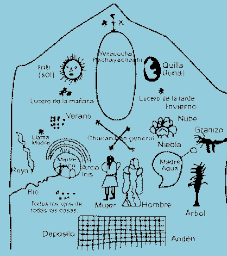




INTE-PUCP
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA
NATURALEZA, TERRITORIO Y
ENERGÍAS RENOVABLES



PUCP

Balance hídrico en los Andes peruanos

Presente y futuro de la oferta-demanda de
agua y su potencial de riesgo en el marco del
cambio climático



Segunda Mesa de Reflexión Ambiental (INTE-PUCP)
KAWSAYPACHA 2013

Fabian Drenkhan



10.10.2013



Balance hídrico en los Andes peruanos

Presente y futuro de la oferta-demanda de agua y su potencial de riesgo en el marco del cambio climático

- 1. Marco contextual general y específico**
- 2. Área de interés**
- 3. Metodología**
- 4. Preguntas de investigación**

Marco contextual

■ Recursos hídricos en zonas de alta montaña y el Perú

- Más del 80% de agua dulce en las regiones (semi)áridas de las zonas (sub)tropicales originan de áreas de alta montaña afectando a más que la mitad de la población mundial [MESSERLI, 2001]
- 95% de la población peruana depende directamente de agua proveniente de zonas alto-andinas; **~65% de ellos disponen de 1,8% del total de los recursos hídricos** [MINAM 2010]

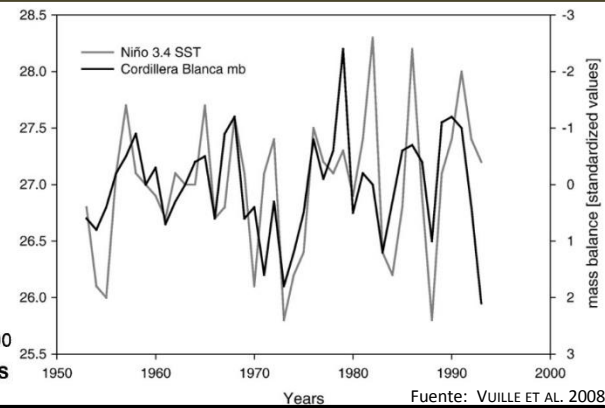
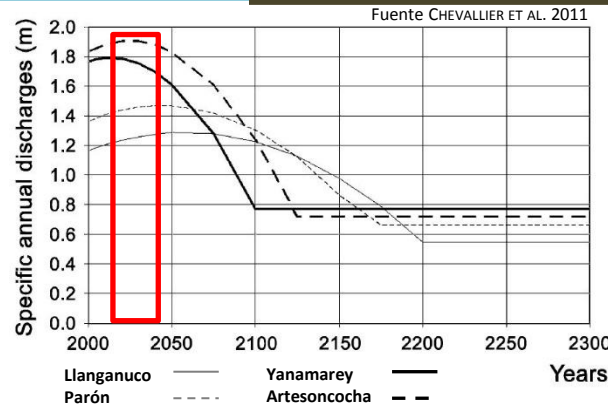
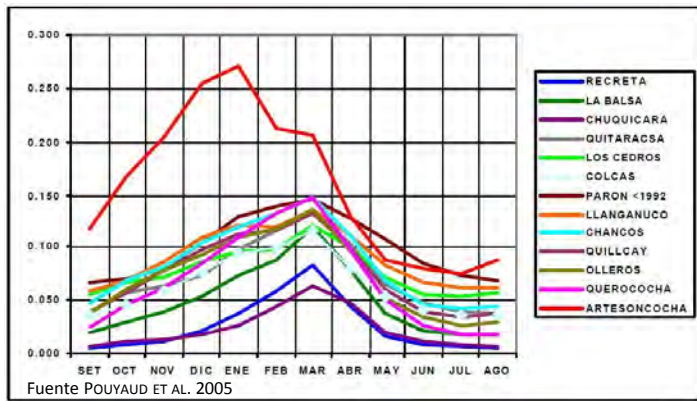
■ Impactos del cambio climático en recursos hídricos de alta montaña

- En un ambiente más cálido **menos precipitación cae de forma sólida**, se genera fusión de nieve anticipada lo cual lleva a una **alteración del ciclo hídrico** [BARNETT ET AL., 2005]
- **Retroceso glaciar acelerado** en las últimas décadas **disminuye significativamente la capacidad del constante suministro de agua** para mayor parte de la población

■ Nuevos desafíos para el Perú

- **Demografía**: población rural marginalizada; **alta vulnerabilidad y baja resiliencia** frente a los impactos del cambio climático
- **Agricultura**: pilar de la economía; con **80% mayor consumo hídrico** de todos los sectores [MINAG 2009]
- **Hidroeléctricas**: producen **59% de la energía** a nivel nacional [MINAM 2010]

