



Programa Regional de Reducción de la Vulnerabilidad  
y Degradación Ambiental -PREVDA-



## PROGRAMA REGIONAL DE REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL (PREVDA)

### Beneficios Económicos de la Información Hidrometeorológica Oportuna en Centroamérica.

### ABORDAJE METODOLOGICO

Elaborado por:  
Jaime Echeverría, MSc

EPYPSA

San José, Costa Rica, diciembre de 2009



## Indice

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
2.1	Matriz de Pagos: .....	6
2.2	Aplicación .....	8
2.3	Producto.....	12
<b>3</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>13</b>

# 1 Introducción

*“Construir una cultura de prevención no es fácil. Mientras que los costos de la prevención deben ser pagados en el presente, sus beneficios se materializan en el futuro. Más aún, los beneficios no son tangibles, ya que son los desastres que no ocurrieron.” (Kofi Annan, 1999)*

Esta investigación tiene como objetivo identificar los beneficios económicos de la información hidrometeorológica en el contexto de la gestión del riesgo. La toma de decisiones en los diferentes sectores de la economía se beneficia al contar oportunamente con información acerca del clima.

A continuación se presenta el abordaje metodológico utilizado para ilustrar mediante casos concretos los beneficios que genera este tipo de información.



## 2 Antecedentes

Con el fin de ilustrar la importancia de la información hidrometeorológica para la economía se utilizan dos actividades de gran importancia en la región: la generación de energía hidroeléctrica y la producción de granos básicos. En ambos casos, contar con información meteorológica es crítico obtener buenos resultados

En el Cuadro 1 se observan los ejemplos a utilizar en la presente investigación.

**Cuadro 1 Ejemplos a utilizar para los estudios de caso.**

País	Ejemplo
El Salvador/ Panamá	Hidroelectricidad
Costa Rica	Arroz
Guatemala	Maíz
Nicaragua	Frijol

El enfoque metodológico utilizado, se basa en la teoría de decisiones. Esta teoría es la que se utiliza para demostrar el valor de la información meteorológica, al determinar cuánto es lo máximo que un agente económico estaría dispuesto a pagar por contar con información meteorológica que le permita tener mayores retornos derivados de su inversión.

El análisis de decisiones se ha convertido en una importante técnica tanto en el sector privado como en el gubernamental ya que proporciona una metodología racional para la toma de decisiones frente a la incertidumbre, al permitir elegir entre diferentes opciones de una manera óptima. En este sentido la información hidrometeorológica, reduce la incertidumbre y permite tomar mejores decisiones. Hay diferentes criterios para decidir si una decisión es óptima o no: el valor esperado, el mínimo arrepentimiento.

En este caso, sin embargo estamos interesados en el valor de contar con mejor información para la toma de decisiones en la siembra de granos básicos, y la generación hidroeléctrica. Es decir, cuanto aumentarían los beneficios, al tomar mejores decisiones producto de mejor información.

Un marco metodológico útil para enfocar este análisis es el propuesto por la teoría de decisiones y conocido como el valor esperado de la información

perfecta (EVPI). Este valor representa lo máximo que un agente económico estaría dispuesto a pagar por tener acceso a información adicional para la toma de decisiones.

El problema se puede modelar en términos generales como una matriz de pagos  $R_{ij}$ , en la cual  $i$  corresponde a cada una de las opciones de decisión, y  $j$  describe un estado de la naturaleza, o variable aleatoria que no se conoce y tiene una probabilidad de ocurrencia  $p_j$ . En este caso la mejor elección posible es aquella que maximice el valor monetario esperado:

$$EMV = \max_i \sum_j p_j \cdot R_{ij}$$

Por otro lado, con un conocimiento perfecto de la valor de  $j$ , el agente escogerá aquel valor de  $i$  que optimice la expectativa para el valor específico de  $j$ . Por tanto, el valor esperado dada la información perfecta es:

$$EV|PI = \sum_j p_j (\max_i R_{ij})$$

Se define entonces el valor esperado de la información perfecta como:

$$EVPI = EV|PI - EMV$$

Esta diferencia representa la expectativa de cuan mayor se espera que sea el valor si se tiene conocimiento del escenario de clima que ocurriría con anticipación, o,  $j$  (que en nuestro caso representa los escenarios de clima del CRRH) y por tanto se escoge la mejor decisión para ese  $j$ ; en comparación con el caso en que se elige el valor de  $i$  cuando todavía no sabemos cual escenario se materializará (i.e. antes de conocer  $j$ ).<sup>1</sup>

