarrollo que se mantenga en el largo plazo. Sustentable, por su parte, hace referencia a lo superestructural de ese mismo sistema, lo que requiere para mantenerse, para persistir y extender su acción tanto en el tiempo como en el espacio; alude a que debe ser un desarrollo que no merme los recursos existentes.

Aunque a partir de la Declaración de Río se ha ido implementando en todos los países firmantes una serie de instrumentos legales para asegurar procesos sostenibles y sustentables, éstos pocas veces están bien implementados en los ámbitos nacional, regional y local. Esto ocurre debido a que no es suficiente un marco legal completo e iniciativas supranacionales, sino que se necesita compromiso social, mucho diálogo y voluntad política en el ámbito regional y local.

1.3 RETOS ACTUALES

De la combinación de los dos paradigmas anteriores sobre el desarrollo, surge el concepto de “desarrollo humano sostenible”, definido como: “la ampliación de las opciones y capacidades de los individuos a través de la formación del capital humano y social para suplir, de la forma más equitativa posible, las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras”.

En el año 2000 la ONU, con la participación de 191 países, decidió plantear estrategias específicas para poner fin, por lo menos, a las condiciones estructurales que dificultan más el desarrollo humano sostenible: la pobreza, las enfermedades y la degradación ambiental. Se plantearon 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio y 18 metas que las naciones deberán cumplir para el año 2015 como prioridad:

Objetivos de Desarrollo del Milenio	Metas
ODM 1 <i>Erradicar la pobreza extrema y el hambre.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Meta 1: Reducir a la mitad el porcentaje de personas cuyos ingresos sean inferiores a 1 dólar por día. Meta 2: Reducir a la mitad el porcentaje de personas que padecen hambre.
ODM 2 <i>Lograr la enseñanza primaria universal</i>	<ul style="list-style-type: none"> Meta 3: Velar porque todos los niños y niñas puedan terminar un ciclo completo de enseñanza primaria.
ODM 3 <i>Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Meta 4: Eliminar las desigualdades entre los géneros en la enseñanza primaria y secundaria, preferiblemente para el año 2005, y en todos los niveles de la enseñanza para el 2015.
ODM 4 <i>Reducir la mortalidad infantil.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Meta 5: Reducir en dos terceras partes la tasa de mortalidad de los niños menores de 5 años.
ODM 5 <i>Mejorar la salud materna.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Meta 6: Reducir la tasa de mortalidad materna en tres cuartas partes.
ODM 6 <i>Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Meta 7: Detener y comenzar a reducir la propagación del VIH/SIDA. Meta 8: Detener y comenzar a reducir la incidencia del paludismo y otras enfermedades graves.
ODM 7 <i>Garantizar la sostenibilidad del ambiente.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Meta 9: Incorporar los principios de desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales para invertir la pérdida de recursos ambientales. Meta 10: Reducir a la mitad el porcentaje de personas que carecen de acceso al agua potable. Meta 11: Mejorar considerablemente la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios para el año 2020.
ODM 8 <i>Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Meta 12: Desarrollar aún más un sistema comercial y financiero abierto, previsible, no discriminatorio y basado en normas. Ello implica el compromiso de lograr una buena gestión de los asuntos públicos y la reducción de la pobreza, en cada país y en el plano internacional. Meta 13: Atender las necesidades especiales de los países menos adelantados. El acceso libre de cupos y aranceles para las exportaciones de los países menos adelantados, la mejora del programa de alivio a los países pobres muy endeudados con la cancelación de la deuda bilateral oficial, así como la concesión de una asistencia oficial más generosa para el desarrollo a los países que hayan mostrado su determinación de reducir la pobreza. Meta 14: Atender a las necesidades especiales de los países en desarrollo sin litoral y de los pequeños estados insulares en desarrollo. Meta 15: Encarar de manera general los problemas de la deuda de los países en desarrollo con medidas nacionales e internacionales a fin de hacer la deuda sostenible a largo plazo. Meta 16: En cooperación con los países en desarrollo, elaborar y aplicar estrategias que proporcionen a los jóvenes un trabajo digno y productivo. Meta 17: En cooperación con las empresas farmacéuticas, proporcionar acceso a los medicamentos esenciales en los países en desarrollo. Meta 18: En colaboración con el sector privado, velar porque se puedan aprovechar los beneficios de las nuevas tecnologías, en particular, de las tecnologías de la información y de las comunicaciones.

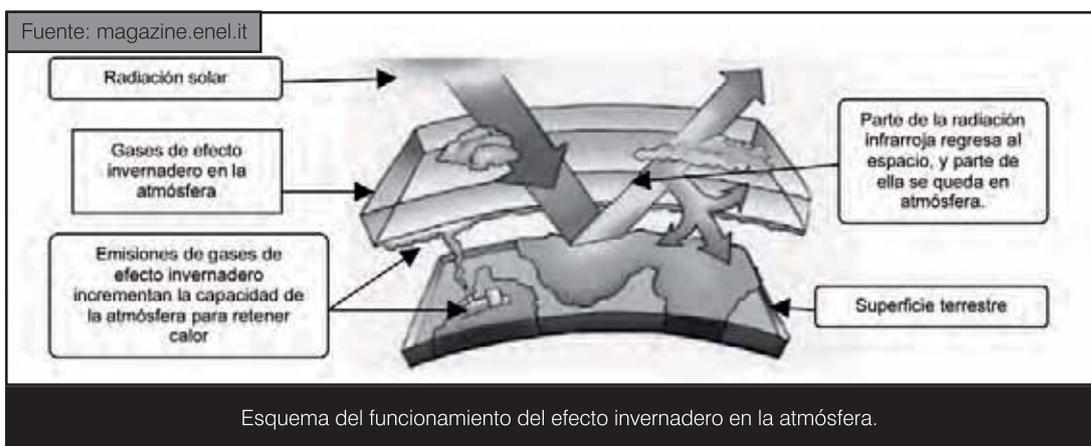
Los informes de los avances en el cumplimiento de los ODM al 2005 nos muestran, por ejemplo, que si bien las tasas globales de pobreza se están reduciendo, millones de personas más han caído en la pobreza extrema; que la mortalidad infantil se está reduciendo pero no a la velocidad necesaria; que aunque la mayoría de países se ha comprometido con los principios del desarrollo sostenible, ello no se ha traducido en un avance suficiente para dar marcha atrás a la pérdida de recursos en el planeta.

El "Marco de acción de Hyogo (2005-2015)" complementa la línea de trabajo de los ODM y establece estrategias internacionales para facilitar su logro en lo referente a mecanismos para la reducción de desastres. Este documento base indica que la gestión de riesgos debe permitir la construcción de resiliencia para que los medios de vida estén más protegidos y puedan recuperarse luego de situaciones adversas. El resultado esperado es que se reduzcan considerablemente las pérdidas ocasionadas por desastres, tanto en términos de vidas como de bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y los países. Por ello los diferentes países se han planteado específicamente los siguientes objetivos estratégicos:

- La integración de la reducción del riesgo de desastres en las políticas y la planificación del desarrollo sostenible.
- El desarrollo y fortalecimiento de las instituciones, mecanismos y capacidades para aumentar la resiliencia ante las amenazas.
- La incorporación sistemática de los enfoques de la reducción del riesgo en la implementación de programas de preparación, atención y recuperación de emergencias.

2. NUEVOS ESCENARIOS: EL CAMBIO CLIMÁTICO

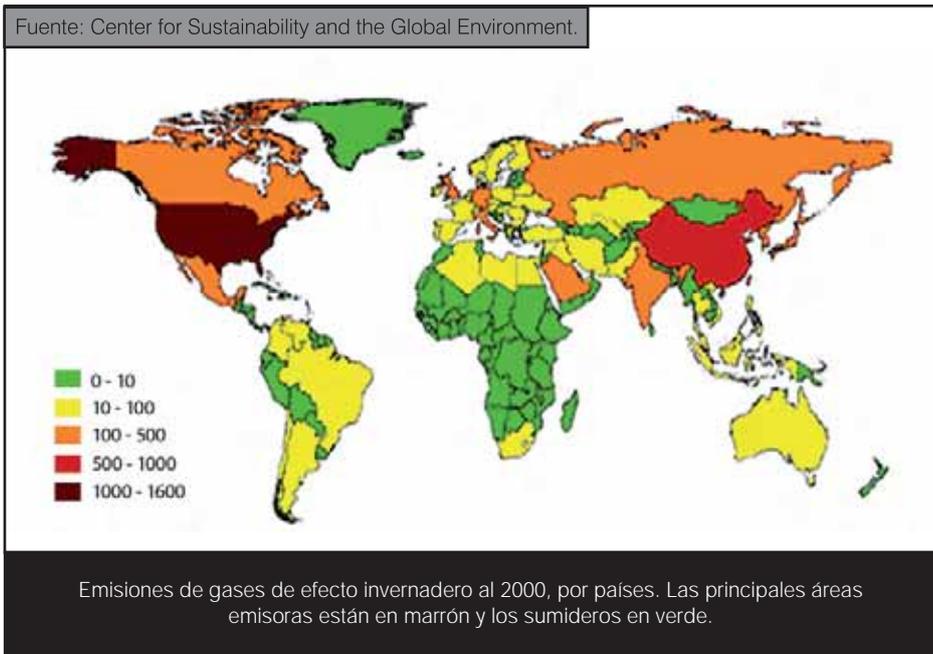
En el contexto actual tenemos presente un nuevo factor que influye en la presencia de los riesgos de desastres, nos referimos al cambio climático mundial, que alude a cualquier alteración en la tendencia cíclica a largo plazo del clima, y que tiene efectos como la alteración de los patrones de ocurrencia de las amenazas. Por otro lado, no debemos confundirlo con la variabilidad climática que suele ser natural y se refiere a los eventos meteorológicos que ocurren con cierta periodicidad.