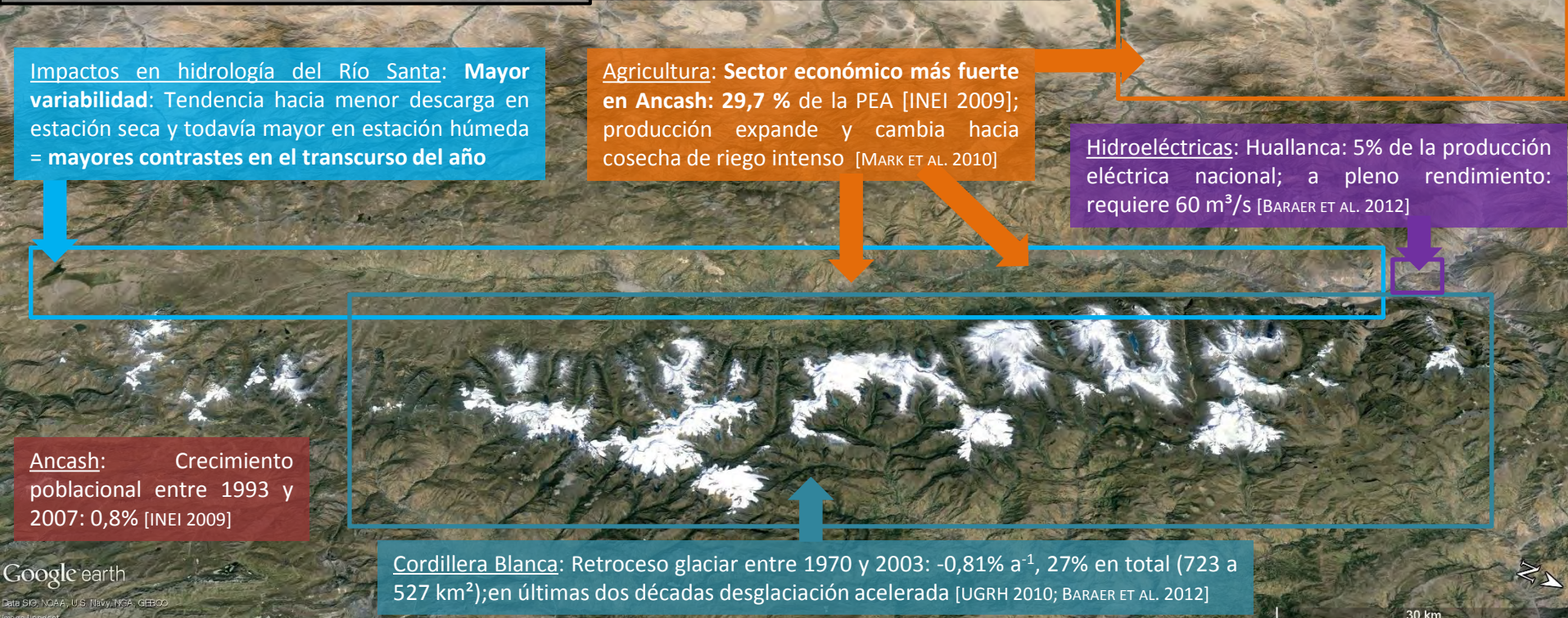
NECESIDAD DE ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARIOS



Patrones hidroclimáticos en región: >80% de precipitación cae en estación húmeda (octubre-mayo), el resto del año prevalece descarga de agua freática y deshielo [MARK ET AL. 2010; BURY ET AL. 2011]

Proyecciones de descarga anual a largo plazo: “Peak water” y nuevo caudal mínimo consecutivo en el Callejón de Huaylas. [CHEVALLIER ET AL. 2011; BARAER ET AL. 2012]

Variabilidad interanual ENSO: Correlación con el balance de masa glaciar (El Niño: negativa; La Niña: equilibrada o positiva) [VUILLE ET AL. 2008]



Impactos en hidrología del Río Santa: Mayor variabilidad: Tendencia hacia menor descarga en estación seca y todavía mayor en estación húmeda = **mayores contrastes en el transcurso del año**

Agricultura: Sector económico más fuerte en Ancash: 29,7 % de la PEA [INEI 2009]; producción expande y cambia hacia cosecha de riego intenso [MARK ET AL. 2010]

Hidroeléctricas: Huallanca: 5% de la producción eléctrica nacional; a pleno rendimiento: requiere 60 m³/s [BARAER ET AL. 2012]

Ancash: Crecimiento poblacional entre 1993 y 2007: 0,8% [INEI 2009]



Cordillera Blanca: Retroceso glaciar entre 1970 y 2003: -0,81% a⁻¹, 27% en total (723 a 527 km²); en últimas dos décadas desglaciación acelerada [UGRH 2010; BARAER ET AL. 2012]



OFERTA DE AGUA



University of Stuttgart
Germany



INTERACCIONES CLIMA-GLACIAR-AGUA

- **Precipitación**
 - TRMM 3B42V7 / 2B31V7
 - Datos in-situ
- **Evapotranspiración - Cobertura de Nieve**
 - MODIS MOD16 / MODIS MOD10
- **Descarga hídrica**
 - Datos in-situ