Por ejemplo un productor de maíz o de arroz se enfrenta a la decisión de si sembrar o no sembrar estas tierras, dependiendo de las condiciones climáticas. En este caso,  $i$  puede tomar el valor de sembrar o no sembrar y  $j$  depende de las condiciones climáticas.

La presente investigación pretende demostrar que en este caso EVPI es mayor o igual al costo de recolectar esta información, por tanto se obtiene un beneficio al proveer esta información a los productores, de forma que puedan optimizar sus decisiones.

---

<sup>1</sup> EV/PI es mayor o igual a EMV, por lo que EVPI nunca es negativo.

Se utilizarán los tres escenarios de clima de CRRH, ante los cuales el productor tomará distintas decisiones. Estos escenarios pueden relacionarse por ejemplo con el nivel de precipitación, según se espere un año con una alta, media o baja precipitación. Por ejemplo, un productor ante la expectativa de un período de muy baja precipitación podría decidir no sembrar.

Antes de buscar una solución al problema planteado, es necesario formular un contexto general para la toma de decisiones. Al llevar a cabo una acción, el tomador de decisiones debe tomar en cuenta sus consecuencias, que por lo general, serán una función del estado de la naturaleza (o escenarios de clima). Un estado de la naturaleza  $\theta$  es una representación de la situación real a la que se aplicará la acción. En este caso el estado de la naturaleza es una enumeración de las posibles representaciones de las condiciones climatológicas, que para ser congruentes con el trabajo de CRRH se utilizan los escenarios de clima (ALTO, MEDIO Y BAJO).

Para un productor de arroz o generador de electricidad (que puede ser un país, una región o un productor individual) el escenario de clima  $\theta$  puede tomar tres posibles valores:

$\theta_1$ : ALTO.

$\theta_2$ : MEDIO.

$\theta_3$ : BAJO.

En este caso, las condiciones climatológicas son la variable aleatoria, con un valor esperado desconocido. El productor está dispuesto a aproximar este valor esperado por uno de los tres valores mencionados: escenarios ALTO, MEDIO o BAJO de precipitación.

Para medir las consecuencias de la acción de un tomador de decisiones, se presentan en la matriz siguiente valores hipotéticos con el fin de explicar la metodología.

## **2.1 Matriz de Pagos:**

Supóngase que un operador de un embalse para generación tiene varias opciones para hacer uso de su agua almacenada:

D1 usar toda el agua almacenada

D2 usar un 50% del agua almacenada

D3 guardar el agua almacenada

Cada una de estas decisiones generará resultados económicos diferentes, dependiendo del escenario de clima que se haga realidad. Por ejemplo, si no se utiliza agua, y llueve, será necesario rebalsar agua, que se perderá. En cambio si se utiliza, y llueve no solo se logrará generar electricidad sino que también quedará el embalse lleno para generar en otra ocasión. Si no se utiliza y no llueve, al menos se contará con la energía almacenada para el futuro.

Ahora es necesario estimar para cada combinación de decisión con estado de la naturaleza la ganancia o pérdida obtenida. Este trabajo se realizará con los expertos en cada uno de los temas.