La sobreproducción de gases efecto invernadero (GEI) ha sido reconocida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático como la causa del incremento abrupto de las temperaturas durante el siglo XX y comienzos del siglo XXI. La emisión de gases como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, fluorocarbonos, en cantidades significativas, rompe el equilibrio natural en la atmósfera, donde con tanta concentración de GEI el planeta retiene más calor del que debería.

Todos los países y regiones no emiten la misma cantidad de GEI. Los países más industrializados suelen tener mayores emisiones, principalmente de CO_2 y N_2O . Sin embargo, también se emiten gases de efecto invernadero por efecto de la pérdida de ecosistemas, por ejemplo, debido a la deforestación en la amazonía y al cambio de uso de suelos.

Fuente: Center for Sustainability and the Global Environment.



En el siglo pasado la temperatura promedio de la Tierra se incrementó en $0,6 \pm 0,2$ °C. Pero los estudios muestran que el calentamiento se ha acentuado en las últimas dos décadas y está ocasionando cambios en los patrones de precipitación, un retroceso abrupto de casi todos los glaciares, incrementos en la frecuencia de eventos como sequías y ciclones, etc. Las proyecciones indican que durante el presente siglo la temperatura llegará a incrementarse de 1,4 a 5,8 °C. Se prevé que en los próximos años el calentamiento no será uniforme sino que será más rápido en el norte y a mayores altitudes.

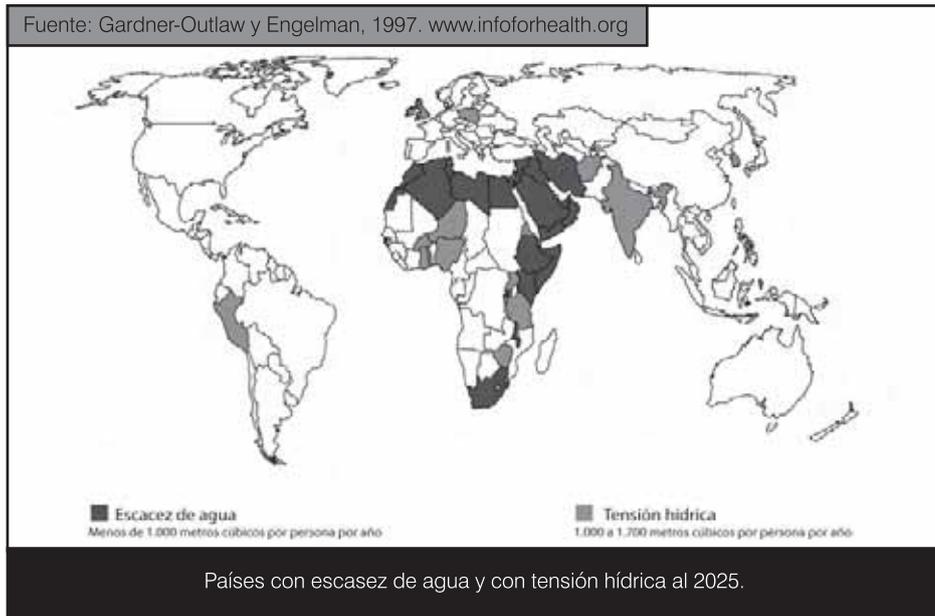
Esto implica, por ejemplo:

- Un aumento del nivel medio del mar (entre 0,09 m y 0,88 m para el 2100), que podría devenir en mayores amenazas de inundaciones marítimas sobre poblaciones costeras.
- Cambios en el ciclo del agua y en la disponibilidad y calidad de la misma. Se incrementará la ocurrencia de sequías, heladas, deslizamientos, huaycos y desbordes de los ríos.

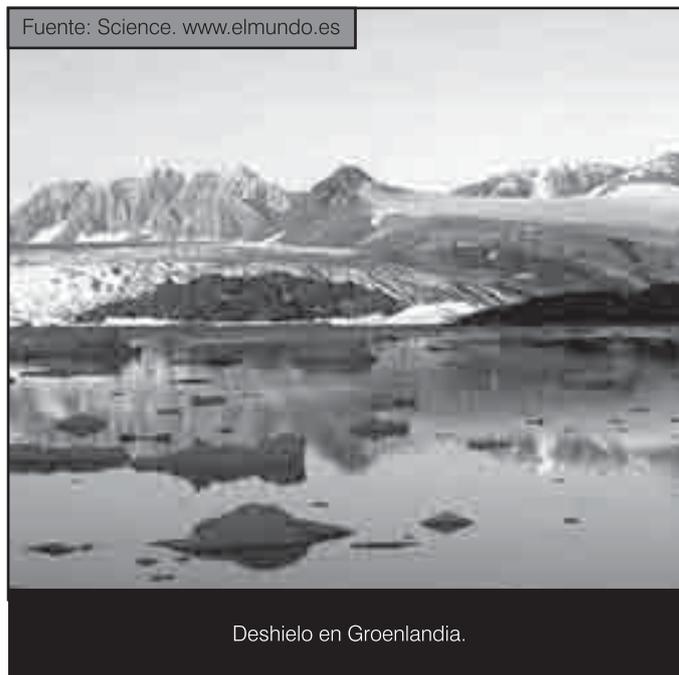
Fuente: Exposición de Alois Kohler (Inwent) en Piura, 29-10-2005.



- Períodos de sequía más largos en los lugares con poca precipitación. Los escenarios al 2025 indican incluso escasez y tensión hídrica para algunos países, fundamentalmente para aquellos que están perdiendo velozmente sus principales fuentes de agua dulce como glaciares y humedales.



- Pérdida de capas de hielo, y por lo tanto alteraciones en las corrientes marinas y en los vientos, con la consiguiente alteración de los patrones climáticos en todas las regiones.



- Alteraciones en las especies susceptibles a la estacionalidad y a las variaciones de humedad y temperatura. Por ejemplo: proliferación de plagas durante los períodos de mayor vulnerabilidad de los cultivos, se desincronizarán los ciclos de vida de diferentes especies y por lo tanto su sobrevivencia estará en riesgo, la distribución y dinámica poblacional de especies se alterará, etc.
- Alteración de ecosistemas frágiles como marismas, arrecifes de coral, humedales, estuarios, dunas, bosques secos, etc.
- Incremento de las fuentes de GEI y la reducción de los sumideros naturales por los cambios en los ecosistemas.
- Incidencia mayor de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores (como dengue, encefalitis, leishmaniasis, etc.) y expansión de epidemias como las de paludismo a mayores altitudes y latitudes.

El impacto del cambio climático en los medios de vida de los más pobres los hace más vulnerables a los desastres, en la medida en que éstos cuentan con menores recursos para adaptarse o para enfrentar la variabilidad climática extrema.

En 1992 fue firmada la Convención Marco de Cambio Climático, por 187 naciones, con el objetivo de estabilizar las emisiones de GEI a niveles que prevengan su interacción con el sistema climático. Hasta ahora se han creado algunos sistemas de incentivos financieros para la reducción de emisiones; por ejemplo, para la eliminación de los subsidios a industrias que emiten muchos GEI; se apoya a las empresas que buscan la eficiencia energética y el desarrollo de energías renovables; también se ha empezado a reducir o eliminar los impuestos a quienes usan tecnologías más limpias y se está promocionando la inversión en innovación tecnológica; entre otras medidas.

