



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

La reconstrucción de la dinámica fluvial y su conexión con la variabilidad climática a partir de fuentes documentales y registros instrumentales

Juan Carlos Peña Rabadán

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Marco fisiográfico y socioeconómico

2.1.1. Generalidades

Suiza se extiende entre los paralelos 45°49'05 y 47°48'30 y los meridianos 5°57'23 y 10°29'31. Su forma es un cuadrilátero irregular, de los cuales la mayor longitud de Este a Oeste es 350 kilómetros, y la mayor anchura de Norte a Sur es casi 220 kilómetros, abarcando una superficie de 41.285 km² (Federal Department of Statistics, 2009). Es un país sin salida al mar, geográficamente dividido en tres regiones: los Alpes, la Meseta Suiza y el Jura (ver figura 2.1). A ellas cabe añadir la zona de Basilea, situada en la fosa tectónica renana, y el distrito de Mendrisio, en la cuenca del Po (Swiss World, 2009).

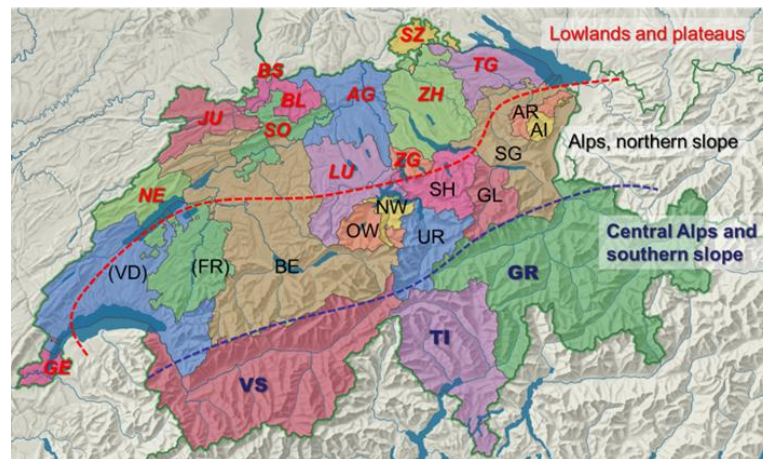


Figura 2.1. Unidades fisiográficas de Suiza. Esquema general.

Fuente: Elaboración propia.

Base del mapa: Swiss Topo: www.swisstopo.admin.ch/

Si bien, la cordillera de los Alpes ocupa la mayor parte del territorio (alrededor del 60% de la superficie total del país), la población, de aproximadamente 8 millones de personas, se concentra principalmente en la meseta (ocupando alrededor del 30% de la superficie total), dando lugar a una densidad media de población de alrededor de 195 habitantes/km². En esta región se encuentran las ciudades más grandes, destacando los dos centros económicos: Zúrich y Ginebra. En cambio, la vertiente sur de los Alpes, mucho más montañosa, la densidad media es más baja que en la mitad norte. Por ejemplo, en el Cantón de Grisons (Graubünden en alemán), ubicado totalmente en la cordillera de los Alpes, la densidad media cae a 27 habitantes/km² (Swisstopo, 2009).



Figura 2.2. Unidades administrativas de Suiza

Fuente: <http://www.lahistoriaconmapas.com/atlas/mapa-satelite/Suiza-mapa-satelite.htm>

Se trata de un estado federal, compuesto por 26 cantones soberanos que además están divididos en distritos y municipios (ver figuras 2.1 y 2.2). La capital del estado es Bern. Otras ciudades importantes son: Basel o Lausanne. Desde 1999 se constituyeron unas regiones agrupando varios cantones básicamente con fines estadísticos y económicos (OFS, 2015; ver figura 2.3).

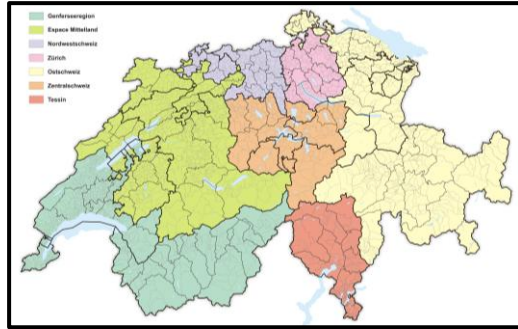


Figura 2.3. Unidades territoriales estadísticas y económicas de Suiza. Los colores del mapa corresponden a cada una de las unidades representadas en tabla. Además, quedan señalados en el mapa los cantones (línea más gruesa) y los distritos (en línea más delgada).

Fuente:

https://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Switzerland

Regions	Cantons	Abbr
Northwestern Switzerland	Aargau	AG
	Basel-Landschaft	BL
	Basel-Stadt	BS
Espace Mittelland	Bern	BE
	Fribourg	FR
	Jura	JU
	Neuchâtel	NE
Lake Geneva	Solothurn	SO
	Geneva	GE
	Valais	VS
Zurich	Vaud	VD
	Zurich	ZH
Ticino	Ticino	TI
Central Switzerland	Lucerne	LU
	Nidwalden	NW
	Obwalden	OW
	Schwyz	SZ
	Uri	UR
	Zug	ZG
Eastern Switzerland	Appenzell Auserroden	AR
	Appenzell Innerroden	AI
	Glarus	GL
	Graubünden	GR
	Schaffhausen	SH
	St. Gallen	SG
Thurgau	TG	

2.1.2. Marco fisiográfico

El territorio se caracteriza por la gran diversidad de paisajes y climas. Las enormes masas de hielo, que durante las glaciaciones avanzaron adentrándose en la Meseta Suiza, fueron dando forma al relieve durante los últimos dos millones de años y marcaron de manera determinante la actual topografía del país (Eiszeiten, 2005). Los Alpes suizos se definen por un conjunto de pliegues y mantos de corrimiento, formados durante la orogenia alpina (Suiza: Relieve, 2008). En los Alpes podemos diferenciar tres grandes macizos: el macizo de la Bernina, al este, el macizo de Oberland bernés, y los Alpes Peninos. Además encontramos otros macizos menores, pero de gran personalidad, como el de San Gotardo, en el centro de los Alpes, que es el nexa hidrológico del país, del que parten los ríos principales excavando valles paralelos y con interfluvios muy estrechos. En ellos encontramos restos de relieve glaciar y glaciares en las partes culminantes de la cordillera. Las montañas de Jura se encuentran al norte. Parte de la cordillera se extiende por Francia. Se trata de un sistema plegado, sin mantos de corrimiento, paradigma del relieve jurásico. Hacen de frontera con Francia y Alemania, y se dispone en arco desde el Rhône hasta el Rhein. Ocupan sobre el 10% del territorio, y tienen una altitud media de unos 1.600 metros. Entre los Alpes suizos y las montañas del Jura se encuentra la meseta, una región ondulada, cubierta por sedimentos fluviales y glaciares, como morrenas, bloques erráticos y lagos represados tras las morrenas. Abundan las colinas, por lo que en alemán se conoce a estas zonas como Hugelland

(Tierra de colinas). Se extiende entre el lago Léman y el lago Constanza (Bodensee) y su altitud desciende, de manera generalizada, desde los Alpes hacia el Jura (Suiza: [Relieve, 2008](#)).