La ganancia o la pérdida dependerá del resultado de la variable aleatoria precipitación y de la decisión que se tome de la siguiente manera. Contando con información acerca de la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los estados de la naturaleza (o escenarios climáticos) tenemos:

**Cuadro 2 Probabilidad de ocurrencia de cada uno de los estados de la naturaleza.**

ESCENARIO DE LLUVIA	ALTO	MEDIO	BAJO
Probabilidad de ocurrencia	0.5	0.3	0.2

Luego debe establecerse la consecuencia económica de la combinación entre la decisión tomada y el estado de la naturaleza que ocurra. El cuadro siguiente simplifica esta situación y presenta el resultado para cada combinación por medio de datos ilustrativos:

**Cuadro 3 Beneficios económicos**

	ALTO	MEDIO	BAJO
D1	1500	300	-800
D2	900	600	-200
D3	500	500	500

Con esta información es posible calcular el valor esperado (EMV) de cada una de estas decisiones y escoger la mejor:

$$EMV (D1) = 1500 * 0.5 + 300 * 0.3 + -800 * 0.2 = 680$$

$$EMV (D2) = 900 * 0.5 + 600 * 0.3 + -200 * 0.2 = 590$$

$$EMV (D3) = 500 * 0.5 + 500 * 0.3 + 500 * 0.2 = 500$$

Claramente la mejor decisión en este caso es D1, ya que presenta el mayor valor esperado, o esperanza matemática. No obstante, ¿qué pasaría si antes de tomar la decisión se tuviera certeza acerca de cual estado de la naturaleza, o escenario de clima ocurriría? El o la tomadora de decisiones escogería en cada caso la mejor decisión dado el escenario de clima de la siguiente manera.

***Cuadro 4 Decisión óptima y resultado esperado según estado de la naturaleza.***

Certeza de que ocurrirá el escenario de clima:	Mejor Decisión	Resultado
ALTO	D1	1500
MEDIO	D2	600
BAJO	D3	500

Con un conocimiento exacto del estado futuro de la naturaleza podrá tomarse siempre la mejor decisión. Combinando estos resultados con las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los escenarios tenemos que el valor esperado de contar con información perfecta (EVPI) es igual a la probabilidad del escenario por el resultado de haber tomado la mejor decisión.

$$EVPI = 0.5 * 1500 + 0.3 * 600 + 0.2 * 500 = 1030$$

Lo anterior quiere decir que en este ejemplo el valor de contar con información perfecta, lo que viene a representar una especie de techo para su precio, es de 350. La diferencia entre EMV y EVPI (1030 – 680).

## **2.2 Aplicación**

Con base en los escenarios de clima se utilizarán dos ejemplos: uno en granos básicos y uno en hidroelectricidad. Específicamente se determinará el valor económico que tiene la información en cada caso utilizando la metodología anterior.



En primera instancia se determinarán cuales son las decisiones (Ds) que pueden tomarse con información anticipada acerca del clima. Por ejemplo, con granos básicos pueden tomarse decisiones como por ejemplo:

- Sembrar
- No sembrar
- Modificar la fecha de siembra
- Elección de la variedad
- Obras para mitigar los impactos

A continuación se presenta con fines ilustrativos, un árbol de decisión, que es un método gráfico que expresa, en orden cronológico, las acciones alternativas viables para el tomador de decisiones y las opciones que el azar determina. Existen dos tipos de nodos: los de decisión, representados en anaranjado y los de probabilidad, representados en rosado. Cuando un tomador de decisiones se encuentra un nodo de decisión, debe elegir una de las ramas alternativas para seguir adelante. Cuando encuentra un nodo de probabilidad, no tiene control sobre la rama siguiente, ya que en este caso, su trayectoria queda determinada por un evento aleatorio, que en este caso son las condiciones meteorológicas.