Sin embargo, un hito importante es la firma del Protocolo de Kyoto en el 2005, donde cada país firmante (no lo suscribieron Estados Unidos y Australia) ha negociado un porcentaje de reducción de emisiones a cumplirse en un plazo dado. Los mecanismos flexibles del protocolo son: comercio de emisiones, implementación conjunta y mecanismos de desarrollo limpio. Los gobiernos de los países desarrollados han asumido invertir \$ 410 millones por año entre el 2005 y el 2008, a través de los fondos de Marrakech, el GEF, o por medio de la cooperación bilateral o multilateral. (Smith, 2006)

Mientras tanto, para los países en vías de desarrollo y que no generan emisiones sustanciales, el reto principal es participar en los mecanismos flexibles para mitigación e implementar adecuadas estrategias de adaptación. Dichas estrategias se deben asociar a las que cada nación ha planteado para la reducción de la pobreza y el logro del desarrollo sostenible. En el mundo los fondos existentes para financiar las acciones de adaptación son:

- El fondo para los países menos desarrollados (LDCF), que es básicamente para desarrollar planes de acción nacionales para la adaptación y para financiar las estrategias de adaptación prioritarias,
- El fondo especial de Cambio Climático (SCC) para financiar proyectos de adaptación y mitigación,
- El fondo de adaptación para apoyar acciones concretas en los países firmantes del protocolo de Kyoto.

Las estrategias de adaptación requieren del desarrollo de capacidades y del perfeccionamiento de los instrumentos existentes. Es necesario, en consecuencia, el reforzamiento de los sistemas de observación del clima⁵ propiciando la integración con redes mundiales, la elaboración de una agenda de investigación que se convierta en una poderosa herramienta de información para las propuestas de desarrollo y para la innovación tecnológica, la evaluación de la vulnerabilidad actual y futura del país para proponer medidas de adaptación que puedan ser incorporadas a los procesos de planificación y gestión del desarrollo, y la realización de una evaluación priorizada de ecosistemas específicos que de ser impactados afectarían gravemente el desarrollo del país.

Asimismo, será necesario ajustar o reemplazar algunos mecanismos de las estrategias de medios de vida para hacer frente a los nuevos patrones climáticos. Por ejemplo, en agricultura será necesario cambiar fechas del calendario agrícola, usar variedades tolerantes a estrés climático, proteger la materia orgánica de los suelos, evitar la erosión, usar agroforestería, etc. Otra estrategia esencial será la diversificación de los medios de vida y para ello el acceso a sistemas de microcréditos podría ser muy útil.

3. REFLEXIONES FINALES

- El uso adecuado de las tecnologías contribuye a la reducción de riesgos de desastres y, de esta manera, puede ser un aspecto importante en la lucha contra la pobreza.
- La tecnología es más que técnicas, recetas, procedimientos, instrumentos, equipos, aparatos y procesos productivos. Su dinámica depende de los procesos sociales de cada contexto, por lo que no siempre es producto exclusivo de la ciencia. Su finalidad es ayudar al ser humano a alcanzar metas y solucionar problemas.
- La innovación es aquello que le da vida a la tecnología. Se refiere al desarrollo, invención, adaptación y adopción de nuevas ideas o maneras de hacer las cosas para dar respuesta a las dinámicas del entorno. Cuando se pretende hacer transferencias tecnológicas sólo se puede decir que se ha tenido éxito cuando el tejido social innova e incorpora los conocimientos a sus sistemas de vida.
- La relación entre educación y tecnología es directa pues mientras más educación tiene un grupo, más demandas específicas de conocimientos genera, para darle soluciones alternativas a sus problemas. Los sistemas nacionales de innovación deberían articular a los sistemas informales preexistentes, que muchas veces surgen o se activan a consecuencia de las urgentes necesidades de adaptación.

⁵ Fundamentalmente en pisos ecológicos altos, donde existen pocas estaciones meteorológicas.

- Las tecnologías pueden contribuir a la gestión de riesgos si se aplican como parte de un esquema integral que permita planificar participativamente el desarrollo y organizar el territorio; las distintas tecnologías se hacen interdependientes cuando se persigue este fin e involucra desde innovaciones sencillas hasta sistemas de organización.
- Aunque el desarrollo conceptual de la gestión de riesgos tiene ya muchos años, sigue en construcción precisamente porque está siendo lentamente incorporada a los procesos de desarrollo de los diferentes países, y de las experiencias piloto se está obteniendo nuevas lecciones.
- Así, podemos destacar que las amenazas de desastres son cada vez menos naturales debido: al incremento de las amenazas asociadas al cambio climático y al deterioro de las cuencas hidrográficas; al aumento de la vulnerabilidad, asociada con la creciente inequidad, el bajo nivel de desarrollo humano y la deficiente distribución y ocupación del territorio. Asimismo, el insuficiente desarrollo de capacidades para reducir los riesgos y responder a los desastres está en directa relación con el acceso a las tecnologías, incluida la debilidad del marco institucional y organizativo, expresada en la insuficiente implicación de los autores del desarrollo.
- Para poder hacer frente a los nuevos patrones de amenazas y a la variabilidad climática, se necesita incrementar la investigación aplicada, integrar las evaluaciones de peligros y vulnerabilidad, y darle más importancia al análisis de percepciones de riesgos, así como a la valoración económica de lo que ya no se perdería si se gestionan bien los riesgos.
- Aunque la gestión de riesgos se ha conceptualizado hace poco tiempo, es tan antigua como el ser humano. Muchas culturas desaparecieron por cambios en el clima, por desestructuración social y por no considerar estrategias alternativas de desarrollo ni contingencias ante eventuales y a veces desconocidas amenazas. El historial de desastres también debe ser un elemento de los análisis de riesgos, y debe cruzarse con otras fuentes, de origen científico, por ejemplo.
- Es necesario reconocer y revalorar todas aquellas estrategias que han sobrevivido en el tiempo y que han permitido a algunos grupos humanos conocer mejor los riesgos y convivir con ellos. De cualquier modo, el intercambio de conocimientos entre "la ciencia" y la población deberá hacerse con respeto, equidad y mediante un diálogo intercultural.

CAPÍTULO 1

ABAD, L. Tecnología y Economía Popular. Centro para la gestión tecnológica popular (CETEP). Barquisimeto, 1992.

ANTONORSI, M. Ciencia, tecnología y técnica: ensayo esquemático de definición conceptual. Citado por: GARCIA, H. Política e innovación tecnológica: perspectivas económicas. Monte Avila Editores. Caracas, 1989.

BAQUEDANO, M. Alternativas tecnológicas. CETAL. Valparaíso, 1989.

BAUMANN, P. Sustainable Livelihoods and Political Capital: Arguments and Evidence from Decentralisation and Natural Resource Management in India. Overseas Development Institute. London, 2000.

BLAIKIE, P. *et al.*, Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres. ITDG – América Latina. 1995.

CENTRO IDEAS. Manual para técnicos: Aplicando desarrollo participativo de tecnologías – DPT. Lima, 2000.

Centro para la Gestión Tecnológica Popular. Transferencia de tecnología desde una orientación popular. CETEP. Caracas, 1991.

CEPAL - BID. Un tema del desarrollo: La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. Seminario: "Enfrentando los desastres Naturales". Nueva Orleans, 2000.

CHIRINOS, C. y Sánchez, J. Resúmenes de tesis universitarias sobre tecnologías apropiadas para el desarrollo. Editorial ITACAB. Lima, 2000.

CHUQUISENGO, O. El fenómeno El Niño en Perú y Bolivia. ITDG – América Latina. 2005

CHUQUISENGO, O. y Gamarra, L. Propuesta metodológica para la gestión local de riesgo de desastre: Una experiencia práctica. ITDG. Lima, 2001.

- CLEARY, D. Estrategias enfocadas hacia las personas. Breve estudio bibliográfico y comparativo. Serie de Documentos de Trabajo. FAO. 2003.
- DesInventar – base de datos. Sistema de Inventario de Desastres y de apoyo a la gestión de riesgos. Observatorio Sismológico del SurOccidente – OSSO. ITDG. Cali, 1999.
- DFID. Hojas Orientativas sobre los Medios de Vida Sostenibles. Centro de recursos virtuales del DFID, 1999.
- NACIONES UNIDAS - EIRD. "Vivir con el riesgo": Informe mundial sobre las iniciativas para la reducción de desastres. Volumen 2. Génova, 2004.
- FERRADAS, P. "La gestión de riesgos en el Perú". En Pobreza y desarrollo en el Perú. Informe anual 2004-2005 de OXFAM. Lima, 2005.
- GTZ, OTCA, IIAP, InWEnt. Actuar ante el riesgo porque los desastres no son naturales. Importancia de la gestión del riesgo para el desarrollo sostenible de la región amazónica. Lima, 2006.
- Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropriadas para Sectores Marginales (ITACAB). Manual de transferencia de tecnologías apropiadas. Convenio Andrés Bello. Lima, 1993.
- LANDER, E. La ciencia y la tecnología como asuntos políticos. Límites de la democracia en la sociedad tecnológica. FACES. Caracas, 1994.
- LAVELL, A. Glosario de términos y nociones para la gestión del riesgo. PGRD – COPASA, GTZ. Gobierno regional de Arequipa. Arequipa, 2003.
- PNUD. Un informe mundial. La reducción de riesgos de desastres. Un desafío para el desarrollo. New York, 2004.
- SCHUMACHER, F. Lo pequeño es hermoso. Hernán Blume Ed. Madrid, 1990 (primera edición).
- TWIGG, J. Good Practice Review - Disaster Risk reduction N° 9 ODI. Londres, 2004.
- WILCHES-CHAUX, G. Guía de la red para la gestión local del riesgo. La RED – ITDG, 1998.
- WISNER, B. *et al.*, At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge. Londres, 1994.
- Recursos Electrónicos
<http://www.cco.gov.co/fnino1.htm>
<http://www.undp.org/bcpr>
- ## CAPÍTULO 2
- BERGER, P y Luckman, T. La construcción social de la realidad. Buenos Aires, 1988.
- BERNEX, N. Estudio de percepciones de riesgo. PUCP. Lima, 2004.
- EARLS, J. "Tecnología agrícola andina frente al calentamiento global". En: Seminario Impacto y adaptación al cambio climático en el Perú. Lima, 2006.
- GARDNER, H. Estructuras de la mente: la teoría de las inteligencias múltiples. Fondo de Cultura Económica. México D.F., 1995.
- LYNCH, K. "The city as environment". En Scientific American. Cities, 192-201. New York, 1969.
- MAALOUF, A. Identidades asesinas. Madrid. Alianza, 1999.
- MATLIN, M. y Foley, H. Sensación y Percepción. México D.F., 1996.
- MATURANA, H. Objetividad: un argumento para obligar. DOLMEN Ediciones. Madrid, 1997.