DEMANDA DE AGUA



University of
Zurich UZH
GIUZ

SECTOR SOCIOECONÓMICO

- Zonas urbanas

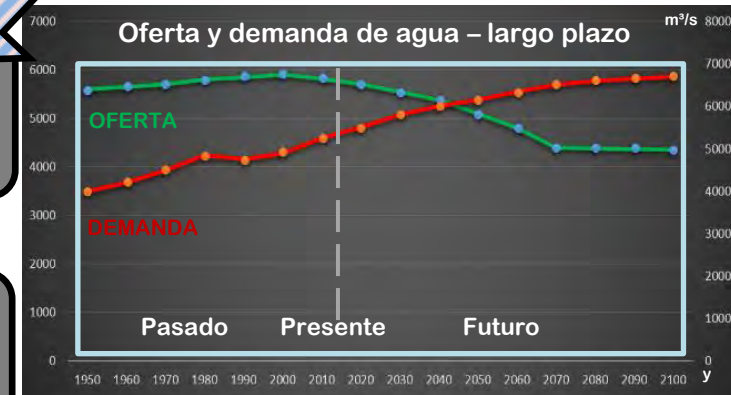
SECTOR AGROINDUSTRIAL

- Agricultura
- Hidroeléctricas
- Industrias (extractivas)



MODELOS DE BALANCE

ANÁLISIS DEL RIESGO



MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS

ESTRATEGÍAS DE ADAPTACIÓN

ESCENARIOS FUTUROS

Puntos críticos

- **Dificultades para la elaboración de un modelo hídrico integrativo adecuado**
 - La **mayoría de datos in-situ** (estaciones climáticas y hidrológicas) **no están calibrados; series discontinuas y espacialmente mal distribuidas**
 - **Papel del agua subterránea:** tendencia a simplificar esta variable en modelos; estudios demuestran que brinda > 50% de caudal total en estación seca [CHEVALLIER ET AL. 2011; BURY ET AL. 2011; BARAER ET AL. 2011]
 - No existen patrones unívocos con respecto a la futura **intensidad y magnitud de ENSO-eventos** para incorporarlos en el modelo [p. e. VUILLE ET AL. 2008]

- **¿En qué momento se está cruzando el punto crítico de transición de un incremento de caudal hacia una disminución de los recursos hídricos?**
 - Mayoría de estudios: punto será traspasado en el futuro cercano
 - BARAER ET AL. (2012) muestran **evidencias de ya haberlo cruzado en el Río Santa**

- **Vulnerabilidad y resiliencia de la población**
 - Generalmente: población marginalizada, **socioeconómicamente débil = altamente vulnerable frente a impactos del cambio climático**
 - Sin embargo: **Perú traspasa cambios socioeconómicos acelerados** – ¿qué cifras socioeconómicas representan mejor a la población para escenarios de demanda-oferta de agua?



- Baraer, M., Mark, B. G., McKenzie, J. M., Condom, T., Bury, J., Huh, K.-I., Portocarrero, C., Gómez, J. & S. Rathay (2012): **Glacier recession and water resources in Peru's Cordillera Blanca.** – Journal of Glaciology, 58 (207), pp. 134-150, Cambridge, UK.
- Barnett, T. P., Adam, J. C. & D. P. Lettenmaier (2005): **Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions.** – Nature, Reviews, 438 (17), pp. 303-309, Nature Publishing Group, London.
- Bury, J. T., Mark, B. G., McKenzie, J. M., French, A., Baraer, M., Huh, K. I., Zapata, M. & J. Gómez (2011): **Glacier recession and human vulnerability in the Yanamarey watershed of the Cordillera Blanca, Peru.** – Climatic Change, 105, pp. 109-206, Springer, Berlin.
- Buytaert, W., Vuille, M., Dewulf, A., Urrutia, R., Karmalkar, A. & R. Céleri (2010): **Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management.** – Hydrology and Earth System Sciences, 14, pp. 1247-1258, European Geosciences Union, Göttingen.
- Chevallier, P., Pouyaud, B., Suarez, W. & T. Condom (2011): **Climate change threats to environment in the tropical Andes: glaciers and water resources.** – Regional Environmental Change, 11 (Suppl. 1), pp. 179-187, Springer, Berlin.
- Mark, B. G., Bury, J., McKenzie, J. M., French, A. & M. Baraer (2010): **Climate Change and Tropical Andean Glacier Recession: Evaluating Hydrologic Changes and Livelihood Vulnerability in the Cordillera Blanca, Peru.** – Annals of the Association of American Geographers 100 (4), pp. 794-805, Taylor & Francis, New York.
- MINAM (2010): **El Perú y el Cambio Climático. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2010.** – Fondo Editorial MINAM, Lima.
- UGRH (2010): **Inventario de Glaciares.** – Ministerio de Agricultura, ANA-DCPRH, 81 pp, Lima.
- Vuille, M., Kaser, G. & I. Juen (2008): **Glacier mass balance variability in the Cordillera Blanca, Peru and its relationship with climate and the large-scale circulation.** – Global and Planetary Change, 62 (1-2), pp. 14-28, Elsevier, Amsterdam.