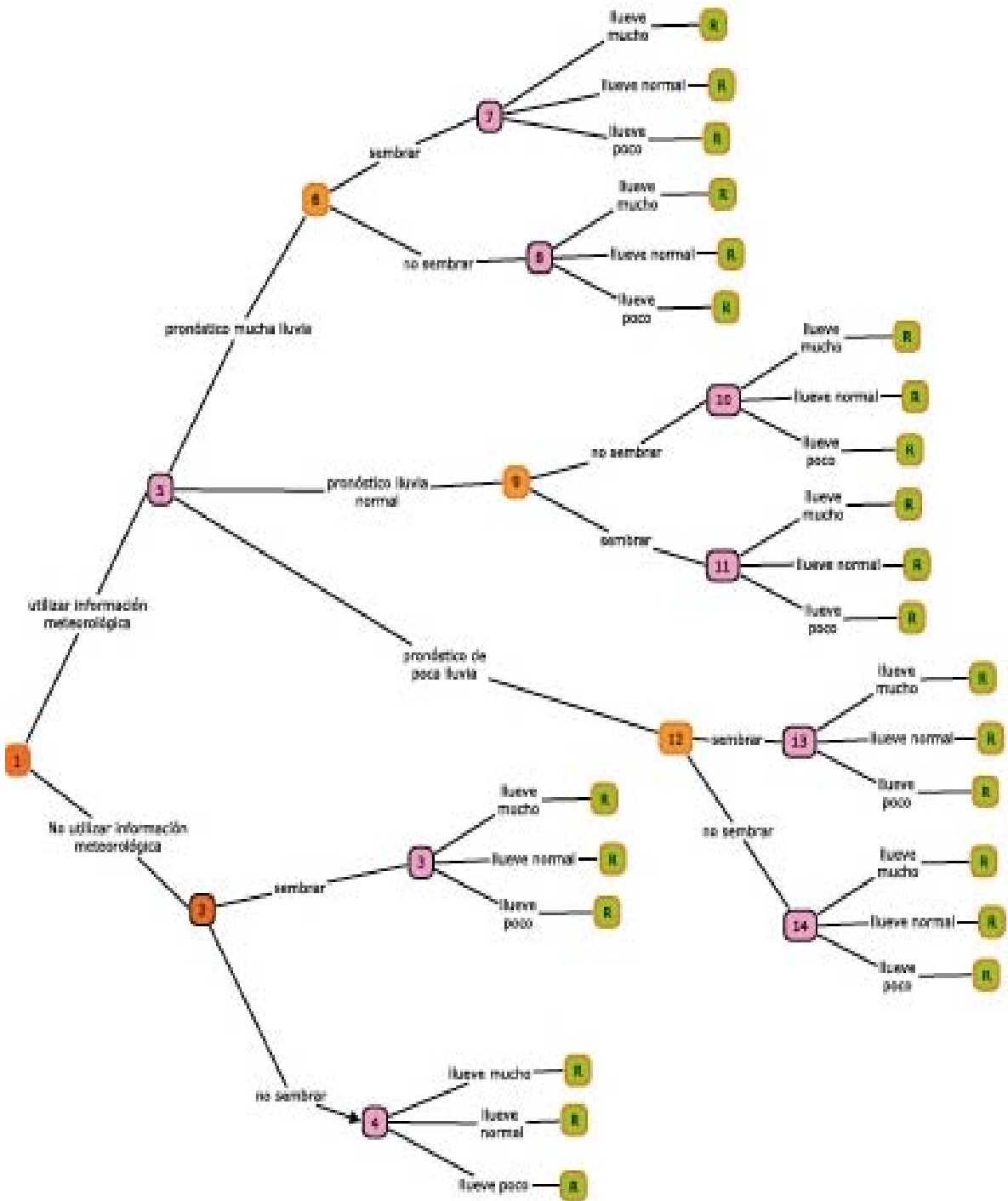
La primera decisión que enfrenta el individuo es si utiliza información meteorológica o no. Si la elección es no utilizar esta información, el tomador de decisiones, el tomador de decisiones se enfrenta a una segunda decisión, en la que debe decidir si sembrar o no. La elección de una de estas ramas conduce a un nodo probabilístico, por lo cual la rama por la que se continúa es un evento aleatorio y según el resultado de este evento, el tomador de decisiones llega a los puntos terminales: llueve mucho, llueve normal, llueve poco. El beneficio económico que obtiene el productor, va a estar ligado a cada uno de estos puntos terminales.

