

VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS CADENAS PRODUCTIVAS DEL SECTOR AGROPECUARIO

Rubén G. Espinel M.¹ & Diana C. Figueroa C.²

Objeto contractual:

Prestar los servicios profesionales para generar una estructuración y validación del modelo de vulnerabilidad del sector agropecuario teniendo como base el modelo y diseño contenido en la Segunda Comunicación Nacional -SCN; y avanzar en el análisis de por menos una de las áreas seleccionadas y priorizadas en marco del convenio 008 de 2011 entre el IDEAM y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -MADR, y de por lo menos una (1) cadena productiva identificada.

Alcance del Objeto:

La realización de esta actividad generará la estructuración y una validación del análisis de vulnerabilidad del sector agropecuario en las áreas seleccionadas en el marco del Convenio IDEAM (No.08/2011) - MADR, igualmente deberá aportar en la identificación final y caracterización de las áreas agrícolas que se verán mayormente afectadas de acuerdo con los modelos de cambio climático desarrollados por el IDEAM y a la construcción y validación del modelo propuesto.

Bogotá, diciembre de 2011

¹ Contrato N° 361/2011

² Contrato N° 362/2011

CONTENIDO

CONTEXTO GENERAL	4
ALCANCES.....	9
Fenómeno El Niño - La Niña (ENOS)	11
ANTECEDENTES	12
¿QUÉ NOS SIRVE DE LAS EXPERIENCIAS ANTERIORES?	15
EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	15
Mapping hotspots of climate change and food insecurity in the global tropics.....	15
PUNTOS CALIENTES (Hotspots of Climate)	16
Guía técnica para la implementación de un sistema regional de información climática aplicada a la gestión del riesgo agrícola en los países andinos	16
EXPERIENCIAS NACIONALES	17
VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE PÁRAMOS Y HUMEDALES ALTOANDINOS	17
OTROS RECURSOS	18
MAPPING CLIMATE CHANGE VULNERABILITY AND IMPACT SCENARIOS.....	18
MARCO TEÓRICO	20
Definiciones SEGÚN EL IPCC Y LA SCN.....	21
Capacidad adaptativa.....	21
Adaptación autónoma.....	21
Adaptación planificada.....	22
Vulnerabilidad prevalente	22
Capacidad de adaptación	22
Vulnerabilidad inherente.....	22
Vulnerabilidad.....	22
Amenaza natural	23
MODELO DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD PARA EL SECTOR AGROPECUARIO	23
DEFINICIONES PARA EL PROYECTO	23
Amenaza	23
Exposición	23
Sensibilidad.....	23
Impacto potencial	23
Capacidad de adaptación	23
Vulnerabilidad.....	24
COMPONENTES DEL MODELO	26
AMENAZA CLIMÁTICA:	26
SENSIBILIDAD	26
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	27
Exposición	27
Impactos potenciales.....	27
Vulnerabilidad.....	27
VARIABLES E INDICADORES TÉCNICO-AMBIENTALES	28
BIBLIOGRAFÍA	29
OTRAS REFERENCIAS CONSULTADAS.....	29
GLOSARIO.....	30

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: Resultados del cambio de temperatura resuelto por modelos de baja resolución espacial bajo diferentes escenarios de emisión propuestos por IPCC para finales de siglo XXI.	6
ILUSTRACIÓN 2: Escenarios de Emisión de IPCC. Los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, dependen de la dirección que en el mundo tome en el crecimiento poblacional y económico, los cambios de tecnología, el uso de la energía, el suelo y la cultura agrícola.	7
ILUSTRACIÓN 3: Número de reportes hidro-meteorológicos registrados entre los años 1950 y 2007 (SCN. 2010)	8
ILUSTRACIÓN 4: Tendencia de la temperatura del aire para el periodo 1971 a 2000.	10
ILUSTRACIÓN 5: Tendencia de la precipitación para el periodo 1971 a 2000.	10
ILUSTRACIÓN 6: Variación porcentual de la precipitación media anual	12
ILUSTRACIÓN 7: Tasa de variación de la precipitación media anual (mm/año)	12
ILUSTRACIÓN 8: Variación temperatura media anual (multi-modelo) para diferentes periodos, respecto 1971 a 2000	12
ILUSTRACIÓN 9: Metodología general para el análisis de la vulnerabilidad.	23
ILUSTRACIÓN 10: Modelo de Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático del Sector Agropecuario	24
ILUSTRACIÓN 11: Categorías de Cadenas Productivas del sector agropecuario, respecto a su distribución en el territorio, y su estructura	25
ILUSTRACIÓN 12: Amenaza climática. Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario	26
ILUSTRACIÓN 13: Sensibilidad en el Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario	26
ILUSTRACIÓN 14: Capacidad de adaptación en el Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario	27
ILUSTRACIÓN 15: Exposición en el Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario	27
ILUSTRACIÓN 16: Impactos potenciales en el Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario	27
ILUSTRACIÓN 17: Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario	27

MODELO DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS CADENAS PRODUCTIVAS DEL SECTOR AGROPECUARIO

Bogotá, diciembre de 2011

CONTEXTO GENERAL

El IDEAM realiza la evaluación del comportamiento de la lluvia y la temperatura, con base en el análisis histórico de la precipitación diaria acumulada, y de los máximos y mínimos diarios de temperatura; con base en el programa estadístico Rclimdex³; y con el cálculo de tendencias ha analizado las series de temperatura media anual. Logrando identificar un comportamiento uniforme en el incremento de la temperatura, y correlaciones en la disminución y aumento de las lluvias, respecto a la variabilidad topográfica y exposición a corrientes de cargas húmedas de las regiones (SCN. 2010).

Establecieron que hay más incremento en la temperatura mínima (noche) que en la máxima (día) en las estaciones de clima frío, templado y cálido; salvo en las estaciones cercanas al mar, donde el océano amortigua la temperatura nocturna. Según el Cuarto Informe del IPCC, la tasa lineal de calentamiento de los últimos 50 años a nivel global, es en promedio 0,13°C por década (IDEAM-Benavides, 2009. En: SCN. 2010), mientras que los análisis a nivel nacional muestran una tasa lineal de calentamiento promedio de 0,17 °C por década.

La normal climatológica (Línea base) es la información (promedios multianuales, amplitud, valores máximo y mínimo, varianza) de variables climatológicas del clima presente (para Colombia, más de 3.840 estaciones de precipitación, 680 temperatura y 610 de humedad relativa) y sobre él cuantifican los cambios al compararlo con las variables en otro periodo.

Para generar los escenarios de cambio climático usan los modelos: Global GSM-MRI de alta resolución, de Japón, con resolución horizontal de 20 km x 20 km; Precip del Reino Unido con resolución horizontal de 25 km x 25 km; y el WRF que generó resultados a 4 km x 4 km para la región Andina. El clima presente en alta resolución se obtuvo con las condiciones iniciales que suministró el Re-análisis⁴; con el periodo de referencia 1979-1998 analizaron las observaciones del IDEAM y del modelo global de alta resolución desarrollado en el Japón.

Según Ruiz J., 2010. *“Un escenario de cambio climático no es ni un pronóstico ni una predicción climática, es la representación del clima afectada por una condición de gases de efecto invernadero, por lo tanto hay que diferenciar las siguientes definiciones:*

- **“Predicción:** decir con anticipación lo que ocurrirá en un momento o período futuro en un medio determinado (predicción del tiempo, predicción climática).
- **Proyección:** Estimación de una situación futura mediante el estudio de la condición actual o a través de una extrapolación (estadística, numérica o dinámica) del curso de los procesos (por ejemplo: extrapolación de tendencias).
- **Escenario:** Representación de una situación posible que puede darse bajo una situación determinada.
- **Escenario Climático:** Condición climática asumida para evaluar impactos de la variabilidad climática (escenario El Niño/La Niña) de cambio climático (escenario del holoceno medio, del último pleniglacial) o de impactos en sectores socio-económicos o ecosistemas.

³ Generado por el Centro Nacional de Datos Climáticos de la NOAA (EUA). En: SCN

⁴ ERA-40 (del ECMWF: Centro Europeo de Predicción a Mediano Plazo, por sus siglas en inglés. Utilizado para el Re-análisis)

- Escenario de cambio climático: Representación del clima observada bajo una concentración determinada de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera."

La **evaluación de vulnerabilidad** con enfoque nacional, en la SCN⁵ se tiene como referencia el marco esquemático del IPCC⁶ de 2007 que relaciona causas, impactos y respuestas al cambio climático; y el modelo conceptual de la Agencia Europea del Medio Ambiente -EEA⁷ de 2008.

Para evaluar vulnerabilidad al cambio climático es imperante tener presentes las evidencias del cambio climático, la *variabilidad climática expresada en los impactos de los escenarios futuros* (eventos derivados de los cambios de precipitación y temperatura) y a la par, los fenómenos asociados con las amenazas hidro-meteorológicas: Ciclones, deslizamientos, incendios de coberturas vegetales, inundaciones, entre otros (SCN. 2010).

Proveer los escenarios del cambio climático se basa en el cálculo de los impactos del mismo, es efectuado con las siguientes etapas (Ruiz J., 2010):

- "Establecer las escenarios de emisiones (escenarios de crecimiento población, energía y modelos socio-económicos).
- Estimar las concentraciones de CO₂, metano, sulfatos, simular ciclo del carbón con modelos químicos.
- Modelar el cambio climático global - temperatura, lluvia, nivel del mar (modelos acoplados).
- Determinar detalles regionales que involucra efectos de montañas, islas, tiempo extremo.
- Obtener los impactos (modelos de impacto: inundaciones, suministro de alimentos)."

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM fundamentado en el IPCC de 2007, en sus propios estudios, y en el estado del cambio climático en Colombia, desarrolla Modelos Meteorológicos de Alta Resolución (panorama 2011-2100) basado en el análisis de temperatura, precipitación y humedad relativa, con modelos meteorológicos globales y regionales de alta resolución; que sirvan de herramienta para la toma de decisiones de programas de mitigación del calentamiento global y de adaptación al cambio climático del país (Ruiz J., 2010).

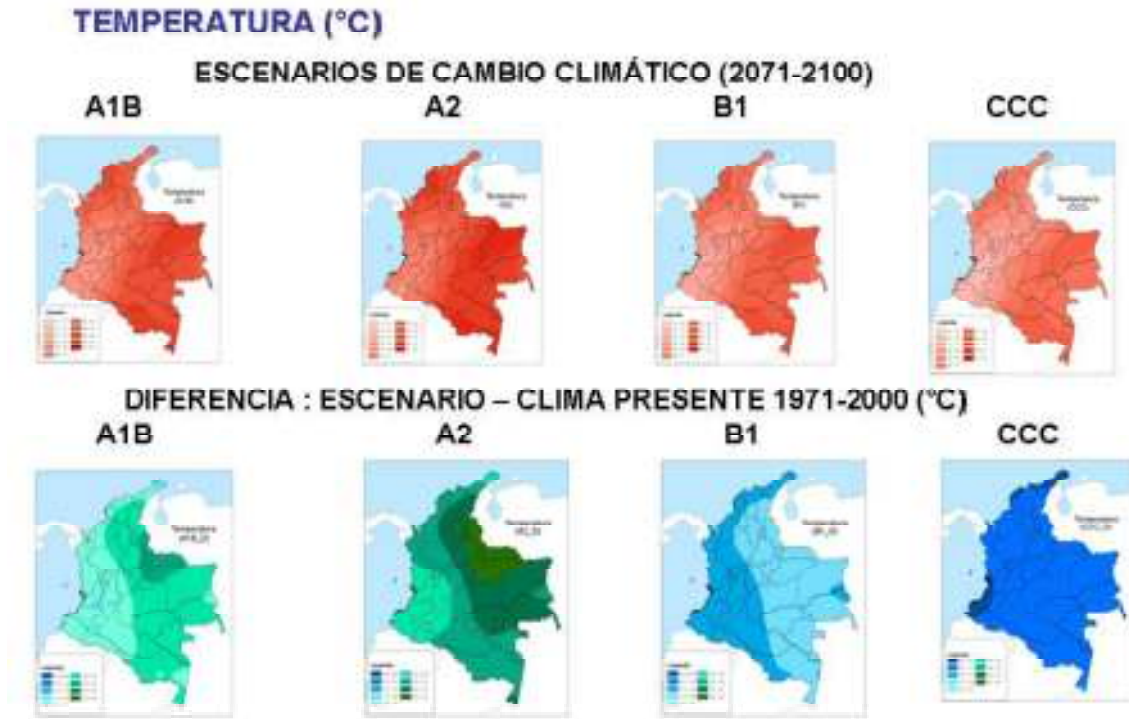
Son inciertas las proyecciones meteorológicas respecto del comportamiento de los ecosistemas y sectores socio-económicos debido a que las actividades humanas cambian de manera permanente la composición química atmosférica, con altas emisiones de Gases de Efecto Invernadero -GEI que a su vez generan el incremento de la temperatura media del aire e impactos en las variaciones regionales del clima, con el consecuente incremento en la vulnerabilidad al cambio climático de los ecosistemas y de los sectores socio-económicos nacionales y mundiales (Ruiz J., 2010).