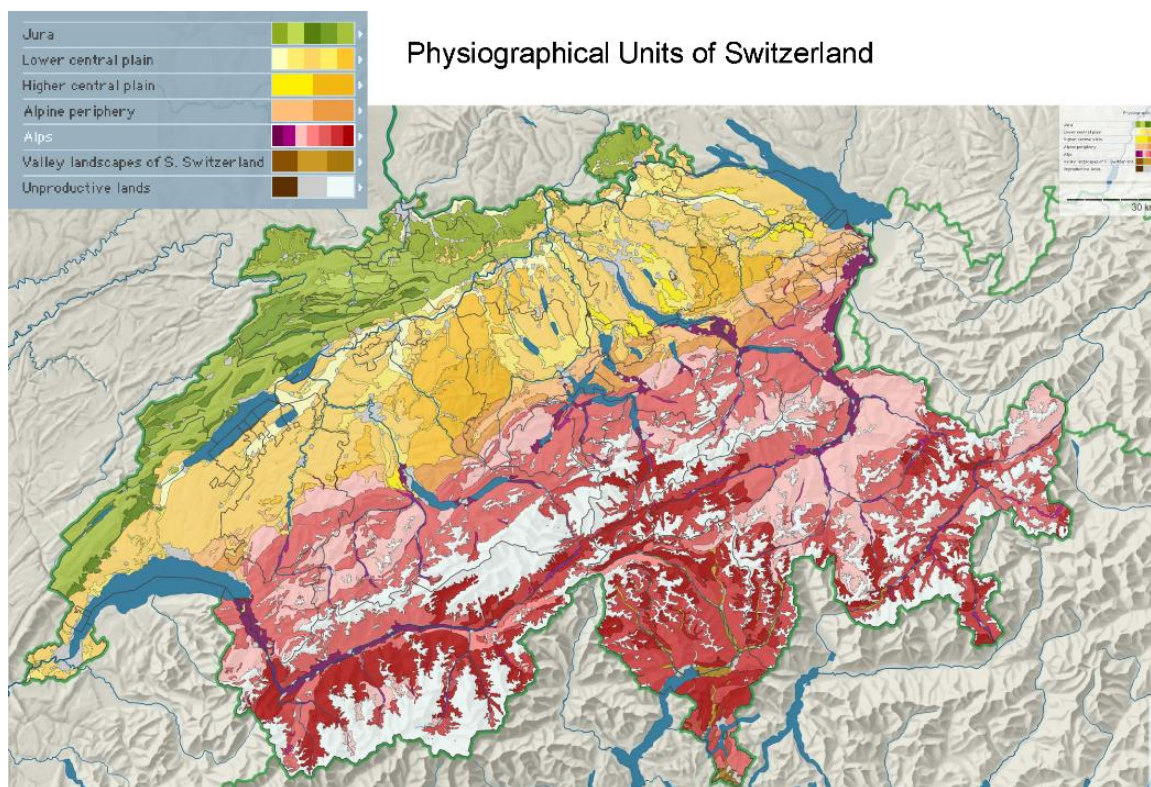


Figura 2.4. Unidades fisiográficas de Suiza

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Switzerland

El clima de Suiza está condicionado por su altitud y la posición de sus montañas, que modifican las características del clima zonal, dependiendo de si los valles se sitúan a sotavento o a barlovento, lo que da al país una sorprendente variedad de climas locales. Los vientos predominantes del oeste transportan aire marítimo húmedo y templado a Suiza. Este aire tiene un efecto de enfriamiento en verano y de calentamiento en invierno, asegurando suficiente precipitación en la mayoría de regiones durante todo el año (Meteoswiss, 2015). El clima suizo se puede definir como continental húmedo, pero puede variar de unas condiciones glaciales en las cimas de las montañas a un clima de tipo Mediterráneo en el extremo sur del territorio. Los Alpes actúan como una barrera climática pronunciada entre el norte y el sur de Suiza. Los veranos tienden a ser cálidos y húmedos con lluvias periódicas, condiciones que son ideales para los pastos y el pastoreo. Los inviernos son menos

húmedos con largos intervalos de estabilidad atmosférica, provocando inversión térmica durante estos periodos con nieblas persistentes en las tierras bajas (con menos de un 20% de días con sol. [MeteoSwiss, 2015](#)). Las condiciones más húmedas se dan en las partes elevadas de los Alpes y en el cantón del Tesino, cantidades superiores a 2000 mm anuales, (este último con precipitaciones intensas de tipo mediterráneo y pudiendo acumular una cantidad importante por el efecto orográfico). Las precipitaciones son más escasas en el valle del Rhône (unos 600 mm anuales). En general, el régimen de la precipitación es equilibrado, es decir, se distribuye a lo largo de todo el año, si bien se observa un máximo en verano, el otoño es la estación más seca y el invierno recibe menos precipitaciones que en verano (ver figuras 2.5 y 2.6: [MeteoSwiss, 2015](#)). Sin embargo, los patrones pluviométricos están poco definidos, caracterizados por una alta variabilidad interanual [MeteoSwiss, 2015](#)).

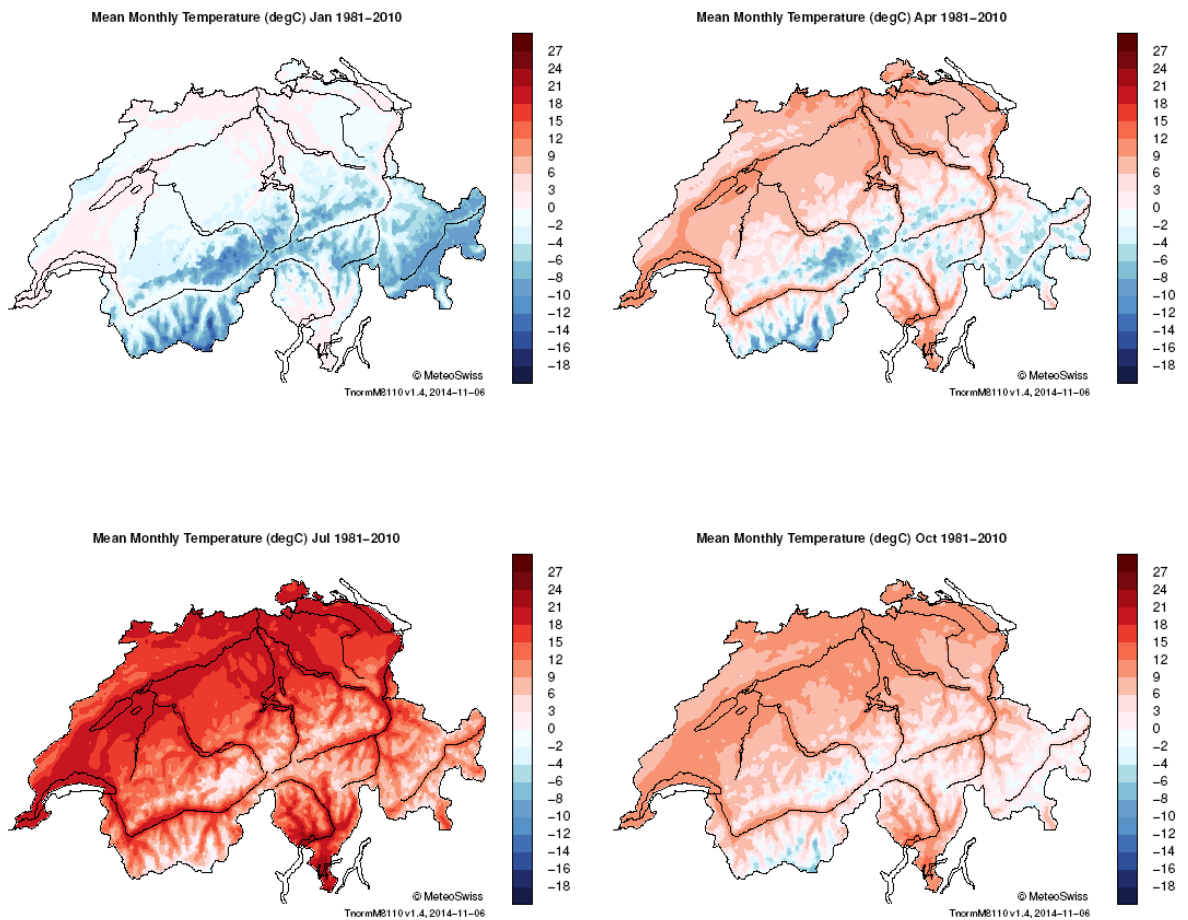


Figura 2.5. Temperatura media mensual (en °C).