MONTOYA, B. *et al.*, "Los sistemas agropastoriles andinos: un estudio de casos de cinco familias del altiplano peruano". En: Actas del Quinto Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Puno, 1986.

PAROLIN, P. *et al.*, "Amazonian várzea forests: adaptive strategies of trees as tools for forest Management". En: Ecología Aplicada, Vol. 3 N° 1 y 2. Lima, 2004.

PUTMAN, R. Making democracy work: Civic traditions in Modern Italy. Princeton University Press. Princeton, 1993.

SIMON, H. Naturaleza y límites de la razón humana. México D.F., 1989.

STERN, P. "When do people act to maintain common resources?" En International Journal of Psychology N° 13. 1978.

CAPÍTULO 3

BOSQUE, J. SIG, Cambio Global y Desarrollo Sostenible. Universidad de Alcalá. Alcalá, 2003.

Recursos Electrónicos
www.afds.net/ArcGIS%20Image%20Analysis.html

Ficha N° 1

Desinventar – base de datos. Sistema de Inventario de Desastres y de apoyo a la gestión de riesgos. Observatorio Sismológico del SurOccidente – OSSO. ITDG. Cali, 1999.

Recursos Electrónicos
<http://www.desenredando.org>
<http://www.desinventar.org>

Ficha N° 2

Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú (INDECI). Atlas de Peligros Naturales. Lima, 2006.

Recursos Electrónicos
<http://sinadeci.indeci.gob.pe/PortalSINPAD/>
<http://www.indeci.gob.pe>

Ficha N° 3

Recursos Electrónicos
<http://www.hec.usace.army.mil>
<http://www.senamhi.gob.pe>

Ficha N° 4

CHUVIECO, E. Fundamentos de la Teledetección Espacial. Ediciones Rialp, S.A. Madrid, 1990.

SACRISTÁN, F. La función de la teledetección en el estudio del medio ambiente. Universidad Complutense de Madrid. Boletín Ciencia y Tecnología. Madrid, 2007.

Recursos Electrónicos
http://phys4.harvard.edu/~wilson/arsenic/countries/arsenic_project_countries.html
<http://www.fap.mil.pe/servicios/san/index.htm>
<http://www.noaa.gov/>
<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>

Ficha N° 5

Recursos Electrónicos

<http://rams.atmos.colostate.edu/>

<http://www.afds.net/ArcGIS%20Image%20Analysis.html>

<http://www.cepredenac.org/>

<http://www.edtechsupport.net/gis>

http://www.sciencegl.com/gis_dem

Ficha N° 6

CRIC, CISP, Terra Nuova y ECHO-CE. Guía para activación del sistema de alerta temprana (SAT) en la cuenca del río Quevedo – Proyecto DIPECHO, Cuenca Hidrográfica del Río Portoviejo. Quito, 2005.

Dirección General de Protección Civil y Dirección Administración de Emergencias – México. SIAT CT: "Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales". México D.F., 2006.

GARCÍA GUIROLA, L. Propuesta de Sistema de alerta temprana por variabilidad climática. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Servicio Nacional de Estudios Territoriales. El Salvador, 2002.

Recursos Electrónicos

<http://atlas.snet.gob.sv>

<http://www.esense.cl>

<http://www.puc.cl>

Ficha N° 7

BLONDET, M. Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería. Para albañiles y maestros de obra. PUCP y SENCICO. Lima, 2005.

CENAPRED, SEGOB y Sistema Nacional de Protección. Primera Jornada Nacional de Simulacros para la Prevención de Riesgos – Métodos de Refuerzo para la Vivienda Rural de Autoconstrucción. México DF, 2001.

Centro de estudios y prevención de desastres (PREDES). ¿Cómo construir casas con quincha mejorada? Lima, 1993.

LAVELL, A. (Compilador). Al norte del río Grande. Ciencias sociales y desastres: una perspectiva norteamericana. La RED, Soluciones Prácticas – ITDG, 1994.

ROMÁN DAÑOBEYTIA, F.J. Especies forestales utilizados en la construcción de la vivienda tradicional asháninka en el ámbito del río Perené (Junín, Perú). Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales). Lima, 2002.

VILDOSO, A. et al. Seguir construyendo con tierra. Craterre. Lima, 1984.

Recursos Electrónicos

<http://www.ecosur.org>

<http://www.pisosgalicia.com>

<http://www.prodiversitas.bioetica.org/tuna.htm>

<http://www.rinconesdelatlantico.com>

Ficha N° 8

MEDINA, J. Fenómenos geodinámicos. ITDG. Lima, 1991.

SUÁREZ, J. "La vegetación Tropical". En II Simposio Latinoamericano de Control de Erosión. Asociación Internacional de Control de Erosión (IECA). Capítulo Iberoamericano. Lima, 2004.

Recursos Electrónicos

<http://www.xolotlan.dax76.com>

Ficha N° 9

ESPINOZA, F. y MANRIQUE, A. Perspectivas de los sistemas agroforestales y silvopastoriles en Venezuela. Instituto de Investigaciones Zootécnicas. FONAIAP. Maracay, 2001

FARIA, J., BARRETO, L. y ARIAS, I. "Forrajes y pastizales en los llanos centrales, en la estación experimental Valle de Pascua". En FONAIAP Divulga N° 5. Caracas, 1982.

RIVERO, P. "Control de malezas a pastoreo móvil estabulado en la estación experimental Yaracuy". En FONAIAP Divulga N° 29. Caracas, 1988.

Recursos Electrónicos

<http://www.agruco.org>

<http://www.aguazul.gov.co>

<http://www.fobomade.org.bo>

<http://www.forrajehidroponico.galeon.com>

<http://www.inegi.gob.mx>

<http://www.inta.gov.ar/>

<http://www.ovinos.info>

<http://www.wikipedia.com>

Ficha N° 10

BARRANTES, J. Prácticas mecánico estructurales de conservación de suelos: Terrazas.

BLOSSIERS, J., *et al.*, Agricultura de laderas a través de andenes, Perú. TECNIDES. Lima, 1994.

CHALCO SANTILLÁN, V.R. Evaluación del rendimiento de los cultivos de papa y trigo en áreas rehabilitadas con obras de conservación de suelos en Huamanga - Ayacucho. Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Departamento de Suelos). Lima, 1999.

GONZALES DE OLARTE, E. y TRIVELLI, C. Comentario del libro—Andenes y desarrollo sustentable. Instituto de Estudios Peruanos/Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, Lima, 1999.

GUTIÉRREZ, M. R. Programa computarizado para el cálculo de los elementos de diseño de terrazas de absorción, de formación lenta, y de zanjas de infiltración. Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola. Departamento de Recursos de Agua y Tierra). Lima, 1999.

KENDALL, A. y RODRIGUEZ, Abelardo. Restauración agrícola en los Andes: adaptando los sistemas tradicionales de andenes o terrazas irrigadas en el contexto moderno. Cusichaca Trust y CGIAR-CIIAZA. Lima, 2001.

LÓPEZ CORNELIO, D. Procesos de erosión hídrica en andenes abandonados de la comunidad campesina de San Juan de Iris - Lima. Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Post-Grado. Especialidad en Conservación de Recursos Forestales). Lima, 1998.

MUJICA, E. "Los andenes de Puno en el contexto del proceso histórico de la cuenca norte del Titicaca". Ponencia presentada en el Simposio Conservación y Abandono de Andenes. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, 1997.