⁵ Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático -CMNUCC. Junio de 2010, Colombia

⁶ Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático

⁷ European Environment Agency

ILUSTRACIÓN 1: Resultados del cambio de temperatura resuelto por modelos de baja resolución espacial bajo diferentes escenarios de emisión propuestos por IPCC para finales de siglo XXI.⁸



En los modelos regionales de alta resolución como PRECIS⁹ del Reino Unido y GSMMRI¹⁰ del Japón (Ruiz & Martínez, 2007) que reflejan el rango de cambio que representará el clima a mediados del siglo XXI sobre el territorio colombiano, tuvieron en cuenta la consistencia con el rango de calentamiento global proyectado, concordancia con los patrones de distribución de las variables climatológicas, las leyes básicas de la dinámica del clima, y las variables mínimas para la evaluación de posibles impactos (Ruiz J., 2010).

Dichos modelos muestran que para la segunda mitad del siglo XXI el calentamiento podría estar entre 2 y 4°C respecto a las temperaturas entre los años 1961 a 1990, con regiones que podrían sobrepasar los 4°C; respecto al comportamiento de las lluvias, Pabón. 2005 en (Ruiz J., 2010) detectó que las regiones interandinas y Caribe manifestarían en algunas zonas reducciones mayores al 30% del volumen anual de precipitación, y posibles aumentos para el Piedemonte oriental de la Cordillera Oriental y en la región Pacífica.

Es posible que nunca sepamos exactamente cómo las emisiones antrópicas cambian a futuro, para atenuar las incertidumbres el IPCC¹¹ desarrolló nuevos escenarios de emisiones¹², que son representaciones posibles de futuras emisiones de sustancias activas por radiación como los GEI, o que pueden afectar constituyentes activos por radiación (SO₂ forma aerosoles sulfatados) para representar el clima, sus consecuencias en la humanidad, y generar proyecciones que permitan atenuar los impactos en el ambiente, generados por el hombre (Jones *et al.*, 2004. En: Ruiz J., 2010).

⁸ Ruiz J., 2010

⁹ Providing Regional Climates for Impacts Studies

¹⁰ Global Spectral Model

¹¹ www.ipcc.ch Special Report on Emissions Scenarios

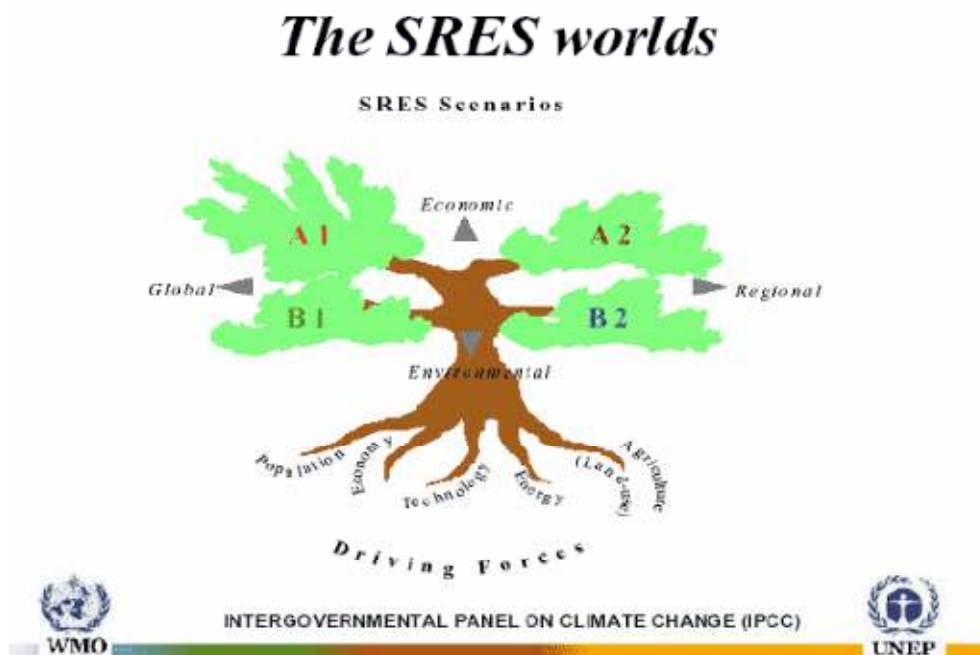
¹² SRES escenarios

Los escenarios SRES, basados en un conjunto de supuestos coherentes e internamente consistentes, respecto a factores externos y sus relaciones (demografía, desarrollo socio-económico y cambio tecnológico) comprenden cuatro familias (Ruiz J., 2010):

A1: La línea evolutiva y familia de escenarios A1 es un mundo futuro con rápido crecimiento económico, población que alcanza su valor máximo a mediados de siglo, disminuye posteriormente, y rápida introducción a tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. La familia de escenarios A1 se diferencian en su orientación tecnológica: Utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de fuentes de energía no de origen fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B) entendiéndose por equilibrada la situación en que no dependerá excesivamente de un tipo de fuente de energía, en el supuesto de que todas las fuentes de suministro de energía y todas las tecnologías de uso final experimenten mejoras similares.

A2: La línea evolutiva y familia de escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. El índice de natalidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que otras líneas evolutivas.

ILUSTRACIÓN 2: Escenarios de Emisión de IPCC. Los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, dependen de la dirección que en el mundo tome en el crecimiento poblacional y económico, los cambios de tecnología, el uso de la energía, el suelo y la cultura agrícola.¹³



B1: La línea evolutiva y familia de escenarios B1 describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza el valor máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios en las estructuras económicas orientados a una economía de servicios e información, acompañados de una

¹³ Ruiz J., 2010

utilización menos intensiva de los materiales y la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y ambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.

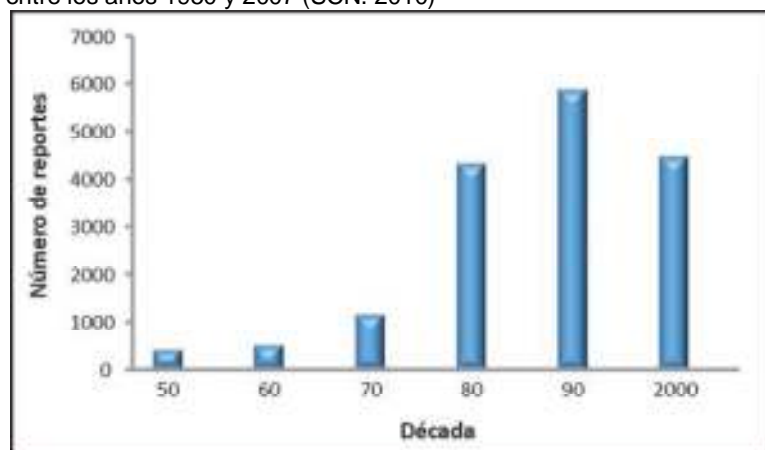
B2: La línea evolutiva y familia de escenarios B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con un nivel de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en la líneas evolutivas A1 y B1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se enfoca en niveles locales y regionales."

Los escenarios SRES muestran que su modelación conlleva a incertidumbres pues no existe razón para asumir que todos son igualmente probables. Aún es imperfecto el entendimiento de los procesos del ciclo del carbón y de reacciones químicas atmosféricas, que generan dudas respecto a la conversión de emisión a concentración. Hay un potencial grande de incertidumbre en la retroalimentación entre clima, ciclo del carbón y química de la atmósfera (Cox *et al.*, 2002. En: Ruiz J., 2010).

Aunque los modelos de circulación general océano-atmósfera pueden simular procesos en el ciclo del carbón y química de las sustancias, hay fluctuaciones por variabilidad natural del clima e incertidumbres en el cambio climático regional (Giorgi *et al.*; 2001. En: Ruiz J., 2010).

Respecto a desastres naturales debidos a fenómenos hidro-meteorológicos, el informe de la OMM¹⁴ (2009) en cooperación con la EIRD¹⁵, y el Cred¹⁶ reportan que entre 1956 y 2005 el número de desastres relacionados con condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas fue casi 10 veces mayor. Entre 1991 y 2005 afectaron 3.470 millones de personas, con 960.000 víctimas mortales (EIRD/ONU, citado por OMM, 2009. En: SCN. 2010).

ILUSTRACIÓN 3: Número de reportes hidro-meteorológicos registrados entre los años 1950 y 2007 (SCN. 2010)



Los reportes de desastres registrados en Colombia están asociados con dinámicas hídricas: Inundaciones, deslizamientos y avenidas torrenciales. De 1930 a 2002 suman 11.561 eventos (70% de los casos registrados en la base de datos del OSSO) cuyas fuentes de información son la DGPAD¹⁷ y el periódico El Tiempo. En las tres últimas décadas más de 15,5 millones de colombianos fueron

afectados por desastres naturales, y cerca del 35% está expuesto a un alto nivel de riesgo.

¹⁴ Organización Meteorológica Mundial. En: SCN. 2010

¹⁵ Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. En: SCN. 2010

¹⁶ Centro de investigación de la epidemiología de los desastres. En: SCN. 2010

¹⁷ Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres

ALCANCES

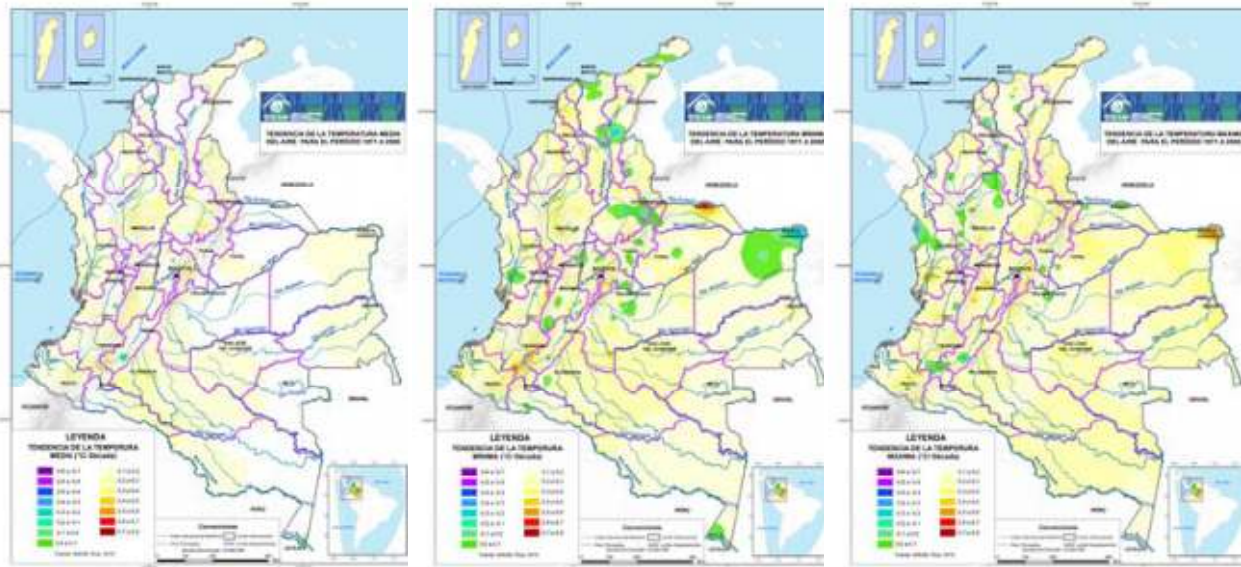
Aspectos a tener en cuenta en la modelación regional del clima (Ruiz J., 2010):