- Parte superior izquierda: Enero
- Parte superior derecha: Abril
- Parte inferior izquierda: Julio
- Parte inferior derecha: Octubre

Fuente: <http://www.meteoswiss.admin.ch/home/climate/past/climate-normals/>

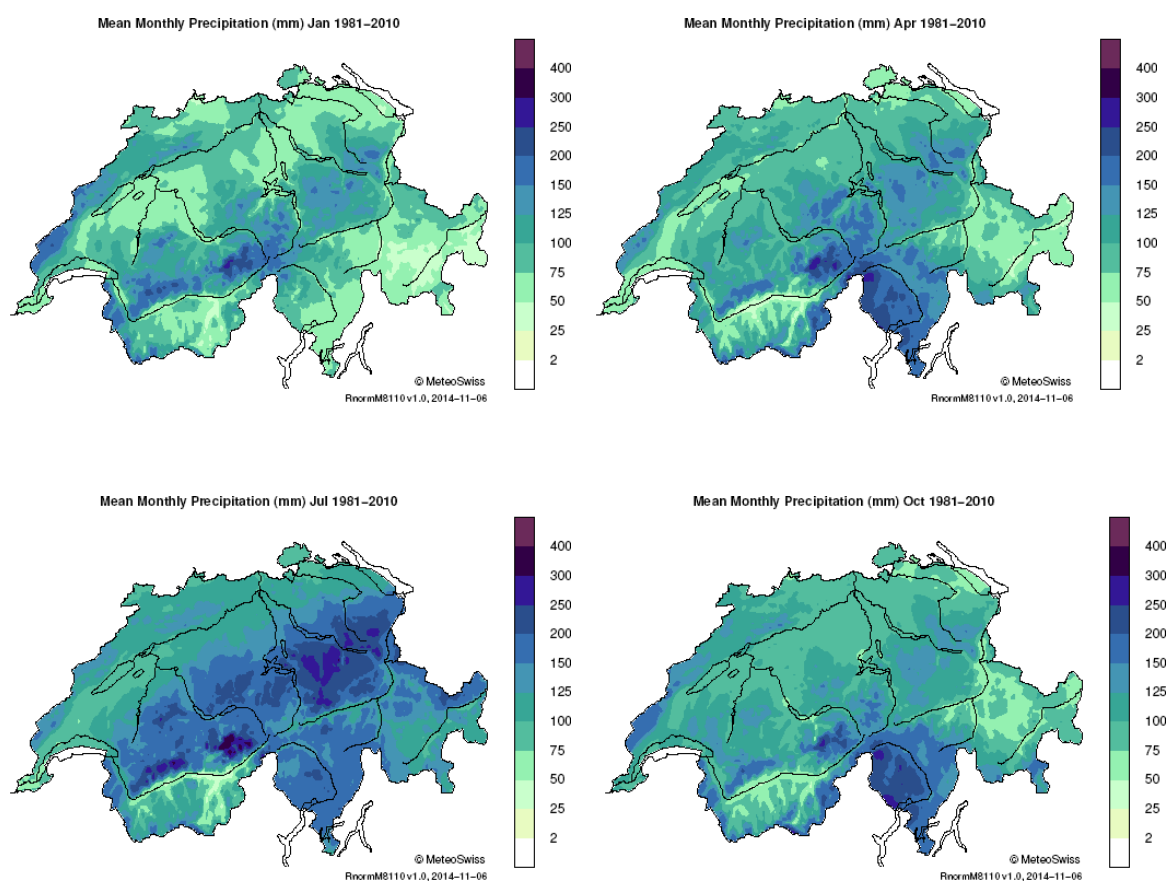


Figura 2.6. Precipitación media mensual (en mm).

- Parte superior izquierda: Enero
- Parte superior derecha: Abril
- Parte inferior izquierda: Julio
- Parte inferior derecha: Octubre

Fuente: <http://www.meteoswiss.admin.ch/home/climate/past/climate-normals/>

En las partes más elevadas de los Alpes se ubican los glaciares, totalizando una superficie de 1.063 km². En estas zonas se ubican las cabeceras de los ríos más importantes, que desembocan en última instancia en el mar del Norte (Rhein), en el mar Negro (Inn a través del Danubio-Donau en alemán), en el mar Adriático (Ticino, a través del Po) y en el mar Mediterráneo (Rhône). La red hidrográfica incluye varios de los mayores cuerpos de agua dulce en Europa Occidental y Central, entre los que se incluyen el Lac Léman, el Lago de Constanza (Bodensee en alemán) y el lago Maggiore. Suiza cuenta con más de 1.500 lagos. Los lagos y glaciares cubren aproximadamente el 6% del territorio nacional. La mayoría de los grandes ríos suizos, debido a la interacción de diversos factores (topográficos, climáticos y antrópicos) tienden a provocar inundaciones periódicas, y por lo tanto, se ha trabajado históricamente para evitarlas mediante el encauzamiento y obras de corrección de los cursos (Swiss Geography, 2014).