Recursos Electrónicos

<http://www.andeantravelweb.com/peru>

<http://www.enjoy-machu-picchu.org>

Ficha N° 11

BARBER, R. et al. Labranza vertical para los suelos y clima del área de Santa Cruz. La Paz, 1993.

COTESU/PELT/INADE-IC. Manual Técnico de Waru Waru, Para la Reconstrucción, Producción y Evaluación Económica. Programa Interinstitucional de Waru Waru, Convenio. Puno, 1992.

MORLON, P. *et al.*, Tecnologías agrícolas tradicionales en los Andes Centrales: Perspectivas para el desarrollo. UNESCO/UNDP/COFIDE. Lima, 1982.

MORLON, P. Evaluando la sostenibilidad de la agricultura: Rendimientos de cultivos y economía de pequeñas fincas familiares, un ejemplo de los andes centrales. ETC Andes. Lima, 1999.

MORLON, P. Los sistemas de barbecho sectorial de altura en los andes. Lima, 2005.

RODRÍGUEZ, H. et al. Los Waru Waru: una alternativa tecnológica para la agricultura sostenible en Puno, Perú. PIWANDES - Instituto de Innovación Tecnológica y Promoción del Desarrollo. Puno, 2003.

Recursos Electrónicos

<http://www.fao.org>

Ficha N° 12

DEL ÁGUILA RÍOS, S. Instalación de un área piloto bajo el sistema de riego por aspersión en la Microcuenca Mataragra - Ancash. Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola). Lima, 1999.

ALENCASTRE CALDERÓN, S. Evaluación de suelos morrénicos como alternativa para la construcción de presas de tierra. Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola). Lima, 1987.

BOHÓRQUEZ C. y GARCÍA, G. "Riego por chorrillo en la estación experimental Lara – Barquisimeto". FONAIAP Divulga N° 18. Caracas, 1985.

VALDIVIA, R. y REINOSO, J. "Descripción y evaluación del sistema de qochas en el altiplano peruano". Trabajo presentado en el VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos, 21-26 de marzo. Valdivia, 1994.

Recursos Electrónicos

<http://www.oei.org.co/sii/entrega5/art07.htm>

http://archive.idrc.ca/library/document/099135/chap2_s.html

<http://idrinfo.idrc.ca/archive/corpdocs/118824/101454.pdf>

http://www.fogquest.org/index_enes.shtml

<http://latierratienefebre.com/documentos/acosta%20baladon.pdf>

<http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/numero2/articulos/articulo2.html>

http://www.bancderecursos.org/espanyol/proyectos/atajados_es.htm

<http://ag.arizona.edu/aquaculture/TIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf>

<http://www.tierramor.org/permacultura/agua1.htm#captagua>

<http://www.maslibertad.com/huerto/AguaLluvia.pdf>

<http://www.wsp.org/filez/pubs/soluciones.pdf>

<http://www.ecohabitar.org/articulos/bioconstruccion/huehuetortuga.html>

Ficha N° 13

DEL ÁGUILA RÍOS, S. Instalación de un área piloto bajo el sistema de riego por aspersión en la Microcuenca Mataragra - Ancash. Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola). Lima, 1999.

BOHÓRQUEZ C. y GARCÍA, G. "Riego por chorrillo en la estación experimental Lara – Barquisimeto". FONAIAP Divulga N° 18. Caracas, 1985.

Recursos Electrónicos

<http://www.pasarlascanutas.com>

Ficha N° 14

SUÁREZ, J. La vegetación tropical, II Simposio Latinoamericano de Control de Erosión. Asociación Internacional de Control de Erosión (IECA). Capítulo Iberoamericano. Lima, 2004.

Recursos Electrónicos

<http://www.aeet.org>

<http://www.taps.org.br>

<http://www.windpower.org>

Ficha N° 15

CAIRNS, J. y Heckman, J. R. "Restoration ecology: The state of an emerging field". En *Annual Review of Energy and the Environment* 21, 167-189. 1996.

OCAMPO, J.L. *et al.*, El compostaje como método de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Ciclo Optativo de Profesionalización en Gestión de la Calidad y Auditoría Ambiental). Lima, 2002.

OSORIO RODRÍGUEZ, B.T. Evaluación del crecimiento de maíz y girasol como indicadores de la recuperación agronómica de suelos contaminados con hidrocarburos y remediados mediante la técnica de "Landfarming". Tesis (Universidad Nacional Agraria La Molina, Ciclo Optativo de Profesionalización en Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental). Lima, 2004.

Recursos Electrónicos

<http://www.redepapa.org/correctivos.html>

CAPÍTULO 4

COEN, A. "De sostenible y sustentable". En *Correo del Maestro* Núm. 116, enero 2006

FERRADAS, P. "Derechos y gestión de riesgo en América Latina". En *Tecnología y Sociedad* N° 7: Gestión de Riesgos y Cambio Climático. Lima, 2006.

SMITH, M. *Just one planet. Poverty, justice and climate change.* Practical Action. Warwickshire, 2006.

Recursos Electrónicos

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

<http://www.elmundo.es>

<http://www.eumed.net/>

<http://www.infoforhealth.org>

<http://www.ipcc.ch/>

<http://magazine.enel.it/>

<http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/>

<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/riodeclaration.htm>

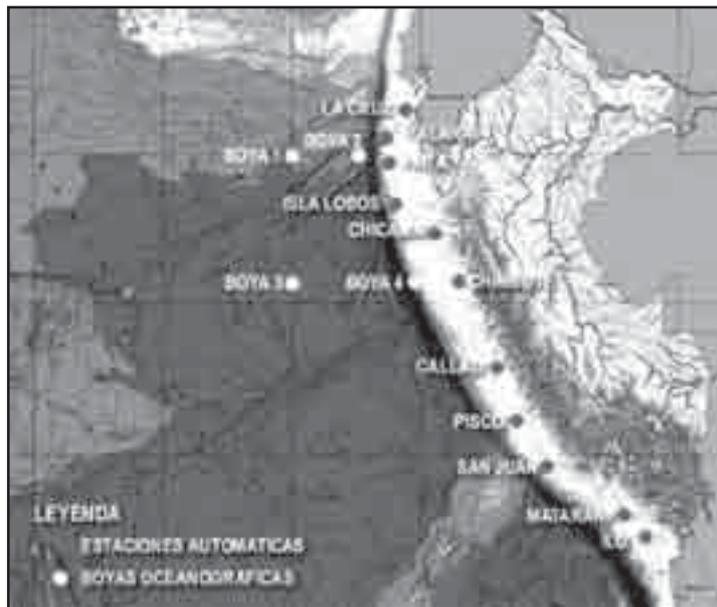
Anexos

ANEXO 01: INDICADORES DE DAÑOS Y PÉRDIDAS POR DESASTRES

Indicadores		Pérdidas, Implicancias	
Consecuencia	Medida	Tangibles	Intangibles
Muertes	- Número de personas	- Pérdidas de individuos activos económicamente.	- Efectos sociales y psicológicos en las familias y en la comunidad.
Heridos	- Cantidad y gravedad de heridos	- Tratamiento médico. - Pérdida temporal de la actividad de las personas.	- Sufrimiento y recuperación social y psicológica.
Daño físico	- Inventario de infraestructura dañada, por niveles de daño.	- Costo de reemplazo y reparación.	- Restricciones en las comunicaciones intercomunales o interpersonales.
Operaciones de emergencia	- Mano de obra, empleados, equipo y recursos dedicados al socorro.	- Costos de movilización.	- Fatiga y exceso de trabajo en los participantes en el socorro. - Alteración de las organizaciones.
Trastorno de la economía	- Días de trabajo perdidos. - Volumen de producción perdida.	- Sistema productivo afectado.	- Reducción de oportunidades e ingresos. - Emigración.
Trastorno social	- Personas desplazadas. - Organizaciones afectadas.	- Emigraciones forzadas. - Número de instituciones afectadas.	- Contactos sociales, psicológicos. Cohesión de la comunidad. Economías familiares afectadas.
Impacto ambiental	- Escala de gravedad y secuelas.	- Costo de limpieza. - Costo de reparación. - Aumento de la fragilidad de suelos o edificaciones	- En los entornos más pobres: riesgos en la salud y reducción de resiliencia.