- a. **Dominio del modelo:** En general el dominio del modelo debe ser lo suficientemente grande para que permita desarrollar circulaciones internas de mesoescala e incluir forzamientos regionales relevantes (Giorgi & Mearns, 1999). Hay muchos factores a considerar:
 - Escoger el dominio donde el área de interés este bien retirada de la zona lateral intermedia. Esto prevendrá ruido de las condiciones de frontera la cual contaminaría la respuesta en el área de interés.
 - Todas las regiones que incluyen forzamientos y circulaciones, que afectan directamente detalles de fina escala del clima regional, deberían ser incluidos en el dominio.
 - Es aconsejable no localizar las condiciones de frontera en áreas de terreno complejo para evitar ruidos debido al desempareje entre los datos de resolución gruesa y el modelo topográfico de alta resolución en el interior adyacente a la zona lateral intermedia.
 - Cuando sea posible, localizar las condiciones sobre el océano para evitar posibles efectos de balance energético superficial no realista cerca de las fronteras.
 - Escoger un dominio que asegure que la simulación de RCM no diverge del que da el GCM.
 - Si ésta consistencia no se mantiene entonces los valores de las proyecciones del cambio climático en el RCM son cuestionables.
- b. **Resolución:** La resolución de un RCM debe ser suficientemente alta para resolver detalles de escala fina que caracterice forzamientos regionales. La resolución debería ser también capaz de suministrar información útil para aplicaciones específicas que capturen escalas relevantes de movimiento (Giorgi & Mearns, 1999).
- c. **Condiciones iniciales:** las condiciones iniciales para comenzar la integración en un RCM son tomadas o de los GCM o de las observaciones de Re-análisis. Sin embargo, el estado inicial de las variables de superficie en el modelo de uso del suelo pueden ser importantes para que éste pueda tomar uno o más ciclos anuales manteniendo un equilibrio con el forzamiento atmosférico. En este caso, simulaciones de temperatura en superficie, precipitación y variables relacionadas podrían ser preferibles dentro del período de inicialización.

El panorama general del escenario de extrapolación de tendencias de temperatura, del IDEAM (Ruiz J., 2010) mostró que en gran parte del territorio nacional, para 2011-2040 la temperatura del aire no superará un grado de aumento, salvo en puntos localizados a lo largo de la región Andina. Para el período 2041-2070 se definen bien las áreas donde la temperatura presentaría aumentos entre 0 y 1°C y entre 1 y 2°C; mientras que para el período 2071-2100, la temperatura podría aumentar entre 3 y 4°C en puntos locales de Santander, Tolima, Huila y Cundinamarca, aunque la extrapolación de tendencias marca aumentos generalizados entre 2 y 3°C en gran parte del territorio nacional.

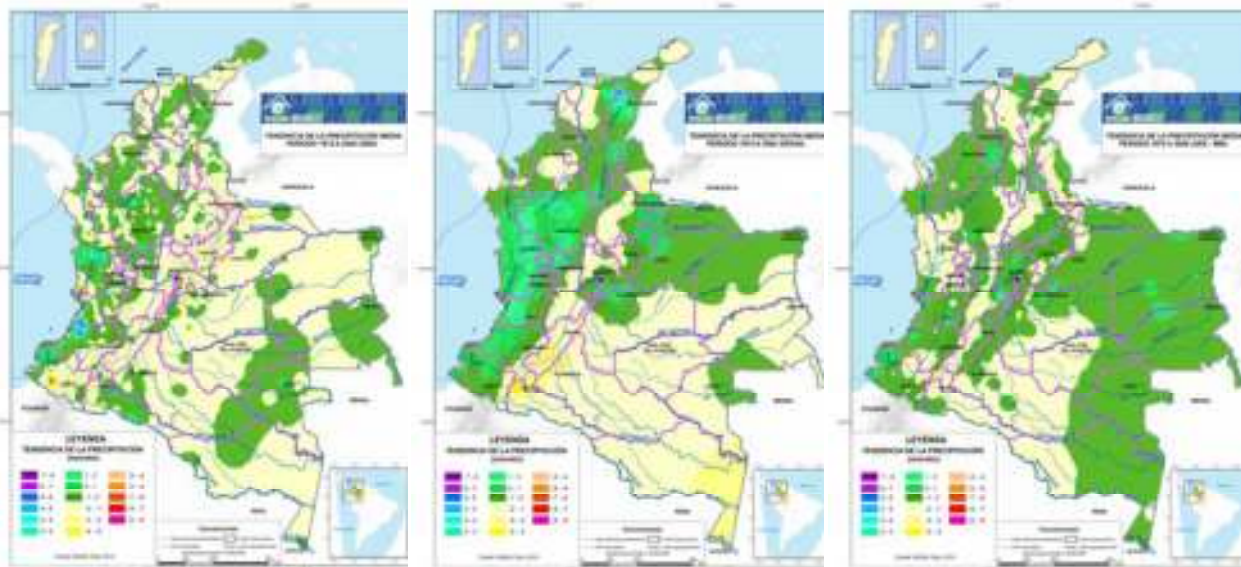
En el período de referencia, los departamentos con mayor aumento de temperatura son: Córdoba, Valle del Cauca, Sucre, Antioquia, Guajira, Bolívar, Chocó, Santander, N., de S., Cauca, San Andrés, Tolima y Caquetá; indicando de alguna manera que son lugares que han sentido mayormente el calentamiento sobre el territorio nacional (SCN. 2011).

ILUSTRACIÓN 4: Tendencia de la temperatura del aire para el periodo 1971 a 2000.¹⁸



(Ruiz J., 2010) Las tendencias en precipitación para la serie 1971-2000, fueron extrapolados de forma lineal los datos de 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 para tener idea del cambio en volumen de precipitación en el siglo XXI respecto a 1971-2000, si la tendencia se mantuviera.

ILUSTRACIÓN 5: Tendencia de la precipitación para el periodo 1971 a 2000.¹⁹



El mismo autor define para el siglo XXI los cambios de precipitación anual entre 80 y 100% para lugares donde las lluvias tienden a reducir, respecto al período de referencia 1971-2000, y del 100 al 120% para los lugares donde la variable tiende al aumento. Pero las reducciones más significativas según el escenario de extrapolación de tendencias, se apreciarían en sectores del oeste de Arauca, norte de Vichada, sectores del sur de Tolima y oriente de Nariño, en especial a finales del siglo (2071-2100); mientras que el aumento más apreciable en las lluvias estaría en el piedemonte amazónico (límites entre Caquetá y Putumayo).

¹⁸ Fuente: IDEAM – Ruiz, 2010.

¹⁹ Fuente: IDEAM – Ruiz, 2010.

Respecto a humedad relativa (Ruiz J., 2010) los escenarios de extrapolación de tendencias (siglo XXI) muestran cambios menores del período 2011-2040 vs el clima de referencia 1971-2000; pero habrá disminuciones notables en la humedad relativa a finales del siglo XXI en puntos locales de La Guajira, Bolívar, oeste de los departamentos de Tolima, Cundinamarca y Nariño; al oriente de Cauca. Para otros sectores del país los resultados pueden ser dudosos porque no se tuvo información suficiente para llegar a soluciones confiables.

Con escenarios multi-modelo de cambio climático (PRECIS & GSM-MRI) en Colombia, para reducir incertidumbres del clima 2011-2100 respecto a temperatura, precipitación y humedad relativa, fueron corridos varios escenarios con diferentes modelos y condiciones iniciales (Ruiz J., 2010): Para 2011-2070 fueron obtenidos resultados para los escenarios de emisión A2 y B2 sin sulfatos junto con el escenario A1B con sulfatos; para 2071-2100 además de los mencionados hubo resultados para los escenarios A2 y B2 con sulfatos.

El análisis para el caso de CCSM-WRF (Ruiz J., 2010) fue considerado por separado porque el método de la corrida fue para cada 10 años debido a su consumo de proceso y almacenamiento, aunque los resultados sirvieron para tener un enfoque comparativo del cambio climático simulado con PRECIS y GSM-MRI.

El mismo autor especifica que aunque en términos de clima, el promedio da un buena idea, **los análisis de vulnerabilidad sectorial deben reducir mejor las incertidumbres**, según cada actividad socioeconómica, con la construcción de tablas de frecuencia entre los rangos que mejor se ajusten a sus necesidades, para el mejor encasillamiento de los valores en que se puede manifestar el cambio climático en las diferentes actividades, según sus propósitos y del grado de relación clima-sistema impactado (de detectar en % la probabilidad que la lluvia se ubique en determinados rangos, en %, e igual para la temperatura media).

Debido a la alta variabilidad espacial de las variables meteorológicas que hay en Colombia, y en cada departamento, es necesario que el usuario de la información complete la comprensión con los mapas. Y que en adelante, la mención de clima futuro comprende los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100; y clima de referencia 1971-2000 (Ruiz J., 2010).

FENÓMENO EL NIÑO - LA NIÑA (ENOS)

En Colombia fue identificado que las variaciones en la distribución espacio-temporal de las lluvias, están relacionadas con el ciclo climático ENOS (El Niño-Oscilación del Sur), fases donde la temperatura del océano Pacífico Oriental incrementa respecto al promedio, y afecta la distribución pluvial con mayor lluvia en el sur del Pacífico colombiano, el piedemonte oriental de la cordillera Oriental, y menores en la región Andina y el Caribe.

La Niña es el enfriamiento severo (con la misma media) y refleja condiciones contrarias a las ENOS; con los reportes de desastres (1950 y 2007) del OSSO²⁰ y la DGPAD se comprobó que los desastres asociados con lluvia aumentan 16,1% respecto a las condiciones normales en meses del fenómeno de la Niña, y que disminuyen 33,5% durante el fenómeno El Niño.

²⁰ Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOriente colombiano. En: SCN. 2010

Como se ha escrito, los escenarios para los análisis de vulnerabilidad son referidos para el inicio y final del siglo XXI, donde los comportamientos posibles de la precipitación están representados en las siguientes ilustraciones (Fuente: SCN. 2010).

ILUSTRACIÓN 6: Variación porcentual de la precipitación media anual

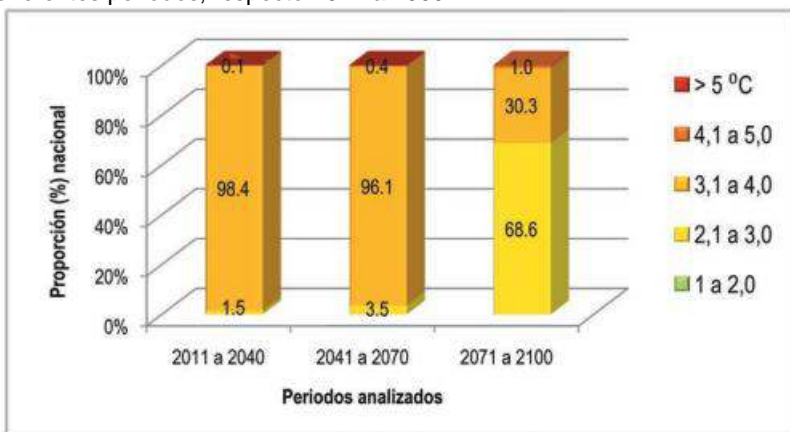


ILUSTRACIÓN 7: Tasa de variación de la precipitación media anual (mm/año)



Los comportamientos de la temperatura media anual del aire, basado en el ensamble multi-modelo para los diferentes periodos se observa en la siguiente ilustración (Fuente: SCN. 2010. Resumen ejecutivo).

ILUSTRACIÓN 8: Variación temperatura media anual (multi-modelo) para diferentes periodos, respecto 1971 a 2000



Probablemente la disminución de las lluvias tengan implicaciones para el sector agropecuario, en especial en departamentos como Tolima, Santander, Antioquia, Boyacá, Córdoba, Cundinamarca; para la producción campesina, los cultivos permanentes (café) los anuales o transitorios. Según los análisis de vulnerabilidad de la SCN 2010, los impactos

potenciales para las áreas en potreros (período 2011-2040) serían de altos a muy altos comprometiendo más del 50% de las pasturas (Murcia., D. M. Pajarito., D. F., PRICC. 2011).