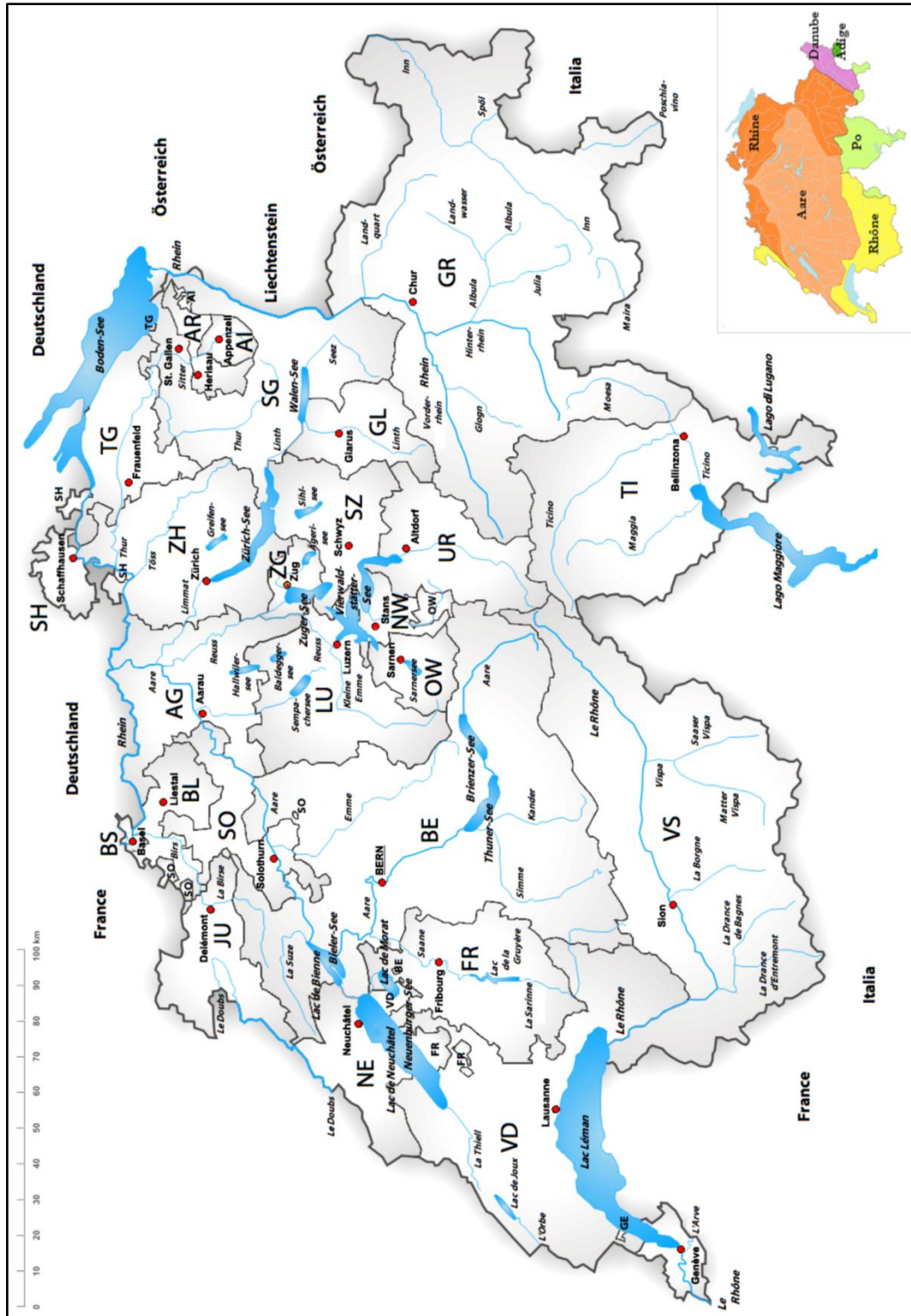


Figura 2.7. Red hidrográfica de Suiza y principales cuencas de drenaje (extremo inferior derecho)

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Switzerland

La vegetación típica de Suiza es el bosque mixto caducifolio, pero con un aumento claro de las coníferas, especialmente a medida que ascendemos en las montañas. El roble y el haya se refugia en el fondo de los valles y las partes más bajas del país, hasta los 1.500-1.600 metros de altitud. En las zonas más altas encontramos el matorral alpino y la pradera alpina, con muy buenos pastos en verano, ya que en invierno suele estar cubierta de nieve. No obstante, y debido a la presión antrópica, el bosque natural sólo aparece en las montañas y laderas de umbría menos accesibles (Suiza: [Clima y vegetación, 2008](#)). En Suiza podemos encontrar tres ecorregiones: el bosque de frondosas de Europa occidental, en el norte y el este, el bosque mixto del valle del Po, alrededor del lago Maggiore, en el cantón del Tesino, y el bosque de los Alpes, en el resto del país ([WWF, 2015](#)).

2.1.3. Marco demográfico y socio-económico

La distribución de la población en el territorio (presión antrópica) al igual que su potencial económico (bienes expuestos) incide decisivamente en el riesgo de un fenómeno natural extremo, en base a la vulnerabilidad de las zonas afectadas. En este apartado se van a describir algunos temas de forma genérica como la evolución y la distribución actual de la población y el marco socio-económico.

Entre 1850 y 1880, el crecimiento demográfico en Suiza fue continuo pero leve, en base a un significativo crecimiento natural y la inmigración. Este crecimiento doble de la población, sin embargo, apenas pudo cubrir las salidas de los inmigrantes suizos hacia el extranjero ([Recensement fédéral de la population, 2000; p., 76](#)). Este periodo, marcado por el desarrollo de la vía férrea, vio la primera concentración demográfica persistente especialmente en la meseta. Las principales ciudades estaban creciendo, al igual que las grandes regiones industriales como la del Jura con la industria relojera, el Jura bernés con la industria metalúrgica y mecánica, el cantón de Basel con las industrias de relojería y textil, y la parte oriental de Suiza con la industria textil. El nacimiento del turismo de invierno también se desarrolló en algunas áreas pequeñas como Davos o la Alta Engadina. En otras, como la región del Valais, la Suiza Central y en menor medida Fribourg y la meseta de Bern, el crecimiento de la población se produjo sin desarrollo industrial o turístico. Este aumento de la población en ausencia de desarrollo económico de estas regiones, supuso una tendencia al empobrecimiento de la población, en su mayoría católicos, sufriendo un aislamiento político, social y

económico ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 77](#)). Durante este periodo, los valles del Ticino y del Grisons experimentaron pérdidas importantes de población. En algunos valles las pérdidas alcanzaron la mitad de la población. Estas áreas sufrieron una fuerte emigración, sobre todo a Estados Unidos. Sin embargo, la Office fédéral de la Statistique (OFS) estima que entre 1850 y 1860 los censos no eran detallados en muchos pueblos de montaña. Por lo tanto, la disminución de la población en este periodo probablemente fuera menor ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 77](#)).

Durante los treinta años anteriores a la Primera Guerra Mundial (1880-1910), el crecimiento de la población del país fue muy importante, aumentando de 2,82 a 3,71 millones de habitantes. Las razones son diversas. El descenso de la mortalidad, una alta tasa de natalidad y la inmigración son los factores que explican este aumento de la población ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 77](#)). Este periodo se caracterizó también por la fuerte urbanización del país. La población de Zürich se incrementó en un 150%, Luzern, St. Gallen, Laussane y Basel aproximadamente un 120% y Bern y Biel en un 100%. El alto crecimiento de la población en este periodo también se observa en las zonas industriales, como el Valle de Aare (Biel en Aarau), el Zúrich Oberland, el Jura y la Suiza Oriental. Las zonas turísticas también experimentaron importantes aumentos de población: algunas ciudades como Montreux, Leysin, Montana, Zermatt, los alrededores de Interlaken, a las orillas del lago de Luzern, la región de los lagos de Ticino, la Alta Engadina, Davos y Arosa, donde la población aumentó más que en las áreas industriales. En contraste, el crecimiento demográfico experimentado en la Baja Engadina, el Valle de Kander y el Alto Valais fue sólo temporal, como consecuencia de la construcción del ferrocarril ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 77](#)). Al igual que en el periodo anterior, la despoblación continuó en Grisons y los valles de Ticino. Las áreas de despoblamiento afectaron principalmente a las zonas agrícolas. El contraste entre las zonas rurales (pérdida de población) y las zonas urbanas e industriales (de crecimiento rápido) está especialmente marcada por la proximidad geográfica de estas zonas, a menudo vecinas ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 77](#)).