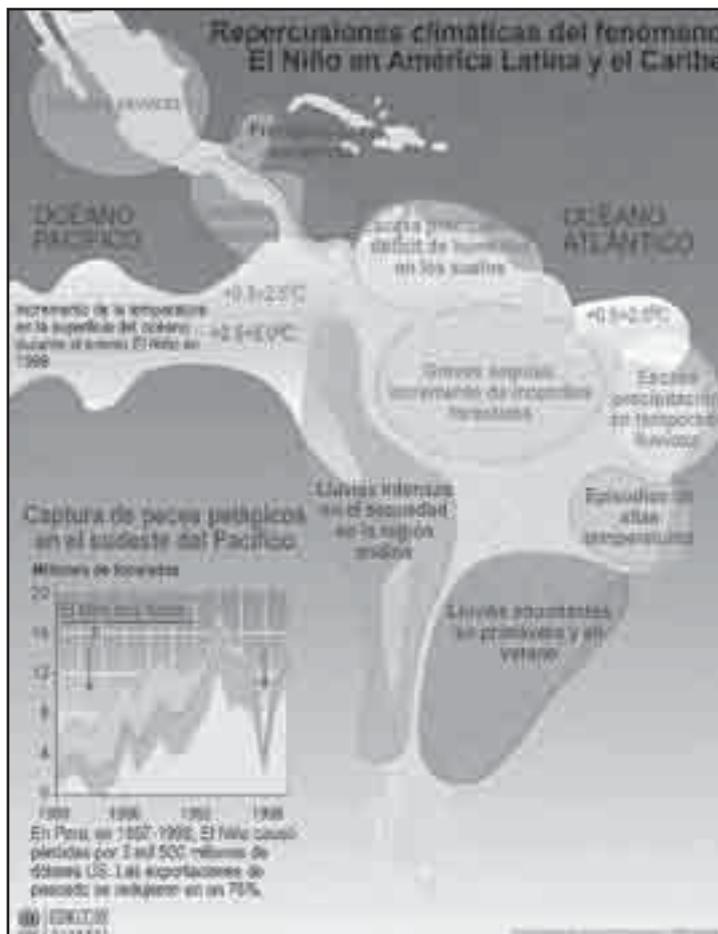
Fuente: Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo.

ANEXO 02: RED DE BOYAS Y ESTACIONES OCÉANO-METEOROLÓGICAS PARA PREDECIR ENOS



Fuente: Estudio CONAM-GTZ.

ANEXO 03: EFECTOS PROMEDIO DEL ENOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



Fuentes: IPCC, 2001; FAO, 2002; UNEP, 2003. www.vitalgraphics.net

ANEXO 04: CULTIVARES Y SUS CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA Y ADAPTACIÓN A LA TEMPERATURA, HUMEDAD, PLAGAS, ENFERMEDADES Y SUELO

Cultivar	ADAPTACIÓN Y/O RESISTENCIA							
	Temperatura (calor o frío)			Humedad	Sequía	Principales plagas	Principales enfermedades	Suelo
	Heladas	Temperatura óptima (°C)	Alta temperatura					
Achiote	No soporta.	24 - 35 Inicialmente requiere sombreado.		No soporta la humedad excesiva.		- Hormigas (<i>Atta sp</i>) - Trips (<i>Selenothrips sp</i>) - Arañuelas rojas (<i>Tetranychus sp.</i>) - Cochinillas (<i>Pseudococcus sp.</i>)	- Oidium sp. - Roya (<i>Uredo sp</i>) Es relativamente resistente a estas enfermedades.	Poco exigente en calidad de suelo.
Aguacate - Palta	Sensible a bajas temperaturas.		Temperaturas de 40-50 °C afectan la floración y fructificación.	Alta humedad induce a la proliferación de enfermedades en hojas, tallos y frutos y raíces.			- Tristeza (<i>Phytophthora Cinnamomi Rands</i>). Control: Portainjerto tolerante, fungicidas. - Antracnosis.	Suelos de textura ligera, permeables, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácidos (5,5 a 7), pero puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje.
Ajo	En climas fríos adquiere un sabor más picante.	Hasta 17°C.	Le afecta temperatura continua mayor a 20°C.	Es resistente a condiciones ligeras de humedad.		- Ácaros - Trips - Mosca blanca - Polilla - Nematodos	- <i>Phytophthora infestans</i> - Roya - Moho gris - Pudrición blanca	Suelos de buen drenaje, preferentemente francos o algo arcillosos, ricos en materia orgánica y con humedad. Se adaptan fácilmente en rotación con cereales.
Alfalfa		De acuerdo a la variedad se adapta a un amplio rango de temperatura.	Temperaturas superiores a 38° C resultan letales para las plántulas.	Adaptada a un amplio rango de humedad.		- Pulgón - Diabroticas - Gusanos de tierra	- Mancha ocular y foliar - Roya - Mildiu - Antracnosis	Prospera mejor en suelos neutros o ligeramente ácidos, bien estructurados, no arcillosos, con buen drenaje.
Algodón		20 a 30° al inicio del crecimiento y mayor temperatura en floración y formación de bellotas.		Riego oportuno en la formación de botones florales y bellotas, luego supresión ya que no soporta el exceso de humedad.		Pulgones, trips, broca, orugas capulleras, chinche, arañuela roja, gusanos: alambre, cortadores, cogolleros. Existen diversos métodos de control.		Se adapta a diversos tipos de suelos, es exigente en el drenaje; sensible a pH bajo.
Arroz	No resiste mucho frío.	Entre 30 y 35 °C.	Resiste alta temperatura. Necesita para germinar mínimo 10 a 13°C.	Alta resistencia a la humedad.			Resisten podredumbre basal del tallo, <i>Pyricularia oryzae</i> (quemado) en la hoja y cuello de la espiga.	Se adapta a variados tipos de textura desde arenosa a arcillosa. Prefiere suelos de alto contenido de arcilla y materia orgánica.
Arveja	Soporta períodos de baja temperatura durante los primeros estadios de la planta, pero no en floración, donde las heladas si le afecta.	Clima templado y templado-frío.		No soporta exceso de humedad en floración y llenado de grano.			- Tizón bacteriano (<i>Pseudomonas pisi</i>) y enfermedades fungosas como: marchitamiento, podredumbre de raíz y cuello, oidium, antracnosis, mildiu y septoriosis.	Necesita suelos de buena estructura, profundos, bien drenados, ligeramente ácidos a neutro y ricos en nutrientes asimilables.
Cacao	No soporta temperaturas bajas, siendo su límite 21 °C en promedio		La temperatura muy alta puede provocar alteraciones fisiológicas; el cacao debe estar bajo sombra. El cultivo se concentra en zonas bajas tropicales			- Áfidos, Ácaros, Chinchas, Barrenador del tallo (<i>Cerambycidae</i>), Gusanos (medidores o defoliadores), hormigas, Trips, Crisoméidos, Escolitidos	Sensible al encharcamiento por producir enfermedades fungosas.	Prospera en una amplia diversidad de tipos de suelo: desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limos, muy ricos en materia orgánica, profundos, con buen drenaje y topografía regular