ANTECEDENTES

La Primer Comunicación Nacional, 2001, relaciona los siguientes estudios e investigaciones efectuadas para la PCN, referentes a Vulnerabilidad y Adaptación, en Colombia:

- Vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un posible Cambio Climático. IDEAM-Universidad Nacional, 2001
- Informe técnico de la comisión efectuada a la Sierra Nevada del Cocuy. IDEAM, 1998
- Cambio Climático provocado por el incremento de CO₂ atmosférico, incidencia y magnitud en los ecosistemas colombianos. IDEAM-PNUD, BIOCOLUMBIA, 2001
- Sistemas morfogénicos del territorio colombiano. IDEAM-Universidad Nacional, 1996
- Vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña ante los posibles efectos del Cambio Climático. IDEAM-PNUD, 2001
- Morfodinámica, población y amenazas naturales en la Costa Pacífica Colombiana. IDEAM-Universidad Nacional, 1997
- Evaluación del impacto y medidas de adaptación en salud al Cambio Climático en Colombia. IDEAM-PNUD, 2000
- Litoral Caribe: morfodinámica y amenazas naturales. IDEAM-Universidad Nacional, 1997

<ul style="list-style-type: none"> • Metodología para la evaluación de la salud humana frente al Cambio Climático. IDEAM-PNUD, 2001 • Susceptibilidad y amenaza en la zona litoral colombiana (Pacífico y Caribe) frente al ascenso del nivel del mar. IDEAM-PNUD, 2001 • La dinámica fluvial y litoral del delta del Magdalena - Bases para un manejo sostenible frente al ascenso del nivel del mar. Universidad Nacional-IDEAM, 2001 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de suelos y tierras en Colombia por desertificación. 2001 • Metodología para la evaluación de la sensibilidad de los sectores económicos productivos ante el Cambio Climático de origen antrópico. IDEAM-PNUD, 2001 • Metodología para la evaluación de los efectos del Cambio Climático sobre el componente hidrogeológico. IDEAM-PNUD, 2001
<ul style="list-style-type: none"> • Modelo para la evaluación, monitoreo y seguimiento del impacto ambiental de las actividades agrícolas intensivas sobre suelos colombianos. IDEAM-Universidad Nacional, 2001 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecciones para el diseño, desarrollo e implementación de modelos matemáticos para el pronóstico de afluencias a embalses hidroeléctricos en la República de Colombia. Universidad Estatal Hidrometeorológica Rusa. 2001
<ul style="list-style-type: none"> • Impactos socioeconómicos ambientales del ascenso del nivel del mar en la isla de San Andrés. Universidad Nacional-IDEAM, 2000 	<ul style="list-style-type: none"> • Tendencias y proyecciones sobre el ascenso del nivel del mar en las costas colombianas. IDEAM-PNUD, 2001
<ul style="list-style-type: none"> • Informe técnico de la comisión efectuada al volcán nevado Santa Isabel. IDEAM, 2000 	<ul style="list-style-type: none"> • Tendencias y proyecciones de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. IDEAM-PNUD, 2001
<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático de las actividades agrícolas en Colombia. IDEAM, 2000 	

De otra parte fueron desarrollados los proyectos:

"Programa Conjunto. Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano". IDEAM - MAVDT. 2010

"Programa Piloto Nacional Integrado de Adaptación para Ecosistemas de Alta Montaña, Islas del Caribe Colombiano y Salud Humana" -INAP, IDEAM, Acción Social, Conservación Internacional Colombia, Banco Mundial-GEF. 2010.

En la actualidad están en ejecución:

"Plan Regional Integrado de Cambio Climático -PRICC, para la Región Capital Bogotá". PNUD, IDEAM, Parques Nacionales Naturales, Instituto Humbolt, Corporinoquía, Corpoguvavio.

Proyecto IDEAM-MAVDT - Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño -CIIFEN "Información climática aplicada a la Gestión de Riesgo Agrícola en los países andinos".

Y el Convenio Especial de Cooperación Técnica y Científica, N° 008 de 2011 suscrito entre el IDEAM y MADR "Aunar esfuerzos para apoyar y fortalecer las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación interinstitucionales en el cambio climático y variabilidad climática para el sector agropecuario Colombiano". Del cual hace parte el presente proyecto.

El IDEAM con participación de otras entidades y actores afines con la adaptación, desarrolló una metodología para estimar una evaluación integral y unificada de la vulnerabilidad, que admite la comparación y valoración de resultados de los diferentes sectores, ecosistemas e instituciones ante el cambio climático:

$$\text{Riesgo} = [\text{Amenaza (Probabilidad de ocurrencia del evento climático Adverso)}] \times [\text{Vulnerabilidad}]$$

Es la probabilidad de ocurrencia (**amenaza**) del evento adverso, por efecto multiplicativo la afectan las pérdidas (**impacto**) o *vulnerabilidad*; determina el riesgo de pérdida de bienes, servicios o funcionalidad. La **vulnerabilidad** es determinada a partir de los impactos residuales del cambio climático, posterior a la consideración de la capacidad de adaptación:

$$(\text{Ecuación 4. SCN. 2010}) \text{ Vulnerabilidad} = [\text{Impactos Potenciales Climáticos negativos}] - [(\text{Impactos Potenciales negativos}) \times \text{Capacidad de Adaptación}]$$

La metodología para análisis de vulnerabilidad permite identificar regiones, coberturas o sectores más vulnerables, o zonas críticas, a partir de la obtención de resultados intermedios (SCN. 2010²¹). Y sirve de soporte para el diseño y evaluación de políticas de adaptación, con posibilidad de incluir criterios de manejo para reducir la vulnerabilidad (opciones de reducción y medidas de adaptación).

Un ejemplo (SCN. 2010²²) es el programa de opciones de manejo de suelos y aguas en los sistemas agrícolas frente al cambio climático (monitoreo, mitigación y adaptación) integrado por proyectos que buscan desarrollar y validar medidas de respuesta ante los impactos del cambio climático. Evaluarán estrategias de manejo de suelos (rotación de cultivos y sistemas agroforestales) para zonas de producción agrícola, con evidencia de alta vulnerabilidad frente al cambio climático, donde la producción agrícola puede estar comprometida.

Priorizaron áreas geográficas y departamentos como piedemonte llanero y planicie aluvial; Tolima, sabanas colinadas y planas de Córdoba; Sucre, Bolívar y Magdalena. El primer proyecto *“Línea base de indicadores de calidad del suelo para monitorear los efectos del cambio climático sobre los sistemas de producción agrícolas en el piedemonte llanero”*, busca desarrollar y establecer indicadores de calidad del suelo para monitorear los efectos de las variaciones climáticas extremas, sobre diferentes sistemas productivos (MADR. 2008. En: SCN. 2010).

El segundo *“Alternativas de manejo de suelos en sistemas de rotación de cultivos, como estrategias para mitigación y adaptación frente al cambio climático en la Altillanura Plana Colombiana y Valle Cálido del Alto Magdalena”* identifica y evalúa prácticas de manejo del suelo que contribuyan en mitigar emisiones de GEI y adaptación de cultivos frente a variaciones climáticas severas.

Y el tercer proyecto *“Introducción de sistemas productivos agroforestales como estrategia de adaptación ante los impactos del cambio climático en zonas secas de Colombia”*, en el triángulo del Tolima (municipios de Coyaima, Natagaima y Purificación) y Fundación, Magdalena; pretende evaluar tres medidas de adaptación ante los impactos del cambio climático: 1) *Introducción de sistemas productivos agroforestales*; 2) *Uso del riego y*; 3) *Uso de información agroclimática en tiempo real* (MADR. 2008. En: SCN. 2010). Zonas destacadas por ser históricamente vulnerables a las condiciones meteorológicas, y se reflejan en su bajo desarrollo socioeconómico, y en la tendencia en la degradación de suelos.

“Los procesos relacionados con los eventos derivados del clima son un desafío que supera las disciplinas, sectores y condiciones político-administrativas de cualquier organización, región o interés. Se requiere integración y voluntad para trabajar y compartir información, capacidades, estrategias y recursos para generar sinergias que permitan optimizar el manejo, y enfrentar problemas identificados y asociados con temas de la mayor relevancia. Dichos temas son: ► Conservación de bienes y servicios ambientales, ► Sostenibilidad de los procesos productivos, ► Calidad de vida, ► Seguridad alimentaria, ► Protección de las poblaciones más vulnerables; que en suma son decisivos para la gestión del riesgo derivado por la variabilidad y el cambio climático” (SCN. 2010²³).

Con el apoyo del Banco Mundial-GEF, hay dos proyectos en Colombia que buscan disminuir la vulnerabilidad al cambio climático de la ganadería, para implementar Sistemas Silvopastoriles -SSP en el sector, con buenas prácticas de manejo que permitan reducir las

²¹ SCN. Capítulo 4. VULNERABILIDAD

²² SCN. Capítulo 3. MITIGACIÓN

²³ SCN. Capítulo 4. VULNERABILIDAD. Introducción

emisiones de GEI. El primero: *Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas*, finalizó en 2008. El segundo: *Proyecto de Ganadería Sostenible en Colombia*²⁴ (Colombia Mainstreaming Sustainable Cattle Ranching Project) que inició en 2010 (SCN. 2010²⁵).

¿QUÉ NOS SIRVE DE LAS EXPERIENCIAS ANTERIORES?²⁶

El texto no pretende descalificar los modelos de vulnerabilidad a exponer a continuación, sólo pretende detectar puntos de encuentro y diferencias, con el objeto de ajustar componentes del modelo de Análisis de Vulnerabilidad en construcción.

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

MAPPING HOTSPOTS OF CLIMATE CHANGE AND FOOD INSECURITY IN THE GLOBAL TROPICS²⁷

Dicha experiencia plantea un análisis por *Inseguridad Alimentaria*, esto indica que hay dos caminos, pues también puede ser por *Seguridad Alimentaria* ¿Cuál es más viable o más acertado para nuestro caso?. También hay un par de caminos:

Análisis excluyente: Sólo para Cadenas Agro-industriales con dominio supremo sobre la tenencia de la tierra, el territorio, el capital, usos de la producción, valor agregado de la misma, decisiones políticas, entre otros; como sucede con caña de azúcar y palma africana, para las industrias azucarera y aceitera, alcohol etílico, y biocombustibles (etanol y biodiesel). ¿Un análisis sin seguridad alimentaria estaría ajustado a la realidad?.

Análisis amplio: Más acertado pues se aplica en todo el Sector Agropecuario e incluye un mandato nacional, seguridad alimentaria. Se sustenta en "...el concepto de seguridad alimentaria... se define como la situación que existe cuando todas las personas, en todo momento, poseen acceso tanto físico como económico suficiente, seguro y nutritivo a alimentos para suplir su dieta necesaria y sus preferencias alimenticias para una vida activa y saludable"²⁸.

En otras palabras: *Los países que no protegen su Soberanía Alimentaria*, desde la *Seguridad Alimentaria de Sus Pueblos*, no tienen posibilidad alguna frente a cualquier cambio extremo y eventual, no sólo ambiental, también respecto a un conflicto armado, la fragilidad de la Globalización Económica, entre otros.

Ejemplos actuales: -Hambrunas en países más pobres de África, en especial subsaharianos. -Pequeños países-islas del Pacífico Sur: Fiyi, Kiribati, Estados Federados de Micronesia, Nauru, Palaos, Papúa Nueva Guinea, Samoa, Islas Salomón, Tonga, Tuvalu y Vanuatu. En la mayoría, su máxima altitud no supera los 20 m.s.n.m., la alimentación humana depende de la pesca artesanal en los arrecifes, no tienen capacidad para producción agropecuaria; con la intensificación de la radiación, concentración de tóxicos y mal manejo, mueren sus arrecifes; tienen constantes incrementos del nivel del mar. A corto plazo los Entes Internacionales deberán buscar su reubicación en otros sitios del planeta²⁹.