El periodo entre 1910 y 1941 vino marcado por la Primera Guerra Mundial. El conflicto fue una fecha significativa para la demografía del país: la tasa de natalidad cayó rápidamente y de forma continua. Se adoptó el modelo basado en un férreo núcleo familiar. Además, el anterior periodo de altas tasas inmigratorias se detuvo bruscamente con el inicio del conflicto. Durante el periodo 1914-1940, el número de

extranjeros disminuyó del 16 al 5% de la población total ([Recensement fédéral de la population 2000](#); p. 77). Los movimientos de población dentro del país se redujeron con respecto a los periodos anteriores. El crecimiento poblacional fue muy bajo y las diferencias entre regiones menos marcadas. El tejido económico del país fue experimentando varias crisis, como la de los bordados en el este de Suiza, la industria relojera del Jura y la disminución del turismo. Zonas rurales de gran tamaño como Fribourg y Vaud se vieron afectados por una fuerte disminución de la población rural. ([Recensement fédéral de la population 2000](#); p. 77). Debido a estas crisis económicas, algunas ciudades vieron disminuir su población: este es el caso de St. Gallen (-17 %) o -7% en La Chaux-de-Fonds ([Recensement fédéral de la population 2000](#); p. 78). En cambio, el proceso de formación de las grandes aglomeraciones urbanas, que empezó en el periodo anterior, es cada vez mayor: las comunas a las afueras de Zürich, los suburbios al sur de Basel y el área de Genève son aquellos cuyo crecimiento es más fuerte durante este periodo ([Recensement fédéral de la population 2000](#); p. 78). Al igual que las ciudades y los barrios suburbanos, las zonas rurales experimentan desarrollos dispares. Las áreas como el Oberland bernés y Suiza Central se benefician de las inversiones estatales y crecen, experimentando importantes aumentos de población. El Valais y Grisons son áreas donde el crecimiento demográfico es más fuerte. Las partes occidental y oriental de la meseta vieron como sus poblaciones disminuyeron, mientras que la parte central sufrió un aumento.

Los siguientes treinta años (1941-1971), la llamada "Treintena Gloriosa", fue un periodo de fuerte crecimiento económico de Suiza. Durante este periodo, el crecimiento de la población del país fue continuo. La economía y el paisaje del país se van modificando. Todas las áreas urbanas y en especial los suburbios, los sectores industrial y turístico, se ven afectados por esta evolución demográfica ([Recensement fédéral de la population 2000](#); p. 79). El desarrollo de estas áreas es en detrimento de las demás. De este modo tiene lugar un éxodo masivo de diversas zonas a las regiones arriba mencionadas. Se vieron afectadas por este éxodo los cantones rurales de Vaud, Fribourg y Thurgau, o ciertas ciudades lejos de las carreteras principales como Schaffhausen y Luzern. Algunas áreas del Jura (Ajoie, Freiburger y Neuchâtel-Jura), la región pre-alpina de Emmental, Entlebuch, Toggenburg y Appenzell también experimentaron fuertes pérdidas de población. Los descensos más fuertes se registraron en los valles alpinos no turísticos: zonas industriales de Glarus, valles de Grisons (Surselva, Hinterrhein, Albula y la Baja Engadina) y del Ticino.

Este éxodo de los valles alpinos llegó por primera vez al Valais, especialmente en el Valle de Goms ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 79](#)). El desarrollo demográfico de este periodo reveló una dualidad centro-periferia a gran escala: las regiones de la meseta contra las de montaña. Por lo tanto, el área de crecimiento de la población de la meseta fue casi continua desde el Lago de Constanza pasando por Neuchâtel y hasta Fribourg. Las ciudades de Ticino y la periferia de Ginebra son los otros dos polos que experimentaron un fuerte crecimiento ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 79](#)).

El crecimiento demográfico se detuvo con la primera crisis del petróleo en 1973. Durante los tres años siguientes, la población del país fue disminuyendo, siendo un fenómeno nuevo después de sesenta años de crecimiento continuo. Pero a partir de 1980 (ver figura 2.8), el país se recuperó de nuevo gracias al aumento de la tasa de natalidad y la inmigración entre 1990 y 1997. De todas las maneras, el incremento medio anual en este periodo fue el más bajo de los cinco periodos anteriormente considerados ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 80](#)). En la meseta, los movimientos de población tuvieron lugar de las ciudades a los municipios de la periferia, pero en su conjunto estas aglomeraciones fueron aumentando. Sin embargo, por primera vez el crecimiento demográfico de las ciudades fue menor que en las zonas rurales. Las tasas de crecimiento más altas fueron en la periferia de las aglomeraciones: Nyon (aglomeración de Genève), Morges, Echallens y Oron (Lausanne), Affoltern, Bremgarten, Dielsdorf y Uster (Zürich) ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 80](#)). Las grandes ciudades se extendieron hacia las zonas rurales, pero también comenzaron a superponerse como Zürich con Winterthur, Baden, Zug, Pfäffikon-Lachen, Rapperswil, Wil, Brugg y Aarau, o Berna y Thun. La meseta se convirtió en una continuidad territorial, pero también otras zonas urbanas estaban creciendo: alrededor del Lago Léman (Genève, Laussane y Vevey-Montreux), centros urbanos de Valais y las aglomeraciones urbanas del Ticino ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 80](#)). Durante este periodo, las áreas con más importantes pérdidas de población fueron principalmente las regiones aisladas de los Alpes: el valle de Conches, el Oberhasli Bernés, Uri, Surselva, el Valle Blenio y Léventine. El Emmental, Entlebuch y partes del Jura también son regiones que se fueron despoblando ([Recensement fédéral de la population 2000; p. 80](#)).

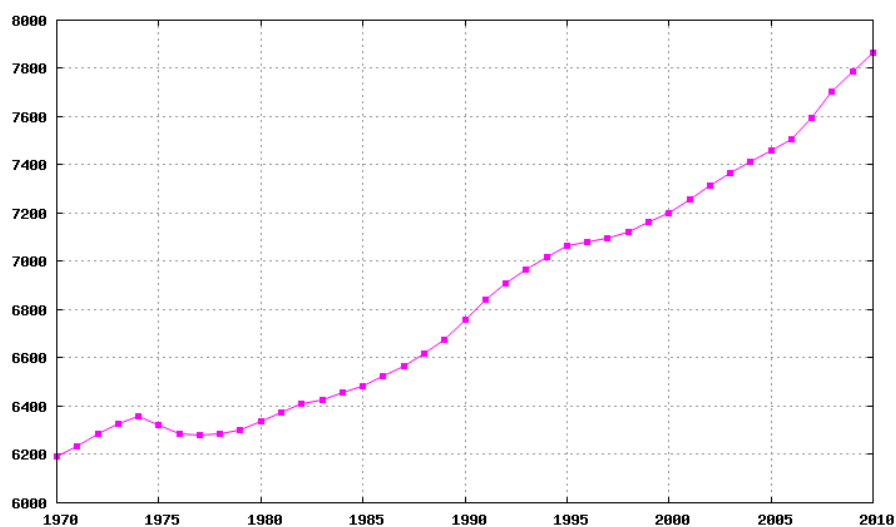


Figura 2.8. Evolución de la población de Suiza de 1970 a 2005 (número de habitantes en miles). Los datos originales proceden de la Oficina Federal de Estadística de Suiza, 2005.