Si en el primer nodo de decisión, el tomador de decisiones elige utilizar información meteorológica, llega al nodo cinco, con ramas denominadas: pronóstico de poca, normal o mucha lluvia. La elección de la rama por la que continuará es un evento aleatorio. Si por ejemplo, ocurre el pronóstico de mucha lluvia, entonces el tomador de decisiones escoge esta rama, que lo lleva al nodo de decisión seis, cuyas ramas subsecuentes son idénticas a las del nodo 2.

El objetivo de la presente investigación es demostrar que los beneficios esperados al elegir utilizar información meteorológica son mayores que en el caso de prescindir de ella.



Figure1 Árbol de decisiones ilustrativo para el caso de los granos básicos.



Por otra parte en hidroelectricidad puede tomarse decisiones con respecto al uso del agua para generar:

- Guardar o utilizar el agua en un embalse determinado,
- Que cantidad de agua utilizar para la generación?
- Vender electricidad en el mercado centroamericano.

### **2.3 Producto**

Se espera contar con un cálculo y un producto factible, didáctico, y demostrativo que permita conocer en términos cuantitativos, y por medio de ejemplos los beneficios económicos de contar con información hidrometeorológica.

### 3 Bibliografía

- 1) AFP. Millonarias pérdidas por clima en Guatemala. La Nación. Costa Rica, 10 de agosto de 2009
- 2) Belanger Marie Louise. “ Creando resiliencia frente a la inseguridad alimentaria en Cento América”. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Panamá, noviembre 2008. Recuperado de: <http://reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900sid/LSGZ-7LPJNG?OpenDocument&rc=2&emid=FL-2008-000198-BLZ>
- 3) Benavides, Henry; Segura, Oswaldo (2005). *El Entorno internacional del sector arrocero centroamericano*. IICA: Costa Rica.
- 4) Castro Pérez, Francisco. (2006). *Colapsos ambientales, transiciones culturales*. México: UNAM. Recuperado el 15 de noviembre de 2009 de: [http://books.google.com/books?id=uQIroZbA1b8C&pg=PA369&lpg=PA369&dq=calendarización+de+la+producción+de+ma%C3%ADz&source=bl&ots=ZSzCPt3LP4&sig=KKnqgheGqXCowjxUr9YBj055wbw&hl=es&ei=nFEAS4G\\_OM2inQelm8WcCw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CA4Q6AEwAQ#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com/books?id=uQIroZbA1b8C&pg=PA369&lpg=PA369&dq=calendarización+de+la+producción+de+ma%C3%ADz&source=bl&ots=ZSzCPt3LP4&sig=KKnqgheGqXCowjxUr9YBj055wbw&hl=es&ei=nFEAS4G_OM2inQelm8WcCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CA4Q6AEwAQ#v=onepage&q=&f=false)
- 5) Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2005). Efectos en Guatemala de las lluvias torrenciales y la tormenta tropical Stan. Guatemala.
- 6) Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2009). *Istmo Centroamericano: Estadísticas del Subsector Eléctrico. Informe preliminar*. México: CEPAL. Recuperado el 6 de noviembre de 2009 de: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/1/35881/L905.pdf>
- 7) Consejo Agropecuario Centroamericano. (2007). *Política Agrícola Centroamericana 2008-2017: una agricultura competitiva e integrada para un mundo global*. San José, Costa Rica
- 8) Delmelle, Guy; Flores, Selmira; Paz, Tania. (2007). *Informe de cadena de frijol rojo en Nicaragua*. Recuperado el 22 de diciembre de 2009 de: <http://www.ruta.org/downloads/CDCAFTA/documentos/ni/InformeFinalCadenaDeFrijolNicaragua.pdf>
- 9) Duro José Miguel, et al. *Estimación de Amenazas Inducidas por Fenómenos Hidrometeorológicos en la República de Guatemala*. Programa de Emergencias por Desastres Naturales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Guatemala, junio de 2002.