²⁴ Proyecto ejecutado por FEDEGAN, CIPAV, el Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez. y The Nature Conservancy

²⁵ SCN. RESUMEN EJECUTIVO. Sector agricultura

²⁶ Basado en documento preparado por Jesica Zapata Jiménez. Contrato 330 de 2011

²⁷ Autor Corporativo: Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. 2011

²⁸ FAO in Stamoulis and Zezza, 2003. En: Informe METVUL. Zapata J. 2011

²⁹ <http://www.scidev.net/en/south-east-asia/news/pacific-islanders-help-shape-response-to-climate-change.html> - http://www.nationalgeographic.com.es/pagina/home_articulos.html - <http://dsc.discovery.com/search/results.html?focus=site&query=sharks>

PUNTOS CALIENTES (Hotspots of Climate): Queremos incluir radiación y brillo solar, mientras sea posible obtener información adecuada al respecto. Sustentamos la idea en lo que afirman McCarthy P., *et al* (Nov. 2010) En: Climate Change Vulnerability Assessments, Lessons Learned from Practical Experience: Practitioner's Responses to Frequently Asked Questions³⁰. *"EXPOSURE... Exposure has several elements, including alteration in "basic climate" - temperature, precipitation, wind, humidity, cloud cover, solar radiation, wind direction and speed. It represents not only changes in climate itself but also other physical changes, such as alterations in vegetation (habitat), hydrologic regime, drought frequency and severity, fire regime, sea level, carbon dioxide concentration, storm frequency and intensity, water quality (such as salinity and pH), and the depth, density and duration of snowpack."*

GUÍA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA APLICADA A LA GESTIÓN DEL RIESGO AGRÍCOLA EN LOS PAÍSES ANDINOS³¹

Incluye metodología para la determinación de riesgos agroclimáticos; en este enfoque los elementos que componen un análisis de riesgos son la Amenaza y la Vulnerabilidad.

"Amenaza: Se entiende como las adversidades climáticas que afectan los cultivos, es decir, los eventos extremos o persistentes de precipitación y temperatura, con los que se relacionan las inundaciones, sequías y heladas. De acuerdo a los escenarios realizados se asignan valores de acuerdo al porcentaje de cambio, estos valores van de 0 a 5 y en relación a si el cambio se encuentra por encima o por debajo de los normal."

Vulnerabilidad: Su cálculo se desagrega en (para todos los casos generaron valores que normalizan los datos capturados para la expresión de variables)

Susceptibilidad: Se valora en función de la etapa fenológica del cultivo, para las diferentes condiciones climáticas posibles y la etapa de desarrollo predominante a la que se encuentra el cultivo para el mes o período de interés."

Tiene un problema: La valoración del Nivel de Riesgo (1 a 5) es un "total depende":

En orden descendente, un cultivo trimestral es más susceptible a la inundación, que un cultivo anual, y uno perenne. **Esto depende** pues un análisis de producción anual, basado en un cultivo de ciclo trimestral vs el análisis de un cultivo anual y uno permanente **tiene mayor susceptibilidad** el cultivo perenne, seguido del anual ¿Por qué?:

Un cultivo perenne que se pierda (por inundación, quema, o huracanes) ¿Cuántas pérdidas económicas y sociales genera?, ¿por cuánto tiempo?, ¿Cuánto tiempo se requiere para re-establecerlo y llegue a su estado productivo?. Ejemplo: La palma africana, sin incluir el tiempo para que la semilla germine, necesita tres años desde su siembra en terreno (plántula) hasta su primera cosecha efectiva.

Un cultivo anual que se pierda (inunde, queme o caiga) en el mes 11 de su ciclo vegetativo, genera una pérdida económica por un período no inferior a 23 meses; si es por inundación será más largo el período, mientras el terreno está en las óptimas condiciones de humedad.

³⁰ <http://conserveonline.org/workspaces/climateadaptation>

³¹ . Autores: ClIFFEN. 2009

Un cultivo trimestral genera una pérdida que en el peor de los casos será de tres meses de su ciclo biológico, más el tiempo para tener las condiciones del terreno. **Como mínimo es posible obtener tres ciclos productivos/año.** Parece que hay un camino para dar uso a esta parte de la metodología. El experto SIG y el economista ambiental del PRICC (*Diego Pajarito & Diego Murcia*) aspiran a que pronto podamos hacer uso de al menos el coeficiente de cultivo $ET_c = K_c \times ET_p$ del método Penman-Monteith³².

Conocemos la información (K_c : Coeficiente del cultivo -adimensional) numérica de necesidades fisiológicas de agua por cultivo, para cada estado vegetativo, y podríamos trabajar con los K_c promedios. Podríamos modelar los eventos extremos o persistentes de precipitación y temperatura, por lo tanto podemos calcular el déficit por lluvia para cada cultivo en sus diferentes estados vegetativos; y el cálculo de evaporación del suelo.

Para este logro nos faltaría encontrar al menos un valor numérico para el despeje de la fórmula: *Evapotranspiración del cultivo (mm d-1)*, y/o *la del cultivo de referencia*.

EXPERIENCIAS NACIONALES

VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE PÁRAMOS Y HUMEDALES ALTOANDINOS³³

De hecho es clave para el Análisis de Vulnerabilidad que nos compete "aunque tiene peros":

Conjunto información	Interpretación	Formula	Calculo de variables
PATRIMONIO TOTAL DEL TERRITORIO	Está asociado con la riqueza con que cuenta un territorio. Entendido mediante el cumplimiento del objetivo en tres esferas de la interacción humana: la social, la ambiental y la económica (utilizado para operativizar la medición del desarrollo)	Patrimonio Total (PT) = (Patrimonio natural + Patrimonio Económico + Patrimonio sociocultural)/3	Patrimonio Económico (PE) = {Valor intangible con base en la Cobertura de la tierra (taller): 0,10} + {Avalúos Catastrales (Igac, 2009; en: Sigotn): 0,30} + {Producción Pecuaria (Carne y leche; Dane; en Sigotn): 0,30} + {Producción Agrícola (Dane, en: Sigotn): 0,30} Patrimonio Natural (PN) Patrimonio Sociocultural (PSC) = {Revaloración del territorio (Valor intangible con base en la Cobertura de la tierra) 0,10} + {Calidad de vida (ICV, Dane, en: Sigotn): 0,30} + {Población (censo Dane, 2005): 0,40} + {Minorías étnicas (Dane; en: Sigotn): 0,20}

Fue **diseñado para el análisis de áreas naturales y sus recursos**, por lo tanto la riqueza del territorio se centra en la conservación o calidad ambiental (ecosistemas, biodiversidad, agua) y en servicios ambientales, donde la interacción humana y social (minorías étnicas, calidad de vida) parten de la hipótesis que dichos territorios tienen "*más paisaje que gente*"; prevalece la cobertura vegetal natural vs coberturas por acción antrópica, así que **es viable el uso del avalúo catastral**.

Esta parte del modelo no es acertado para el análisis en zonas donde el uso del suelo prevalece sobre la cobertura vegetal nativa, donde el precio de oportunidad del suelo regido por "su fertilidad", la producción, el valor agregado por calidad de vías, cercanía a áreas industriales y urbanas, puertos terrestre, aéreos, fluviales o marítimos (calidad y cantidad de transporte). Elimina el valor intangible de la tierra y al menos dos Cadenas Productivas (caña industrial y palma africana) no resisten el avalúo catastral.

³² ENA. 2010. Serie de Riego y Drenaje de la FAO, N° 56

³³ Autores Corporativos: IDEAM - MAVDT. 2010

Para nuestro caso “**las falencias**” del modelo se subsanan con sólidos análisis de economía ambiental, y más aún economía ecológica, que incluyan entre otros, Servicios Ambientales al menos por agua y captura de CO₂ (SNA), pues dentro de la Demanda Hídrica Nacional - DHN, con inclusión del agua extraída no consumida, según el ENA 2010, el Sub-Sector agrícola tiene una participación del **54%** (19.386 Mm³ de agua), el pecuario participa con el **6,2%** que equivale a 2.220 Mm³ de agua, el acuícola **7,2%** (2.584 Mm³) y el sector industrial **4,4%** con una equivalencia a 1.577 Mm³, no encontramos si incluye la agregación de valor a la producción agropecuaria, así que lo omitimos para calcular la participación en la DHN del Sector Agropecuario.

SUB-SECTOR	% participación	Mm ³
Agrícola	54,0	19.386
Pecuario	6,2	2.220
Subtotal	60,2	21.606
DHN otros usos	39,8	14.271
Acuícola	7,2	2.584
TOTAL	67,4	24.190
TOTAL Nacional	100	35.877
DHN otros usos	32,6	11.687

En la tabla izquierda se observa que la suma de los subsectores agrícola y pecuario tiene (**60,2%**) de participación en la DHN, al incluir el acuícola la participación (**67,4%**) es **muy alta** pero la mayor demanda es del agrícola, con **19.386 Mm³**, y lejos (6976 Mm³) está el sector energía³⁴.

Las anteriores cifras indican que es de alta relevancia efectuar el Análisis de Vulnerabilidad del Sector Agropecuario, y en especial del Sub-sector Agrícola con énfasis en el agua desde su cadena de consumo, con el objeto de encontrar y analizar “las fugas”, y su incidencia en la Vulnerabilidad del sector, con la determinación del caudal ecológico, por su demanda en los ecosistemas: Volumen necesario por calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas debajo de la fuente de la que dependen los ecosistemas³⁵.

OTROS RECURSOS

MAPPING CLIMATE CHANGE VULNERABILITY AND IMPACT SCENARIOS³⁶

“Guía que busca apoyar a los gobiernos en su preparación para generar estrategias ante el cambio climático. ... el segundo capítulo enfatiza en la necesidad de identificar los stakeholders asignando roles y responsabilidades fundamentales para el desarrollo de los análisis de vulnerabilidad y las posteriores medidas que de allí se desprende.”

Para el Modelo de Vulnerabilidad que nos compete, es clave resaltar el **apoyo a los gobiernos** y que **asigna papeles y responsabilidades**, por lo tanto requerimos de análisis **socioeconómicos enfocados en la ocupación real del territorio**, en especial por parte de la sociedad civil, para definir con claridad dichos papeles y responsabilidades. Sin confundir o diluir, en el análisis, a la población rural dentro de los esquemas estadísticos de DANE.

En el ámbito urbano, existe una fuerte tendencia hacia la concentración en las grandes ciudades: Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla y Bucaramanga, las cuales albergan aproximadamente el 44% de los habitantes urbanos del país³⁷. Pero en Colombia tenemos un

³⁴ Ver Tabla 5.1. Demanda hídrica nacional, pág. 175 ENA 2010

³⁵ ENA 2010. Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010

³⁶ Autor: PNUD. 2010

³⁷ http://co.kalipedia.com/geografia-colombia/tema/geografia-economica-social/distribucion-poblacion-urbana-rural.html?x=20080731klpgeogco_19.Kes&ap=1

problema de definición de lo que es la población rural, ya que son catalogadas como urbanas, todas las cabeceras municipales, sin importar el número de habitantes, y sólo consideran como población rural la que queda en la denominación "resto"; mientras que en muchos programas nacionales, la población urbana es sólo la que habita cabeceras municipales con más de 10.000 pobladores³⁸.

De otra parte debemos ser explícitos y perspicaces en el análisis socioeconómico porque las Cadenas Productivas no funcionan sin personas, y la variación climática afecta sus condiciones de vida cotidianas, por lo tanto su desempeño laboral.