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Demographics_of_Switzerland

En el año 2006, el 21,7% de la población tenía menos de 20 años, mientras que el 16,2% eran mayores de 64 años. En ese mismo año, la esperanza de vida para una mujer era de 84,2 años, mientras que la de un hombre era 79,2 años (OFS, 2009). La mayor parte de la población vive en núcleos urbanos. En el 2009, el 74% de los 7.785.800 habitantes vivía en zonas urbanas (OFS, 2009). La distribución de la población está influenciada por la topografía del país. La meseta es la zona más poblada con las principales ciudades de Suiza. Con una densidad poblacional de 450 habitantes/km² (Swissworld, 2008), es una de las regiones más densamente pobladas de Europa (ver figura 2.9). Existen grandes disparidades entre los cantones que yacen en la meseta y los que se encuentran en los Alpes. La densidad de población de los cantones de Luzern, Solothurn y Zúrich es, respectivamente, 261,0, 319,7 y 813,6 habitantes/km². Por otro lado, en los Alpes Centrales, los cantones de Uri y Grisons la densidad de población es muy baja, de 33,4 y 27,0 habitantes/km², respectivamente. Por último, el cantón de Ticino en la vertiente sur de la cordillera, también tiene una densidad de población inferior a la media nacional, con 122,5 contra los 194,7 habitantes/km² (OFS, 2009).

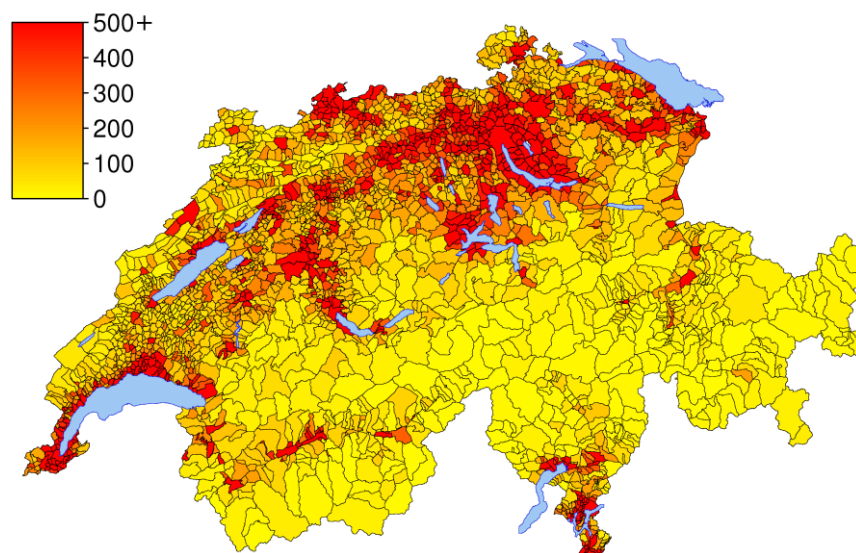


Figura 2.9. Densidad de población por cada municipalidad. Año 2007. Unidades: habitantes por kilómetro cuadrado.

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Switzerland

A fecha del 31 de diciembre de 2014, la población de Suiza es de 8.237.700 habitantes (OFS, 2015). El aumento de la población está presente en todos los cantones. Aquellos en los que el aumento es más significativo son los de Fribourg, Zug, Zúrich y Schwyz. El país está muy afectado por la inmigración: por ejemplo, casi uno de cada cinco residentes no es de nacionalidad suiza.

La economía de Suiza es una de las más prósperas y más desarrolladas del mundo a pesar de la falta de materias primas y no tener salida al mar (Lambelet, 1993). Las tasas de desempleo e inflación son estructuralmente bajas. La industria, orientada a la exportación, está muy especializada en productos de alto valor añadido. Como la mayoría de los países europeos, Suiza es esencialmente un país de pequeñas y medianas empresas (PYME) que emplean a menos de 500 personas, fenómeno reforzado por el desarrollo del sector terciario: más del 99% de las empresas privadas no agrícolas eran PYME en el 2005, una cifra que ha cambiado poco desde la segunda mitad del siglo XX (OCDE, 2005; Schoenenberger y Zarin-Nejadan, 2007). Los cambios en el número medio de puestos de trabajo a tiempo completo no muestran una tendencia a la concentración, a pesar del mayor dinamismo de las grandes empresas privadas (Schoenenberger y Zarin-Nejadan, 2007). La filosofía de la política económica de las autoridades es un diseño liberal, no intervencionista, que se traduce en una defensa del libre comercio, la ausencia relativa de los sectores subvencionados, con la excepción de la

agricultura y el transporte, y una política regional prudente (Schoenenberger y Zarin-Nejadan, 2007).

En 2009, el consumo privado representaba el 57,9% del Producto Interior Bruto (PIB), el consumo público el 11,4% y la inversión el 20,6%. Suiza se distingue por unas de las tasas de consumo público más bajas entre los países de la OCDE. La tasa de inversión en Suiza es la más baja que se ha registrado en cincuenta años, aunque sigue siendo la más alta de las de los otros países del G8. Este fenómeno no está relacionado con una política de desinversión, sino por el enorme superávit que el comercio genera: exportaciones por valor de 50,4% y las importaciones un 40,2%, más del 10% del PIB (SECO, 2011). En 2011, el PIB ascendió a 664,5 mil millones de dólares (ver figura 2.10), ocupando el puesto 19º en la clasificación mundial (CIA, 2015).

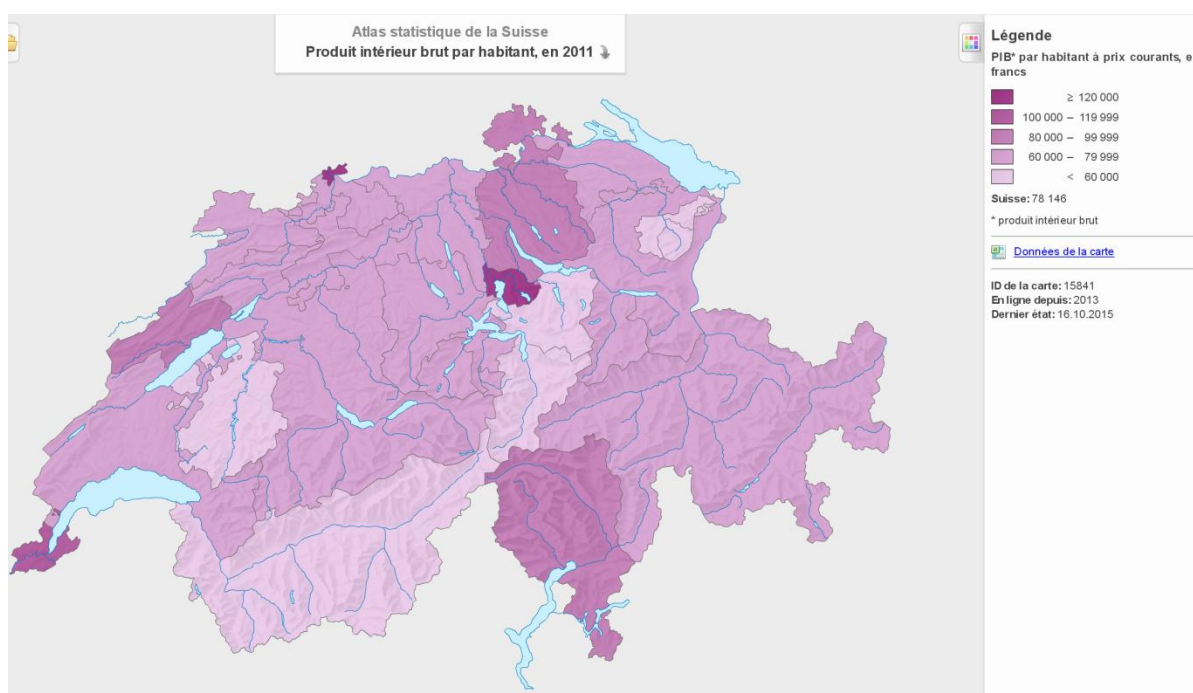


Figura 2.10. Producto Interior Bruto por habitante. Año 2011.