Cultivar	ADAPTACIÓN Y/O RESISTENCIA							
	Temperatura (calor o frío)			Humedad	Sequía	Principales plagas	Principales enfermedades	Suelo
	Heladas	Temperatura óptima (°C)	Alta temperatura					
Café		20 a 26°C, pero puede desarrollarse de 5 °C a 30°C.		En floración es susceptible al exceso de precipitación. Requiere entre 1.500 a 2.300 mm de precipitación anual.		Sensible a nematodos, broca, <i>Hypothenemus hampei</i> , el minador de la hoja, <i>Leucoptera coffeellum</i> , y la palomilla de las raíces.	Sensible a Roya, Mancha de Hierro.	Prefiere suelo profundo, ácido, bien drenado, ni muy ligero ni muy pesado. Los limos volcánicos son ideales.
Camote	No soporta baja temperatura. Debajo de 10 0°C produce daños.	15 y 24 °C. Requiere de buena luminosidad.	Temperatura mayor a 15 °C estimula la germinación. Soporta bien el calor.	Soporta la humedad en un amplio rango: de 70 a 90%.		- Gorgojos.	- Virus	Se adapta a diferentes tipos de suelos. Se desarrolla mejor en franco-arenoso, pero igual en arcilloso si está granulado y la plantación se hace en surcos.
Caña de azúcar	No soporta temperaturas menores a 0 °C. El mínimo de temperatura es de 14 a 16 °C.	Alrededor de 30 °C		Soporta alta humedad.	No resiste las sequías.		- Hongos, virus y bacterias: mosaico, tizón, podredumbre, gomosis, mildiu tormentoso.	Se adapta a diversos tipos de suelos a excepción de los ácidos. Acumula más azúcar en suelos ligeros, si el agua y el abonado es el adecuado. En suelos pesados y de difícil manejo constituye muchas veces el único cultivo rentable.
Cebada	Temperatura mínima 6°C, florece a 16°C y madura a 20°C. Tolera bien la baja temperatura hasta -10°C.	Tiene un amplio rango de adaptación. En cuanto a la altitud, puede cultivarse hasta los 3.500 msnm.		Resiste condiciones extremas de humedad.	Resiste condiciones extremas de sequía.	- Pulgones y nemátodos.	- Roya parda y amarilla, carbón, oidium, helmintosporiosis.	Tolera un amplio rango de suelos en textura y pH. Crece bien en suelo franco, con materia orgánica. Tolera suelos salinos de hasta 8 mmhos/cm. Puede crecer en suelos poco profundos y pedregosos, teniendo el riego suficiente. No tolera suelos muy arcillosos.
Cebolla	Al inicio del crecimiento tolera bajas temperaturas, pero para la formación y maduración del bulbo requiere temperaturas más altas y días largos.			Es muy sensible al exceso de humedad. Pero en el crecimiento, el suelo debe mantener 60% de agua disponible.		Escarabajos, trips, moscas, polillas, nemátodos la atacan, con mayor a menor éxito.	Mildiu, roya, carbón, abigarrado, botritis, alternaria, podredumbre blanca. Se han desarrollado remedios y métodos para contrarrestar su efecto.	Prefiere suelos sueltos, sanos, profundos, ricos en materia orgánica, de consistencia media y no calcáreos. Los suelos aluviónicos y los transportados en las dunas próximas al mar le van muy bien.
Cítricos (naranja, limón, mandarina)	Tiene baja resistencia al frío (de 3-5°C bajo cero la planta muere).		Necesita temperaturas cálidas para la correcta maduración de los frutos.	Requiere 1.200 mm de agua para su cultivo. Tolera ambientes húmedos.		Minador, mosca blanca y de la fruta, pulgones, cochinillas.	Nematodo, gomosis, podredumbre, alternaria, virus de la tristeza.	Necesitan suelos permeables y poco calizos. Se recomienda suelo profundo para garantizar el anclaje del árbol y un crecimiento adecuado. No toleran la salinidad.
Espárragos	Por debajo de 15°C en el día y 10°C en la noche paraliza su desarrollo.	El óptimo de desarrollo vegetativo está comprendido entre 18 y 25°C.	Con temperatura mayor a 40°C encuentra dificultades para su desarrollo.	La humedad óptima para su crecimiento está entre 60 y 70%.		Gusanos blancos y de alambre, miriápodos, criocerros, moscas, pulgones, orugas lo devastan.	Roya, estemfiliosis, fusariosis, botritis o podredumbre gris, rizocetonia.	Textura franca y suelto. El pH óptimo entre 7,5 y 8, aunque soporta suelos de pH 6,5. Tiene gran resistencia a la salinidad del suelo.
Frijol (castilla, alubia, etc.)		18 a 21°C. El frejol Castilla soporta de 20 a 35°C, es más tolerante a la alta temperatura.			Hay variedades que resisten largos periodos de sequía.	Gusano del brote y vaina, gusano picador o barrenador de tallo, gusanos de tierra.	Pudriciones radiculares, bacteriosis común del frijol, roya, oidium y virus.	En general: Suelos con buen drenaje. No conviene suelos salinos ni húmedos. El frijol castilla se adapta a diversos tipos de suelos, tolera la acidez, no tolera la alcalinidad ni la salinidad.

Cultivar	ADAPTACIÓN Y/O RESISTENCIA							
	Temperatura (calor o frío)			Humedad	Sequía	Principales plagas	Principales enfermedades	Suelo
	Heladas	Temperatura óptima (°C)	Alta temperatura					
Haba		Prefiere temperaturas templado-cálido.	Sus semillas no germinan por encima de 20°C.	Son muy sensibles a la falta de agua, especialmente desde la floración hasta el llenado de las vainas. No tolera suelos húmedos mal drenados.		Pulgón, trips.	Mildiu, roya, botritis.	Es poco exigente en suelo, aunque prefiere suelos arcillosos, silíceos y arcillosos calizos ricos en humus, profundos y frescos. El pH óptimo oscila entre 7,3 y 8,2. Es relativamente tolerante a la salinidad.
Maíz amiláceo, amarillo duro, chocado	Soporta temperaturas mínimas de hasta 8°C	25 a 30°C e incidencia de luz solar. La germinación se da entre los 15 a 20°C.	A partir de 30°C puede aparecer problemas debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. La fructificación requiere temperaturas de 20 a 32°C.	Las necesidades hídricas varían durante el crecimiento.		Arañuelas, ácaros taladros piral Gusano de alambre y grises pulgones.	Carbón, Antracosis, Roya, <i>Helminthosporium turcicum</i> , <i>Pseudomonas alboprecipitans</i> , Bacteriosis.	Se adapta bien a todo tipo de suelo, pero el ideal es de pH 6 a 7. Requiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfisia radicular.
Mango	Es susceptible al frío. Puede soportar temperaturas de dos grados bajo cero, siempre que éstas no se prolonguen por mucho tiempo y no sea una planta joven			Una vez enraizado soporta bien la sequía. Puede tolerar, según clases de tierra, hasta 400 miligramos de sal por litro de agua; se adapta muy bien a condiciones de precipitación variables.		Cochinillas, mosca de la fruta y polillas de las flores.	Antracosis, oidium, crecospora, seca o ceratocystiosis, fusarium y mancha negra.	Se adapta a diferentes tipos de suelo, preferible en textura limo-arenosa o arcillo-arenosa, siempre que sean profundos y con buen drenaje. No deben plantarse en suelos de menos de 80 cm de profundidad. El pH óptimo es de 5,5-5,7.
Manzana y otros frutales caducifolios	La manzana resiste más el frío que el peral. Soporta temperaturas inferiores a -10°C, pero por debajo de -15°C pueden perder las yemas florales		La alta temperatura produce escaldadura en los frutos.	Una alta humedad en el suelo afecta a las raíces.		Gorgojo, arañuelo y araña roja, pulgón lanífero, zeuzera, cossus, bordadores, agusanado, cochinilla, psila, mosca de la fruta.	Oidium, roña, chancro, moniliosis, virosis.	Se adapta a diversos tipos de suelos, aunque prefiere los de aluvión, silíceo-arcillosos. Por tener el sistema radicular superficial puede vivir en terrenos poco profundos.
Olivo	No tolera temperaturas menores de -10°C.		Requiere horas calor, pero no durante la floración. Es sensible a los vientos secos.	Es muy resistente a la sequía, aunque el óptimo es de 650 mm. La extrema sequía induce la producción de flores masculinas.		Arañuela, polilla, mosca, escarabajo, barrenillo, cochinilla.	Caries de la madera, micosis, lepra, fumagina, cercosporiosis.	Resistente a suelos calizos, aunque es diferente según la variedad. Es muy tolerante a la salinidad.
Olluco	Es relativamente resistente a las heladas.	Clima templado y húmedo.	Produce tubérculos pobres en climas calurosos.	Necesitan entre 800 y 1.400 mm durante el crecimiento. Pueden soportar periodos secos.		Tiene resistencia a muchas plagas y poca necesidad de pesticidas.	Virus.	Se adapta a diferentes tipos de suelo, pero es preferible un suelo fértil, bien drenado, y con un pH de 5,5-6,5.
Palma aceitera		26-28°C de media anual. Insolación de 1.500 horas al año.		Alta precipitación (2.000-3.000 mm de lluvia / año).		Picudo, perforador de la base del tallo, chinche marrón.		Tolera suelos ácidos, pobres en fertilidad y con bajo contenido de materia orgánica.
Pallar	Temperatura menor a 15° C retrasan el crecimiento, a 10 °C el desarrollo se detiene.	Prospera bien entre 18 a 28 °C.	Temperatura mayor a 30° C disminuye su capacidad productiva.	Requiere riegos frecuentes y de poco volumen.		Barrenadores de brotes y vainas.	Moderadamente rústico, es resistente a las principales enfermedades: roya y oidium.	Se adapta a diferentes tipos de suelo, pero prefiere los suelos francos, fértiles y sin problemas de salinidad.