Sin olvidar para dicho análisis, que:

*"La crisis económica mundial afectará de manera directa, aunque diferenciada, a los países de América Latina... En el sector rural (Colombia) si bien el rubro de productos agropecuarios exportables puede acusar el efecto más agudo de la crisis (expresado en la reducción de empleos de calidad y en el aumento del nivel de desempleo rural), el grupo de los pequeños productores es el más afectado socialmente."*³⁹

*"La migración es una de las cuestiones clave del siglo XXI, que se ha convertido en un componente esencial, inevitable y potencialmente beneficioso de la vida económica y social de cada país y región. **Ya no se trata de saber si hay o no migración, sino más bien de cómo encauzarla eficazmente** a fin de alentar sus repercusiones positivas y atenuar sus repercusiones negativas. Las decisiones informadas de migrantes, gobiernos, comunidades de origen y de acogida, sociedad civil y sector privado pueden servir a concretar el potencial positivo de la migración en términos sociales, económicos y políticos. La OIM trabaja con todos los interlocutores clave con miras a la consecución del objetivo de encauzar la migración para beneficio de todos... **Más de dos millones de personas han sido beneficiadas por los programas desarrollados por la OIM en el período 2000-2009.**"*⁴⁰

*"La agricultura colombiana, como la de la mayoría de los países americanos, **tiene un carácter dual**, uno para el consumo interior, de subsistencia, en donde predomina el minifundio con productos como papa, maíz, yuca, cereales, leguminosas y hortalizas; y otro con destino a la exportación, con productos como café, caña de azúcar, flores y banano. En Colombia el 96% de los propietarios suman el 30% de la superficie útil. La ganadería es un sector importante, sobre todo porque está orientado al consumo interno. La silvicultura, a pesar de la gran cantidad de bosques del país, es un sector poco desarrollado. La pesca proporciona gran variedad de recursos para la economía local.*

*Aquí hay que mencionar uno de los problemas más graves de la economía colombiana, que es la producción de cocaína. Por sí solo genera una economía paralela e ilegal que desincentiva la inversión en otros sectores, y especialmente la dedicación agrícola a otros productos...*⁴¹

³⁸ Pérez. E., & Pérez. M. El Sector Rural en Colombia y su crisis actual. En: Cuadernos de Desarrollo Rural, primer semestre de 2002, N° 48. PUJ, Bogotá, Colombia. Pp 35-58. <http://cdr.javeriana.edu.co/>

³⁹ Perfetti del Corral (2009) Crisis y pobreza rural en Colombia. En: <http://www.rimisp.org/FCKeditor/UserFiles/File/documentos/docs/pdf/DTR/crisis/Crisis-pobreza-rural-Colombia-policy-briefs-DTR.pdf>. Las investigaciones que pertenecen a la serie "Crisis y pobreza rural en América Latina" fueron llevadas a cabo en: México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Colombia, Brasil, Bolivia, República Dominicana, Paraguay y Perú.

⁴⁰ OIM. 2011. <http://www.oim.org.co/QuienSomos/OIMenColombia/Hechosycifras/tabid/119/language/en-US/Default.aspx>

⁴¹ <http://geografia.laguia2000.com/economia/colombia-economia>

MARCO TEÓRICO

“Respecto al análisis de vulnerabilidad es prioritario tener una base de estudios que respondan a las necesidades de los tomadores de decisión de los sectores más vulnerables. Por lo tanto, se requiere de soportes confiables que permitan su interrelación entre las variables climáticas tomando como base la sostenibilidad de los ecosistemas y sectores productivos del país, entre los cuales los más susceptibles y vulnerables son: a) agropecuario; b) salud; c) litorales marinos; d) sistemas hídricos; e) infraestructura vital, por causa de eventos climáticos extremos; f) orobioma alto y g) ecosistemas secos.” (SCN. 2010⁴²).

“...es necesario evaluar diferentes modelos que permitan predecir a través de escenarios futuros, el comportamiento y efecto de los potenciales impactos económicos de las emisiones de GEI en los diferentes sectores productivos, especialmente los asociados o dependientes del recurso hídrico.” “...La investigación relacionada con los escenarios futuros del clima debe seguir avanzando y consolidándose en el país; este requerimiento es uno de los más importantes y más complejos debido a la necesidad de contar con múltiples escenarios en escalas temporales y geográficas distintas, que permitan hacer un análisis con menor incertidumbre sobre las amenazas futuras que Colombia enfrentará. ...el IDEAM, debe avanzar en sus modelos y considerar la información y los resultados de otros centros de investigación, buscando sinergias y complementaciones.”

El informe *Bridging the Emissions Gap* (Polar Bear. 2011)⁴³ Sugiere que el sector agrícola podría reducir para el año 2020, de 1,1 a 4,3 Gt., de CO₂^e al año a través de cambios en las prácticas ganaderas y agrícolas que reduzcan las emisiones de dióxido de carbono y mejoren el contenido de carbono de los suelos.

“...Es importante mencionar que el análisis de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático incluye, de manera no lineal ni aditiva, ... factores y condicionantes que modifican el sistema inicialmente planteado. El proceso de integración de los análisis de riesgos bajo diferentes enfoques y perspectivas es un ejemplo de ello. ... es necesario tener presente que un índice o indicador débil o extensamente agregado, puede arrojar escenarios o situaciones que desvían o enmascaran la verdadera criticidad de la amenaza y el riesgo. Por ello, resulta necesario tener una metodología uniforme para el análisis integral y multisectorial.”

“Si bien es necesario tener en cuenta los indicadores del crecimiento económico, no se debe desconocer la capacidad de los medios naturales para mejorar o mantener la utilidad y sostenibilidad de las generaciones futuras. Es necesario tener presente la perspectiva de una economía ecológica, donde el capital natural y el elaborado, sean vistos de manera complementaria y no alternativa, además de diferenciar el capital natural como factor limitante de los sectores productivos.” (SCN. 2010⁴⁴).

“...debido a la magnitud y complejidad del tema, sus efectos potenciales y la alta vulnerabilidad del país, hay que disponer más recursos propios e internacionales para comprender el fenómeno y, sobre todo, para diseñar y poner en marcha las medidas de adaptación.” (SCN. 2010⁴⁵).

⁴² SCN. Capítulo 7. OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES. Gestión de la información

⁴³ <http://www.unep.org/publications/ebooks/bridgingemissionsgap/>

⁴⁴ SCN. Capítulo 7. OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES. Investigación participativa y aplicada para los sectores más vulnerables

⁴⁵ SCN. Capítulo 7. OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES. Necesidades financieras

"...con los resultados iniciales, los ajustes durante el proceso y las holguras determinadas en función de modelos que reduzcan los márgenes de incertidumbre: En los cuerpos de agua: a) El desarrollo de la política para el recurso hídrico debe mantener el "hilo conductor" con los demás recursos, no sólo en lo instrumental sino en lo estructural. b) Apoyos o incentivos parcialmente evaluados, sin analizar los potenciales cambios a largo plazo, pueden dificultar el desarrollo de otros sectores y ecosistemas que dependen aguas abajo del recurso hídrico. c) Un mejor conocimiento de los recursos de agua subterráneos hace necesario mejorar su investigación para revisar las diferentes valoraciones de vulnerabilidad y riesgos para los sectores y ecosistemas".

"En las comunidades más vulnerables: a) No es redundante analizar los conflictos con el acceso a recursos naturales y espacios suficientes para asegurar condiciones dignas de la población pobre. b) Los indicadores de equidad, más allá de buscar la redistribución de ingresos, son una necesidad imperiosa. c) El avance que se realice debe partir del empoderamiento de quienes son el fin y el medio para asegurar la sostenibilidad de las medidas y resultados.

La identificación cruzada con la gestión ambiental a largo plazo: a) Es importante que los temas de cambio climático y variabilidad climática no se vean como un anexo o condición para el cumplimiento de compromisos puntuales. El enfoque de análisis transversal debe ser una constante en las gestiones que involucren procesos a largo plazo. b) Elaborar indicadores y formas de monitoreo y seguimiento en los diferentes recursos naturales deberán ser de especial significancia. La validación cruzada podría servir como guía para abordar la temática. c) Dada la ciclicidad y recurrencia de los fenómenos climáticos, junto con la posibilidad de tener efectos significativos en el primer periodo de análisis (2011 a 2040), resultan decisivas las gestiones que se adopten desde ahora para hacer frente a impactos o fenómenos futuros." (SCN. 2010⁴⁶).

"...basadas en una evaluación previa de la vulnerabilidad, de tal forma que involucre: a) los bienes y servicios que prestan los ecosistemas; b) la optimización de la ordenación territorial; c) las variables socioeconómicas e institucionales junto con las condiciones técnicas para establecer la capacidad de adaptación al cambio climático. •Evaluación de riesgos asociados con eventos extremos, relacionados con las variables hidro-meteorológicas. •Valoración de la vulnerabilidad con base en la metodología presentada en la SCN, con el fin de permitir la interrelación y discusión entre los diferentes sectores, ecosistemas y grupos de interés." (SCN. 2010⁴⁷).

"...el ordenamiento territorial debe involucrar la evaluación de la vulnerabilidad, la amenaza y el riesgo para identificar de manera cuantitativa si los determinantes ambientales son realmente utilizados como criterios válidos y prácticos, más allá de la simple conceptualización y acepción dada por cada administrador." (SCN. 2010⁴⁸).

DEFINICIONES SEGÚN EL IPCC Y LA SCN

Capacidad adaptativa: "Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, incluidas la variabilidad climática y los fenómenos extremos, con el fin de moderar los daños potenciales, de beneficiarse de las oportunidades o de afrontar las consecuencias." (IPCCa, 2007, p. 101).

Adaptación autónoma: "Adaptación que no constituye una respuesta consciente a estímulos climáticos, sino que es desencadenada por cambios ecológicos de los ecosistemas naturales o por alteraciones del mercado o bienestar de los sistemas humanos. Se denomina también, adaptación espontánea" (IPCCa, 2007).

⁴⁶ SCN. Capítulo 7. Otras necesidades

⁴⁷ SCN. Capítulo 7. Plan nacional de adaptación al cambio climático

⁴⁸ SCN. Capítulo 7. Arreglo institucional y lineamiento para los planes nacionales de adaptación y mitigación

Adaptación planificada: "Adaptación resultante de una decisión expresa en un marco de políticas, basada en reconocer que las condiciones han cambiado o están próximas a cambiar, y que es necesario adoptar medidas para retornar a un estado deseado, para mantenerlo o alcanzarlo" (IPCCa, 2007). En el documento SCN. 2010 se asimila a la disposición o voluntad de adaptación planificada.

Vulnerabilidad prevalente: Término usado para la estimación de índices de desastres locales y se refiere a las problemáticas del desarrollo que favorecen los fenómenos peligrosos y están asociados con deficiencias, inseguridad y fragilidades preexistentes. Está relacionada con el conjunto de condiciones desfavorables que prevalecen: La **fragilidad socioeconómica de la población**, representada en el nivel de disparidad social e inequidad económica, la falta de educación, salud y otros servicios básicos; los **desequilibrios regionales y locales**; el **desplazamiento de población** y la **diferenciación de la capacidad agropecuaria**.

Capacidad de adaptación: La unión de la condición técnica o disposición planificada al cambio climático y la capacidad socioeconómica e institucional. Isoard, Grothmann & Zebisch, 2008; en: European Topic Centre on air and climate change. ETC/AAC Technical paper 2008/9. Dec./08. p. 4.

Vulnerabilidad inherente: El grado de susceptibilidad o de capacidad natural de un sistema o territorio para afrontar los efectos adversos del cambio climático, sin tener en cuenta la capacidad de adaptación (capacidad socioeconómica e institucional ni la disposición o voluntad de adaptación planificada al cambio climático). El Cuarto Reporte del IPCC 2007 (En SCN. 2010) define la vulnerabilidad como "el grado en el cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos. Que a su vez es función del carácter, magnitud, y el ratio del cambio climático; así como de la variación a la cual un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa".

Por lo anterior la vulnerabilidad de un sistema se ciñe al grado de amenaza a que se expone, el nivel de sensibilidad interna que le afecta, y su capacidad de adaptación para reducir el impacto esperado. Aunque la vulnerabilidad se debe a los impactos esperados por el grado de amenaza, y nivel de sensibilidad del sistema, el mayor o menor grado de vulnerabilidad depende de su capacidad de adaptación. Y para enfrentar los impactos del cambio climático, depende de la resiliencia de los sistemas ecológico, social y económico, y sus sinergias.