Fuente: https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/10623_8582_8581_8580/17900.html

El crecimiento económico del 2,3%, superior a la de la zona del euro en el periodo 2004 a 2011, permite a Suiza resarcirse de trece años de lento crecimiento, cuando el PIB per cápita creció sólo un 0,4% por año. El crecimiento fue más resistente a la turbulencia económica mundial provocada por el aumento de precios de la energía y las materias primas, incluso a la crisis de las hipotecas de Estados Unidos que afectó gravemente al sector bancario en 2008. La clave de esta capacidad de recuperación se basa en parte en los viejos logros: buena infraestructura,

una fuerza laboral bien capacitada y flexible, y una importante apertura económica al capital (Lambelet, 1993; Fonds Monétaire International, 2008). Estas cualidades se extienden a todos los sectores empresariales, lo que permite una mayor adaptación a las dificultades coyunturales y sectoriales.

2.2. Factores que influyen en las grandes avenidas: orografía, clima, hidrografía y la influencia antrópica

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), los principales impulsores de las inundaciones son el clima (y por extensión el cambio climático), la impermeabilización del suelo, el uso del suelo en los sistemas fluviales y, especialmente en las llanuras de inundación, la urbanización, las vías de comunicación (carreteras y ferrocarriles) y las medidas de ingeniería hidráulica. Estas fuerzas motrices son totalmente extensibles a la zona Alpina, donde nacen algunos de los principales ríos europeos y fluyen hacia las llanuras fuertemente urbanizadas (WWF, 2015), tal como hemos visto en el apartado anterior. De hecho, como pasa en la mayor parte del mundo occidental, el espacio dejado para que fluyan los ríos es inadecuado. Para mantener la alta biodiversidad típica de las llanuras de inundación y proteger a la población de las inundaciones, se debe garantizar una llanura inundable suficiente para que las aguas fluyan sin obstáculos. Siempre que sea posible, la llanura de inundación ha de estar en consonancia a los procesos dinámicos que la moldearon. Las inundaciones son el tipo dominante de perturbación natural a lo largo de la mayoría de los corredores fluviales. Por tanto, la estrategia debe ser la gestión de las inundaciones de manera responsable a través de una planificación sostenible de los sistemas fluviales (WWF, 2015).

Con respecto al clima, una de las grandes incertidumbres del cambio climático es su impacto sobre las inundaciones debido al aumento de la variabilidad climática y de los eventos extremos (Benito et al., 2006). Las condiciones climáticas, meteorológicas e hidrológicas que producen los eventos son debidos a la excepcionalidad de las avenidas analizadas y, por tanto, los condicionantes meteorológicos que los generan tienen que ser igualmente excepcionales, teniendo en cuenta que un buen análisis de los eventos instrumentales tiene que ayudar a interpretar los eventos pre-instrumentales. Según Wanner et al., (2004, 2008) a parte del clima, otros factores naturales de predisposición para la generación de avenidas son la topografía, la saturación del suelo y la cantidad de agua almacenada en forma de nieve. Además hay que tener en cuenta la duración de la

precipitación, la superficie de cuenca afectada y el volumen de nieve fundida.

Las inundaciones pueden mostrar una sensibilidad (entre otros factores geográficos, demográficos y económicos) a cambios modestos del clima, modificaciones que afectan a la distribución espacial y temporal de los eventos, y al cambio en la magnitud y frecuencia de las inundaciones. Estos cambios en los patrones hidroclimáticos pueden ser analizados en relación a condiciones climáticas variables en el tiempo y a diferentes escalas espaciales (local, regional o global) de la circulación general de la atmosfera (Hirschboeck, 1988). Los registros instrumentales, si bien apuntan a una disminución de las crecidas ordinarias en los últimos 40 años debido a la construcción de las presas y el efecto laminador de éstas, no es suficiente para las crecidas extraordinarias y catastróficas, presentando los mayores caudales punta de los últimos 50 años. Hay que tener en cuenta este efecto de los embalses en el análisis de las tendencias en tiempos recientes que dificulta el análisis hidro-climático de las series instrumentales (Wetter et al., 2011). Los registros sedimentarios para el Holoceno (10.000 años) indican como las inundaciones no se distribuyen de forma homogénea en el tiempo, sino que existen periodos con una concentración anómala de eventos extremos y que responden a situaciones climáticas cambiantes, produciéndose durante periodos de enfriamiento global, si bien un estudio detallado del LIA (1450-1900) mediante registros documentales de mayor precisión cronológica, muestran una mayor complejidad en la respuesta de las crecidas a los pulsos climáticos (Barriendos y Martín-Vide, 1998; Barriendos y Llasat, 2003; Llasat et al., 2005; Schulte et al., 2015) donde apuntan a otras variables o forzamientos como la actividad solar, las erupciones volcánicas o los avances de los glaciares (Starkel, 2003; Benito et al., 2003). Los registros documentales muestran que las crecidas históricas tienen un comportamiento similar a los registros geológicos con una distribución no homogénea en el tiempo, con periodos de concentración anómala respondiendo a situaciones climáticas cambiantes, de fuerte variabilidad climática donde se reconoce una alternancia entre inundaciones catastróficas y sequías. En los Alpes suizos, las inundaciones han sido principalmente provocadas por anomalías de precipitación, tales como tormentas intensas de verano y precipitaciones de larga duración de tipo advectivo, combinadas con una pronunciada fusión del manto nival o, incluso, en alta montaña, inundaciones provocadas por la rotura abrupta debida al deshielo de lagos contenidos

en los glaciares (Gees, 1997; Weingartner et al., 2003; Schulte et al., 2015).

A pesar de la marginalidad geográfica de las regiones de alta montaña como los Alpes, la presión antrópica se ha registrado desde la Edad del Bronce (Schaer, 2003; Guyard et al., 2007; Ebersbach et al., 2010), desarrollándose estrategias de adaptación y mitigación hacia los riesgos naturales. En algunas zonas, estas estrategias forman parte todavía del paisaje y de la tradición cultural. Sin embargo, las actividades humanas de hoy en día (por ejemplo, el turismo) no se limitan a las áreas tradicionales de bajo riesgo como consecuencia de la presión demográfica de los siglos XIX-XX (ver apartado 2.1.3), y una relación con el riesgo debido a la introducción de importantes infraestructuras en las llanuras de inundación. De esta manera, las instalaciones tales como carreteras, líneas eléctricas, centrales hidroeléctricas, centrales nucleares, gasoductos y vías de ferrocarril están expuestas a las inundaciones. La gestión de mitigación de inundaciones se implementó en los Alpes en el siglo XIII (Vischer, 2003) y más frecuentemente desde el siglo XVIII-XIX (Wetter et al., 2011). Desde el año 1932 los embalses para energía hidroeléctrica han influido en la dinámica de inundación debido a cambios en la capacidad de retención de la cuenca.

En los últimos siglos la actividad antrópica se ha convertido en un importante motor en la dinámica de la llanura aluvial inundable. Por ejemplo, en la cuenca del Aare (Alpes Berneses) una serie de medidas hidráulicas estructurales han influido en la mecánica hidrológica de las llanuras de inundación: 1) la construcción de un dique en la salida del lago de Brienz, elevándolo de 1,50 a 1,95 m entre los años 1434 y 1865 (Willi, 1932; Kurz y Lerch, 1979), lo que afecta a la zona distal del delta del Aare; 2) la construcción de diques y el mantenimiento del río es llevado a cabo por la cooperativa de gestión de río desde el año 1579 (Willi, 1932); 3) la corrección del río Aare en el año 1876: canalización de la desembocadura; y 4) la puesta en marcha de varios embalses para producir energía hidroeléctrica. Sin embargo respecto a la mitigación de las inundaciones, el sellado del suelo, la deforestación, la reforestación y cambios en los usos del suelo tradicionales, pueden tener efectos opuestos que se compensan entre ellos (Pfister, 1999) .