- 10)González, Marco. (2005, febrero). *Agua y Energía: perspectivas, barreras y retos*. CCAD Alianza en energía y ambiente con Centroamérica, San Pedro Sula.
- 11)Ingelbrech Marc. Cuba: Paradigma en la reducción del riesgo de desastres. OXFAM Solidaridad. Recuperado de: <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc16976/doc16976-contenido.pdf>
- 12)Istmo Centroamericano: Los retos de la sustentabilidad en granos básicos. (2003). CEPAL: México. Recuperado el 17 de noviembre de 2009 de: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/12491/lcmexl554e-completo.pdf>
- 13)Infoagro. (2009a). *El cultivo del maíz (2ª parte)*. Recuperado el 15 de noviembre de 2009 de: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz2.htm>
- 14)Infoagro. (2009b). *El cultivo del arroz (1ª parte)*. Recuperado el 15 de noviembre de 2009 de: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
- 15)La formación del Hombre. Recuperado el 6 de noviembre de 2009 de: <http://www.bibliotecasvirtuales.com/biblioteca/literaturaaborigen/elhombre.asp>
- 16)Moench Marcus, et al. "The Costs and Benefits of Disaster Risk Reduction". Plataforma global para la reducción del riesgo de desastres. Suiza, 2007
- 17)MFEWS (2008). *Guatemala: situación de seguridad alimentaria*. Recuperado el 8 de diciembre de 2009 de: [http://www.fews.net/docs/Publications/Guatemala\\_2008\\_03\\_final.pdf](http://www.fews.net/docs/Publications/Guatemala_2008_03_final.pdf)
- 18)Naciones Unidas. Climate Change and Disaster Risk Reduction. 2008.
- 19)Naciones Unidas. "Hurricane Mitch Central and Latin America". Florida, 1998.
- 20)Naciones Unidas. Riesgo y pobreza en un clima cambiante: Invertir hoy para un mañana más seguro. 2009.
- 21)Orguer Guido. "20 años de huracanes y las lecciones no aprendidas en Nicaragua". El Nuevo Diario, Nicaragua. Recuperado de: <http://www.casamerica.es/es/opinion-y-analisis-de-prensa/mexico-y-centroamerica/20-anos-de-huracanes-y-las-lecciones-no-aprendidas-en-nicaragua>
- 22)Página web de Accurateweather: <http://www.accuweather.com/>
- 23)Página web de The Weather Channel: <http://www.weather.com/>

- 24)** Página web de la FAO: <http://faostat.fao.org/>
- 25)** Parrales Freddy. Regalos de cuatro patas. La Nación. Costa Rica, 21 de junio de 2009.
- 26)** Pereira John. "Costs and Benefits of Disaster Mitigation in the Construction Industry". Organización de Estados Americanos. Trinidad, marzo 1995.
- 27)** Producción mundial de maíz. (2009, 15 de noviembre). *AgroPanorama.com*. Recuperado el 15 de noviembre de 2009 de: [http://www.agropanorama.com/news/001\\_enero2008/05\\_28a100/01\\_global\\_ProduccionMundialMaiz.htm](http://www.agropanorama.com/news/001_enero2008/05_28a100/01_global_ProduccionMundialMaiz.htm)
- 28)** Ramírez, Patricia. (2007). Información Climática para el Desarrollo de los Seguros Agropecuarios en Centroamérica.
- 29)** Reconstrucción y transformación de Centroamérica. Recuperado de: <http://www.eird.org/estrategias/pdf/spa/doc14101/doc14101-3a.pdf>
- 30)** Torres Joaquín. "La historia mortal de los huracanes. El Nuevo Diario. Nicaragua. Recuperado de:  
  
<http://archivo.elnuevodiario.com.ni/2004/septiembre/14-septiembre-2004/especiales/especiales-20040914-29.html>
- 29)** Temporada de huracanes 2008. Relief Web. Recuperado de: <http://www.reliefweb.int/rw/hlp.nsf/db900ByKey/hurricane2008>

DRAFT