Vulnerabilidad: Grado de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. Las pérdidas potenciales son el referente del impacto potencial (Varnes. 1984, en Suárez, 1998. En: SCN. 2010). Es necesario resaltar que la **vulnerabilidad** se considera como los **impactos residuales del cambio climático**, luego que **han sido implementadas las medidas de adaptación**. La expresión adoptada en la presente metodología se basa en la siguiente expresión (SCN. 2011) Ecuación 4:

$$\text{Vulnerabilidad} = [\text{Impactos potenciales negativos}] - [(\text{Impactos potenciales negativos}) \times \text{Capacidad de adaptación}]$$

De los conocimientos respecto a análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo, diferentes referencias de la literatura relacionan los factores o variables con la siguiente expresión:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza (Peligro o Evento climático Adverso)} \times \text{Vulnerabilidad (Ecuación 1. SCN. 2010)}$$

Chow, Maidment y Mays (1994, p. 433. En: SCN. 2010) definen el **riesgo hidrológico natural** o inherente de falla a través de la ecuación 2: $R = 1 - [1 - P(X > X_T)]^n$. Al re-expresar esta ecuación del **riesgo** se tiene la ecuación 3: $R = 1 - [(1 - 1/T)]^n$. Donde: $P(X \geq X_T) = 1/T$; n : es la vida útil de la estructura; R : es la probabilidad de que un evento $X \geq X_T$ ocurra por lo menos en n años.

ILUSTRACIÓN 9: Metodología general para el análisis de la vulnerabilidad.⁴⁹



Vulnerabilidad representa:

1. **Exposición:** Amenaza en el territorio y en el sector, para el caso, la cadena productiva.
2. **Sensibilidad**
3. **Impacto**
4. **Capacidad de adaptación.**

Según el documento de la SCN (2010):

Amenaza natural: *Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un determinado periodo de tiempo. Es la probabilidad de ocurrencia (amenaza) del evento adverso, operada en forma multiplicativa por las pérdidas (impacto) o vulnerabilidad, determina el riesgo de pérdida de bienes, servicios o funcionalidad.*

MODELO DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD PARA EL SECTOR AGROPECUARIO

DEFINICIONES PARA EL PROYECTO⁵⁰

Amenaza: Probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso derivado de la presencia de variabilidad y cambio climático, que tenga la potencialidad de generar daños y pérdidas al sector agropecuario en un contexto socioeconómico, temporal y espacial determinado.

Exposición: Determina la ubicación espacial del sector agropecuario que puede ser afectada por los cambios en precipitación y temperatura.

Sensibilidad: Nivel de afectación del sector en respuesta a la variabilidad y cambio climático.

Impacto potencial: Grado de afectación del sector agropecuario como resultado de la alteración en la precipitación y la temperatura. El impacto potencial es el resultado del análisis conjunto de los componentes de exposición y sensibilidad.

Capacidad de adaptación: Estrategias, recursos y habilidades con que cuenta el sector, que le permiten adaptación a la variabilidad y al cambio climático, con la moderación de los impactos potenciales, aprovechamiento de oportunidades y contrarrestar las consecuencias.

⁴⁹ IPCC, 2007. Cuarto Informe de Evaluación, CIE. En: SCN. 2010

⁵⁰ Diana Figueroa C. Contrato 362/2011. Experta SIG del Proyecto Jessica Zapata J. Contrato 330 de 2011

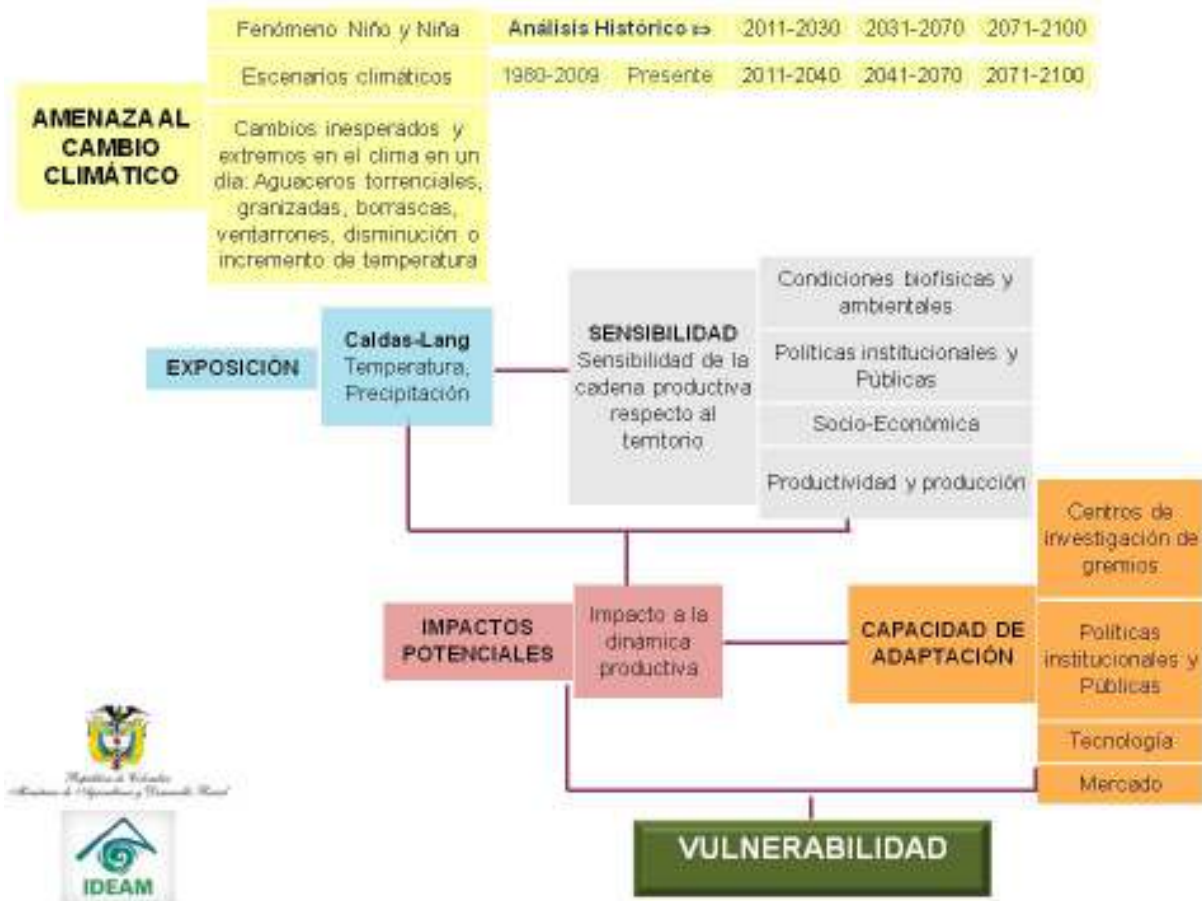
Vulnerabilidad: Grado en que el sector agropecuario es capaz o incapaz de enfrentar los efectos adversos de la variabilidad y cambio climático. Los impactos residuales considerando la capacidad de adaptación.

Murcia., D. M., y Pajarito., D. F., (PRICC. 2011) expresan la vulnerabilidad en términos matemáticos como: $V = IP - CA$

Impacto Potencial **IP** = Exposición x Sensibilidad
CA = Capacidad de adaptación
V = Vulnerabilidad.

Respecto a la producción de **agro-combustibles**, además de la vulnerabilidad intrínseca al Cambio Climático, están presentes los **peligros** por el deterioro de las tierras y uso del agua; sin olvidar que el cambio en el uso de la tierra afecta la oferta alimentaria, la concentración de la propiedad, la exclusión de los pequeños y medianos productores, y tiene impactos sobre la biodiversidad⁵¹.

ILUSTRACIÓN 10: Modelo de Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático del Sector Agropecuario



El sector agropecuario de Colombia, debido a la composición topográfica de la Nación, a la diversidad climática, de recursos biológicos, ecosistemas y culturas, está estructurado por sistemas productivos con diferentes características y relaciones dentro del territorio, que determinan su funcionamiento, pertinencia y permanencia, en un determinado espacio geográfico.

⁵¹ Ascher. M., et al. IICA. 2010

Para el proyecto, de manera preliminar las Cadenas Productivas (CP) del Sector Agropecuario fueron clasificadas en tres categorías, respecto a su distribución en el territorio y estructura:

CP1. Cadena Productiva diversificada, dispersa en el territorio, con alta dependencia del agua de las lluvias; múltiples relaciones comunitarias, espacio-ambiente-ecosistemas y alta diversidad biológica. Incipiente estructura gremial con nula o poca infraestructura y equipamiento para investigación, agregar valor a su producción primaria, u otras actividades económicas, y falta de personal calificado. Es común que no tengan acceso directo al sector secundario o terciario.

CP2. Cadena Productiva en actual expansión territorial, con incremento permanente en la concentración de la tenencia de la tierra y creciente fraccionamiento de ecosistemas, con disminución de la biodiversidad, cantidad y calidad del recurso hídrico. Medianas relaciones comunitarias, buena estructura gremial, infraestructura, equipamiento y personal calificado, para investigación, agregación de valor, y acceder por si misma al sector terciario por medio de un eje central económico-productivo.

CP3. Cadena afincada, con alta concentración en la tenencia y uso de la tierra, y expansión territorial con amplia división y pérdida de ecosistemas, y alta dependencia de sistemas de riego. Tiene excelente infraestructura, equipamiento y personal calificado para investigación y desarrollo, agregación de valor, entre otros componentes; su eje económico, aunque depende de una sola producción primaria, tiene amplia diversificación en los sectores secundario, y en especial en el terciario.

ILUSTRACIÓN 11: Categorías de Cadenas Productivas del sector agropecuario, respecto a su distribución en el territorio, y su estructura CP1



CP2



CP3



Como se observa en las figuras anteriores, la vulnerabilidad al cambio climático de la cadena productiva tiene estrecha relación con su distribución territorial. Las amenazas al cambio climático y sus dinámicas (Exposición, Sensibilidad, Impacto potencial, Capacidad de adaptación) no alteran por separado al territorio, al sector agropecuario y sus cadenas productivas, aunque el análisis de vulnerabilidad puede dar resultados diferentes según las sinergias de la CP con el territorio, sus ecosistemas, condiciones biofísicas, y pobladores.

Como ejemplo, la SCN (2010) en el *análisis de vulnerabilidad ambiental del territorio* (2011-2040) reporta que para agricultura: •71% del total del área de café (869.000 ha,) tendría alta y muy alta vulnerabilidad. •50% de las zonas de pasturas podrían verse comprometidas. •Minifundio con muy alto-alto impacto (47%) por reducción de la precipitación media anual (>10%).

Según la ANDI (2009)⁵² es su encuesta de opinión industrial, la percepción empresarial frente al cambio climático es de alto nivel de preocupación, reflejado en que 69,7% de los empresarios colombianos consideran que su negocio será afectado por el fenómeno. Entre las medidas que tomarán para mitigar el cambio climático en los siguientes cinco años, se destacan: Eficiencia energética (80,3%) el 47,4% hará cambios en los procesos productivos, el 24,9% aportará para proteger ecosistemas, y el 24,4% planea acciones para neutralizar las emisiones de carbono.

Respecto a la adaptación al cambio climático, para los países emergentes el cambio climático afecta su desarrollo sostenible y capacidad de alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas -ODM para el 2015 (UNDP, 2008. En: SCN, 2010). Por lo tanto, para el desarrollo del Modelo de Análisis de Vulnerabilidad del Sector Agropecuario, es necesario tener en cuenta el desarrollo sostenible de sus cadenas productivas.

COMPONENTES DEL MODELO

AMENAZA CLIMÁTICA: Correlación del cambio climático (en lo posible con los escenarios con concentración de CO₂ atmosférico), con la variación del clima a través del tiempo (pasado, actual y futuro).

ILUSTRACIÓN 12: Amenaza climática. Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario

	Fenómeno Niño y Niña	Análisis Histórico ⇒	2011-2030	2031-2070	2071-2100	
	Escenarios climáticos	1980-2009	Presente	2011-2040	2041-2070	2071-2100
AMENAZA AL CAMBIO CLIMÁTICO	Cambios inesperados y extremos en el clima en un día: Aguaceros torrenciales, granizadas, borrascas, ventarrones, disminución o incremento de temperatura					

“La amenaza está dada por el cambio en los regímenes de precipitación y temperatura de una situación normal o histórica a una situación anómala; donde los regímenes cambien abruptamente y desencadenen otros efectos adversos, estos pueden ser considerados bajo dos puntos de vista: 1. Fenómenos climáticos directos (alteración en promedios de precipitación y temperatura por el cambio climático, y variabilidad climática; 2. Eventos derivados de la variabilidad climática (inundaciones, heladas, incendios, entre otros)” Murcia., D. M. et al, PRICC. 2011.