Cultivar	ADAPTACIÓN Y/O RESISTENCIA							
	Temperatura (calor o frío)			Humedad	Sequía	Principales plagas	Principales enfermedades	Suelo
	Heladas	Temperatura óptima (°C)	Alta temperatura					
Papa	Temperaturas inferiores a -2 °C afectan sensiblemente a la planta.	Alrededor de los 20°C. Crece bien con temperaturas templadas.	Máxima diurna 20-25°C. Sufre con temperaturas muy altas.	El exceso de agua disminuye la producción de almidón y favorece el desarrollo de enfermedades fungosas, como el mildiu y la podredumbre.	Es sensible a la sequía.	Gorgojo, escarabajo, pulgón, polilla, araña roja, nematodo, gusano.	Fusarium, rhizoctonia, helmintosporium, streptomyces.	Suelos franco arenosos, con materia orgánica, de pH entre 5,5 y 8; tolera una fuerte acidez.
Papaya	Puede resistir fríos ligeros, pero en exceso los frutos desarrollan mal y no llegan a madurar. Las heladas provocan la muerte de la planta.	Media anual de 20-22 °C.		Requiere una pluviosidad de 1.800 mm anuales para que crezca adecuadamente.		Nemátodos, araña roja, mosca de la fruta, mosca toxotrypana.	Pudriciones y antracnosis.	Suelos ligeros, fértiles (ricos en humus), profundos y permeables. No debe cultivarse en terrenos muy húmedos y compactos, ya que pueden pudrir las raíces.
Piña		Temperatura media anual de 25-32 °C y un fotoperíodo promedio mínimo de 5 horas/día.		Precipitación entre 1.000-1.500 mm y alta humedad relativa del ambiente de 70%. El drenaje y eliminación del agua excedente son críticos para el crecimiento.		Cochinilla algodonosa, mancha amarilla, nemátodos, sinfilidos, ácaros, mosca de la fruta, polilla.	Phytophthora cinnamomi.	Suelos con alto contenido de materia orgánica, de buen drenaje y bien aireado.
Plátano		Clima cálido y temperatura media de 26-27 °C.		Requiere constante humedad en el aire; sufre en condiciones secas. Requiere lluvia o riegos regulares.		Trips, cochinillas algodonosas, ácaros.	Fusarium, punta de cigarro por verticellium, sigatoka negra.	Poco exigente. Prospera en suelos arcillosos, calizos o silíceos que sean fértiles, permeables, profundos y ricos, especialmente en nitrógeno. Prefiere, sin embargo, suelos ricos en potasio, arcillo-silíceos, calizos.
Quinua	Puede soportar heladas de -5°C.	9 a 16° C. La alta iluminación lo favorece ya que estimula una mayor fotosíntesis.	Alta temperatura diurna de veranillos prolongados producen formación de la panoja sin granos.	Requiere 600 a 2.600 mm anuales. Mínimo 400 mm.	Puede soportar la sequía pero no en exceso.	Tizonas, Koana koana, cortadores, mosca minadora, polilla, pulgón, acchu, pulguilla, trip, nematodo.	Mildiu, manchas foliar y ojival, podredumbre marrón, virus, pseudomonas.	Suelos franco limosos o franco arcillosos, pH de 6.3 - 7.3 y de buen drenaje.
Sorgo		En la germinación necesita 12 a 13 °C. Crece desde los 15 °C, siendo el óptimo 32 °C.	Resiste mejor que el maíz la alta temperatura.		Resiste la sequía más que el maíz, durante un periodo largo y vuelve a crecer cuando cesa la sequía. Por otra parte, necesita menos cantidad de agua que el maíz para formar un kilogramo de materia seca.	Gusano de alambre, gusanos blancos, gusanos grises, tipúlidos, araña roja, Heliothis.	Carbón y roya.	Se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que requieren en el suelo carbonato cálcico para aumentar el contenido de sacarosa en tallos y hojas. Toleran un poco la salinidad.

Cultivar	ADAPTACIÓN Y/O RESISTENCIA							
	Temperatura (calor o frío)			Humedad	Sequía	Principales plagas	Principales enfermedades	Suelo
	Heladas	Temperatura óptima (°C)	Alta temperatura					
Soya	A menos de 10 °C disminuye o cesa su crecimiento, sin embargo, es capaz de resistir heladas de -2 a -4° C sin morir.	Entre 20 y 30° C, siendo alrededor de 30 °C ideal para su desarrollo.	Temperaturas mayores a 40 °C provocan daños en la floración y fructificación.	Requiere al menos 300 mm de agua durante su crecimiento.		Rosquilla negra, gardama, araña roja, Heliothis, pulgón.	Virosis diversas, marchiteces provocadas por Fusarium, Verticillium y Rhizoctonia.	No es muy exigente en suelos ricos en nutrientes, por lo que a menudo se emplea en terrenos poco fertilizados que no son aptos para otros cultivos. Se desarrolla en suelos neutros o ligeramente ácidos. Es sensible a encharcamientos, por lo que no es recomendable.
Té		Clima húmedo, con irradiación solar diaria mínima de cinco horas.		Humedad del aire entre 70 y 90 %, lluvias abundantes y regulares durante todo el año.		Afidos, ácaros.		Requiere suelos bien drenados, ricos en materia orgánica y con un pH ligeramente ácido.
Tomate	Temperatura menor a 12-15°C originan problemas con la fecundación y maduración del fruto.	Entre 20 y 30°C en el día y 1 y 17°C en la noche.	Temperatura superior a 30-35°C afectan a la fructificación y maduración del fruto.	La HR óptima es de 60-80%. Alta humedad favorece el desarrollo de enfermedades fungosas y agrietamiento del fruto. Baja humedad dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.		Araña roja, mosca blanca, trips, pulgón, minadores, orugas, nemátodos.	Oidiosis, podredumbres (gris y blanca), fusarium, alternaria, mildiu, verticillium, pseudomonas, virus.	No es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en el drenaje. Prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. PH desde ligeramente ácido hasta ligeramente alcalino. Posee cierta tolerancia a salinidad de suelo y agua.
Trigo		10 y 24 °C.			Resistente a la sequía. Puede desarrollarse con 300 ó 400 mm de agua, siempre que la distribución de esta lluvia sea escasa en invierno y abundante en primavera.	Lo acosan chinches, pulgones y nemátodos.	Roya, tizón, oidium, podredumbres, carbón, septoriosis, fusariosis.	Requiere suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular. En general se recomienda que tenga buen drenaje.
Vid	Puede resistir hasta -20 °C en la época de descanso. Por debajo tendrían lugar graves daños.		Temperaturas muy altas (30-34° C), especialmente en zonas secas quemadas las hojas y racimo.	No tolera la humedad.	Resiste la sequía.	Cochinilla, pulgones, trips, araña roja, nemátodos, avispas, polilla del racimo, erinosis de la vid, filoxera, coquillo.	Podredumbres, mildiu, flavescencia dorada, antracnosis, excoriosis.	Prefiere terrenos pobres y rústicos, ubicados en zonas templadas, pero no demasiado secas, tierras abiertas, profundas y permeables, en las cuales la fertilidad no sea excesiva.
Yuca	No soporta menos de 17 °C.	26 - 28 °C.		Resiste largos períodos sin lluvia. Requiere humedad para la brotación y el establecimiento del cultivo, incrementa su demanda entre el cuarto y quinto mes de sembrado.		Es tolerante a muchas plagas, generalmente no requiere de agroquímicos.		Se adapta bien a suelos ácidos e infértiles, de preferencia sueltos, profundos y con algo de materia orgánica.
Zapallo	Mínima 10 °C.	Temperatura mensual media 18-24 °C.	Máxima temperatura 32 °C.		Tolerante a la sequía pues el sistema radical puede llegar hasta 1,5 m de profundidad.	Pique, nemátodo, mosca blanca y minadora, barrenador, gusanos.	Chupadera, oidio, pudriciones, mosaico, mildiu, fusarium.	Prefieren suelos sueltos, bien drenados, son moderadamente tolerantes a la acidez y medianamente resistentes a la salinidad del suelo.

Otras publicaciones de la Serie Manuales de Soluciones Prácticas - ITDG

- Serie Libros # 49
Vulnerabilidad el entorno social, político y económico de los desastres
- Serie Libros # 48
Tecnología y vivienda popular
- Serie Libros # 47
The network for social studies on disaster prevention in Latin America. Research Agenda and Constitution
- Serie Libros # 46
Plan de Desarrollo Distrital de La Encañada 1999-2008. CODE
- Serie Libros # 45
Plan Estratégico de Desarrollo Distrital. Distrito de La Banda del Shilcayo. 1999-2003
- Serie Libros # 44
Los Desastres no son Naturales
- Serie Libros # 43
Las Municipalidades y su papel en la democratización y el desarrollo del país
- Serie Libros # 42
La pequeña agroindustria en el Perú desde la experiencia de ITDG
- Serie Libros # 41
La parcela integral familiar: PIF
- Serie Libros # 40
Guía de La Red para la gestión local del riesgo. Módulos para la capacitación

Para mayor información por favor dirigirse a:

Av. Jorge Chávez 275 Miraflores, Lima, Perú
Teléfonos: (51-1) 4447055, 2429714, 4467324, 2429714
Fax: (51-1) 4466621

Personas de contacto:

Efrain Peralta (eperalta@solucionespracticas.org.pe)

Giannina Solari (gsolari@solucionespracticas.org.pe)

ISBN: 978-9972-47-138-4



SOLUCIONES PRÁCTICAS
ITDG

Tecnologías desafiando la pobreza



Soluciones Prácticas - ITDG es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de la población de menores recursos, mediante la investigación, aplicación y diseminación de tecnologías apropiadas. Soluciones Prácticas - ITDG tiene oficinas en África, Asia, Europa y América Latina. La oficina regional para América Latina tiene sede en Lima, Perú y trabaja a través de sus programas de Sistemas de producción y acceso a mercados; Energía, infraestructura y servicios básicos; Prevención de desastres y gobernabilidad local; Nuevas tecnologías; y el Área de comunicaciones.