ILUSTRACIÓN 13: Sensibilidad en el Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario

SENSIBILIDAD Sensibilidad de la cadena productiva respecto al territorio	Condiciones biofísicas y ambientales
	Políticas institucionales y Públicas
	Socio-Económica
	Productividad y producción

SENSIBILIDAD: Obedece a la resiliencia de la producción primaria (más sensible si los impactos son fuertes con pequeñas variaciones climáticas) y el efecto puede ser directo (Pérdida de producción por granizadas) o indirecto (Mayor costo de manejo por erosión hídrica). *“El índice de sensibilidad es el resultado de la aplicación del álgebra de mapas a los conjuntos de*

variables representadas en el modelo raster⁵³” (Murcia., D. M. et al, PRICC. 2011).

⁵² Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. En: SCN. 2010

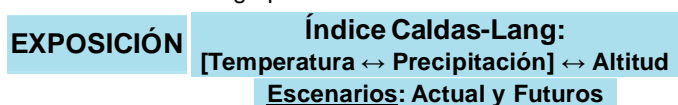
⁵³ Modelo raster: Divide el marco geográfico en unidades cuadradas (pixeles) de igual tamaño, asienta en cada pixel el valor registrado de una variable de ese espacio

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN: "En términos estadísticos, estimar la capacidad de adaptación ante el cambio climático es compleja, pues no hay indicadores directos para medirla; para abordarla se apela a la integración de indicadores indirectos que permitan entender las condiciones con que cuenta la sociedad, para enfrentarse a la amenaza climática. Se refiere a la facultad del sistema socio-económico - institucional para afrontar las vicisitudes e impactos que genere el cambio climático sobre los ecosistemas, la CP y la población" (IPCC. 2007. En: Murcia., D. M. et al, PRICC. 2011).

ILUSTRACIÓN 14: Capacidad de adaptación en el Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario



ILUSTRACIÓN 15: Exposición en el Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario



Exposición: El grado de exposición del territorio se adjunta a la amenaza (Correlación del cambio climático, con la variación del clima a través del tiempo -

Escenarios pasado, actual y futuro; Niño, Niña-); busca interpretar las tendencias de variación en el clima en el territorio, por medio del índice Caldas-Lang, desde un modelo raster de precipitación, temperatura y altitud sobre el nivel del mar (debido a la localización tropical) el cálculo es con álgebra de mapas (división entre precipitación y temperatura $P \div T$) que produce un valor positivo (índice de Lang), las categorías del índice, también con el modelo raster, son asociadas con la altitud (pisos térmicos) y genera el índice Caldas-Lang. Se comparan los índices para valorar las variaciones y magnitud (Murcia., D. M. et al, PRICC. 2011).

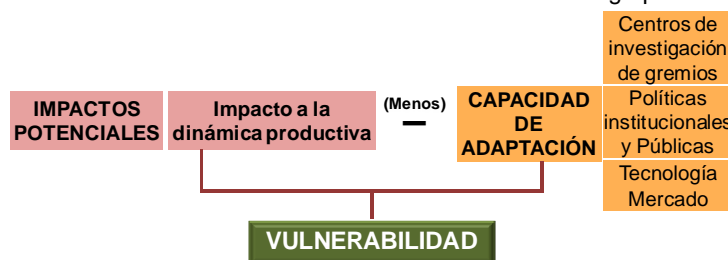
Impactos potenciales: Expresados en términos cualitativos de 1 a 5 (muy alto a muy bajo) y son de alta significancia en el análisis de las Cadenas productivas de sector agropecuario, pues pueden ser representados en términos numéricos, incluida la valoración económica de daños vs inversiones para mitigarlos; son indicadores clave para decidir estas últimas.

ILUSTRACIÓN 16: Impactos potenciales en el Análisis de Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario



VULNERABILIDAD:

ILUSTRACIÓN 17: Vulnerabilidad de las CP del Sector Agropecuario



VARIABLES E INDICADORES TÉCNICO-AMBIENTALES

Tema	Variables	Unidad medición	Anotaciones	Indicadores	
Condiciones Biofísicas y Ambientales	SUELO				
	1. Geomorfología	m.s.n.m., m., %	-Altitud sobre el nivel del mar y/o respecto al eje de la cuenca, -Pendiente		
	2. Condiciones físicas, químicas y biológicas				
	3. Clasificación taxonómica				
	4. Textura				
	5. Profundidad efectiva	Cm			
	6. Condiciones de drenaje				
	AGUA				
	1. Oferta hídrica	Aguas corrientes m ³ /seg., Aguas lénticas (m ³ /mes), profundidad m. lineales		-Caudal en la cuenca (parte alta, media y baja de la zona ocupada por la CP), -Volumen de: Humedales de la zona, acuíferos subterráneos. -Cosecha (Reservorios construidos)	Excedente (%) respecto a la media y a la moda
	2. Demanda hídrica en cada etapa de la CP	(m ³ /ha./mes, m ³ /ton. producto seco/mes, m ³ /m ³ prod. líquido/mes		De fuentes hídricas naturales superficiales, -Acuíferos subterráneos, -Concesiones; -Reservorios, -Acueductos municipales; -Fugas y pérdidas	Consumo (%) respecto a la oferta hídrica natural y de agua cosechada
	3. Calidad del agua de oferta	%/m ³		Sedimentos, DBO, DBQ, ST, STS	Contaminación por materia orgánica, sedimentos, químicos
	4. Agua revertida a la cuenca	m ³ /ha./mes, m ³ /ton. prod./mes, m ³ /ton. prod. Transformado/mes			Eficiencia en el uso (Demanda - agua revertida)/100
	5. Calidad del agua revertida	%/m ³		Sedimentos, DBO, DBQ, ST, STS	Contaminación por m. o, sedimento, químicos
	6. Inundaciones	m ³ , ha, m. lineal		Incluir cotas máximas, mínimas, distancias cubiertas desde el eje de la fuente, profundidad	Variación (%) respecto a la media y moda históricas
	7. Sequías				Índice de escasez de agua
	AMBIENTALES				
	1. Ecosistemas del territorio	ha.			% de existencia vs territorio, y CP
	2. Estado de las micro-cuencas	km. y cantidad			Índice de biodiversidad /km ²
	3. Relictos de vegetación nativa	ha., y cantidad		Guadales, corredores riparios, relictos de bosque	% de existencia vs territorio, y CP
	4. Barreras vivas	km. y cantidad		En lo posible especies y n°	km. lineales/km ²
	5. Cantidad y calidad de recursos hídricos superficiales	Km ² y cantidad			Índice de biodiversidad acuática/km ²
	6. Calidad de acuíferos subterráneos	m ³ y cantidad			% de contaminación, % pérdida de acuíferos
	Producción, Productividad	1. Propiedad de la tierra	ha.	Clasificar por ha./productor agrícola, pecuario, acuícola, otros	% propiedad/tamaño
2. Usos del suelo		ha.		% en la CP vs otros usos	
3. Producción		ton./ha.	Fraccionamiento de biomasa		
3a. Productividad Orgánica 3b. P. Química		kg., l., finales/ton cosechada	Lo anterior más subproductos, usos; desechos (si hay)	Rendimientos (%)	

Tema	Variables	Unidad medición	Anotaciones	Indicadores
	4. Otras que genere la producción primaria			
	5. Nivel mecanización en la CP	Kw/hora, gl./hora	Maquinaria, equipos, movilidad	Eficiencia (%)
	6. Tecnologías en la CP			Eficiencia (%)
	7. Insumos	ton./ha., m ³ /ha., kg./ton. l./ton.	Insumos químicos, biológicos, orgánicos/etapa de la CP, envases, empaques	% del costo total/etapa de la CP

BIBLIOGRAFÍA

- Ascher. M., Ganduglia. F., Vega. O., Abreu. F., Macedo. J., IICA – San José, C.R : IICA, 2010. América Latina y el Caribe. Mapeo político-institucional y análisis de la competencia entre producción de alimentos y bioenergía. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2010/98 p.; 22 cm X 27 cm. ISBN13: 978-92-9248-252-7. 1. Bioenergía 2. Combustibles 3. Alimentos 4. Seguridad alimentaria 5 América Latina 6. Caribe.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. 2010: "Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". ISBN: 978-958-8067-31-5. Junio de 2010, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. 2001: "Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático" ISBN 958-8067-04-9. 2011, Colombia.
- Mora C.J. 1998: "Apuntes sobre el origen de la caña e historia del gremio panelero. En: Manual de caña de azúcar para la producción de panela". Corpoica, Sena. Bucaramanga, Colombia.
- Murcia., D. M. Pajarito., D. F., PRICC. 2011. Metodología para la estimación de la vulnerabilidad - PRICC Bogotá, Cundinamarca. Sin Publicar
- Polar Bear @ Peter Prokosch, GRID-Arendal. PNUMA. 2011. Es factible reducir la disparidad en las emisiones para no superar el límite de 2 °C Wed, Nov 23, 2011.
- Ramos O.G. 1995: "Solera de la caña de azúcar". En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Eds. Cassalet C., Torres j e isaacs C. Cenicaña, Cali, Colombia.
- Ruiz., F., & Martinez., M.C. 2007: "Report on Activities Performed in MRI-Japan to Simulate Climate in Colombia and the A1B Scenario with the Japanese Model using a Resolution of 20 x 20 Km. Visualizing Future Climate in Latin America: Results from the application of the Earth Simulator. Latin America and Caribbean Region Sustainable Development" Working Paper 30, 43-59.
- Ruiz., J.F., DEAM - Subdirección de Meteorología. 2010: "Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (panorama 2011-2100)". DEAM-METEO/005-2010. Nota técnica IDEAM.

OTRAS REFERENCIAS CONSULTADAS

- Braun, J von. 2008. Why Are They Rising, Who Is Affected, How Are They Affected, and What Should Be Done? (Ponencia). En: Conferencia Addressing the Challenges of a Changing World Food Situation: Preventing Crisis and Leveraging Opportunity. Washington, DC, USAID.
- CEPAL; International Development Research Centre -IRDC. 2007. Progreso técnico y cambio estructural en América Latina. Documento de proyecto. Comisión Económica para ALC. IRDC, CA. <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/32409/LCW136.pdf>
- CEPAL. 2007a. Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina. Razo C.; Astete-Miller, S., Saucedo, A; Ludeña, C. (LC/L.2768-P). <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2007/00999.pdf>
- _____. 2007b. Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina. Serie desarrollo productivo. no 181. Unidad de Desarrollo Agrícola. División de Desarrollo Productivo y Empresarial. Santiago, CL.
- _____. 2008. Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en ALC: Elementos para la formulación de políticas públicas. Santiago de CL.
- _____. 2009. Biocombustibles y comercio internacional: una perspectiva Latinoamericana.
- _____; FAO; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA. 2009. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO; Comisión Económica para América Latina y el Caribe -CEPAL. s.f. Oportunidades y riesgos del uso de la bioenergía para la seguridad alimentaria. <http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/bioenergia/pdf/bioenergia.pdf>
- FAO. 2001. Unified Wood Energy Terminology UWET. Departamento de Montes. <http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/j0926s00.htm>
- _____. 2005. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe de la subregión Amazónica. Roma, IT, Dep de Montes. ESFAL/SR/1.

_____. 2008a. Oportunidades y desafíos de la producción de biocombustibles para la seguridad alimentaria y del medio ambiente, 30ª Conferencia Regional de la FAO para ALC, Brasilia, Brasil.

_____. 2008b. Bosques y energía. Cuestiones clave. Roma, IT, Montes 154.

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0139s/i0139s00.pdf>

_____. 2008c. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Biocombustibles: Perspectivas, riesgos y oportunidades. Roma, IT. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s.pdf>

_____. 2008d. Panorama del hambre en ALC. <http://www.rlc.fao.org/es/politicas/pdf/panorama.pdf>

Naciones Unidas -UN. 2007. Bioenergía sostenible: un marco para la toma de decisiones. Trad. Oficina de la FAO en América Latina y el Caribe. <http://www.oei.es/decada/biocombustible.pdf>

Wassenaar, T *et al.* 2007. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change* 17. 86-104 p.

GLOSARIO