En definitiva, los efectos de un desastre natural resultan de la relación entre el estrés y la resiliencia de la sociedad. La interpretación puede ser muy compleja debido a que el impacto se ha de considerar tanto a nivel natural como a nivel social. La implicación antrópica como uno de los condicionantes que provocan el desastre está arraigada en la sociedad

desde tiempos remotos (Pfister, 1988; Pfister y Hächler-Tanner, 1991). Esta figura de pensamiento se demuestra en la interpretación de los desastres naturales desde la antigüedad. Hasta la época de la ilustración se atribuyeron los pecados de los hombres contra Dios, mientras que en las últimas décadas son los pecados de la civilización contra la naturaleza (Pfister y Hächler-Tanner, 1991). El patrón de daños implica tanto a la intervención antrópica (impermeabilización del suelo, carreteras, etc.) como a la naturaleza. Las medidas de salvaguarda adoptadas antes de la mitad del siglo XIX ofrecen poca protección contra las inundaciones muy graves y catastróficas. Aunque es cierto que las correcciones del flujo a gran escala y más tarde los sistemáticos y numerosos embalses construidos evitan que el desastre sea mayor. De esta manera, la evaluación del riesgo de un individuo en base a sus propias experiencias y tradiciones ha sido sustituido por la evaluación del riesgo a partir de criterios científico-técnicos (Pfister, 1999).

El potencial de daño ha aumentado y cambiado en su composición. En la agricultura el daño cultural que se produce es en gran parte a expensas del sector privado y por las infraestructuras creadas para el sector público (estructuras de carreteras, ferroviarias, de carreteras, ingeniería de río; ver apartado 2.1.3). Por otra parte, los importes de las pérdidas por los daños registrados son espectaculares dado el grado de exposición y el aumento de vulnerabilidad al riesgo, especialmente en las llanuras de inundación.

Las inundaciones registradas antes del s. XVIII tuvieron lugar en una época cuando la presión en la zona de montaña era insignificante, debido a una densidad de población modesta. El problema se centraba tanto en los factores meteorológicos como en un uso de la tierra no apropiado (tierras baldías). Durante el siglo XIX se añaden dos nuevos factores: el impacto del pastoreo excesivo, por ejemplo, en los cantones de Uri, Valais, Grisons y Ticino, y la deforestación estrechamente ligada al ferrocarril y a las necesidades de la población local antes de la importación de combustibles. Finalmente, es necesario mencionar las sucesivas intervenciones en el paisaje desde mediados del siglo XX (aumento de las infraestructuras y del nivel de presión en los lechos fluviales). Todos estos factores han influido en la esorrentía durante las dos últimas centurias en un sentido desfavorable, si bien no se sabe a ciencia cierta cómo los distintos factores se van superponiendo unos a otros. Kundzewicz et al. (2004) aducen las variaciones en la frecuencia de las avenidas a factores antropogénicos como cambios en el uso del suelo,

deforestación, reducción zonas húmedas, regulación de los ríos y variaciones en el clima.

De esta manera, existe una tensión y una resistencia en la sociedad frente al riesgo. Cada ecosistema tiene su historia individual que se puede acceder a su reconstrucción a partir de la gran variedad de datos disponibles en los archivos históricos y naturales (Pfister y Hächler-Tanner, 1991). La magnitud de las megas inundaciones no pueden ser estudiadas con sólo, y a la sumo, 150 años de observaciones instrumentales. La información paleohidrológica encapsulada en los archivos tanto documentales como geológicos puede proveer claves para estudiar la magnitud de los eventos en el periodo pre-instrumental (Wetter et., 2011). En este sentido, Suiza debido a su configuración, y como respuesta a la cada vez más creciente toma de consciencia hacia los desastres naturales, dispone de recopilaciones completas y precisas de estos desastres para los últimos siglos.

Desde principios del s XIX, se han registrado 16 inundaciones extensas o muy extensas (FOEHN, 2008) que han requerido una intervención supra-cantonal (ver figura 2.11). En términos monetarios actuales, los daños registrados totales por estas grandes inundaciones varían entre los 500 millones y los varios billones de CHF. Además, durante el s. XIX, este tipo de eventos a menudo conllevaban la pérdida de varias decenas de vidas humanas. Gracias a las medidas preventivas integrales y una mejor respuesta a la emergencia, el número de víctimas ha ido disminuyendo de forma significativa en las últimas décadas.

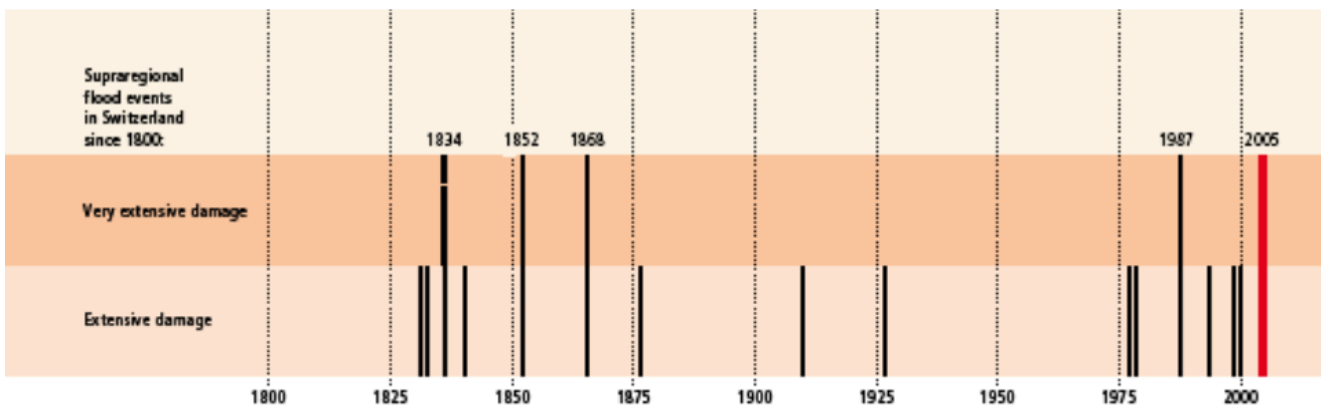


Figura 2.11. Inundaciones con una afectación supra-regional desde el año 1800 en Suiza. La diferenciación en daño extensivo y daño muy extensivo se ha situado en 500 millones de CHF (Fuente: Federal Office for the Environment, FOEN 2008).

Datos comparables sobre los daños por inundaciones sólo están disponibles desde 1972 hasta la actualidad. En este periodo la inundación de agosto de 2005 es la que mayores daños ha producido (ver figura

2.12). Alrededor de 900 municipios, es decir, aproximadamente un tercio de todos los municipios suizos, se vieron afectados. Sin embargo, cuando se tienen en cuenta periodos más largos, la magnitud de los daños de esta inundación aparece como no tan singular: han habido varios eventos de inundación en el s. XIX con una magnitud de daños comparable o incluso mayores.

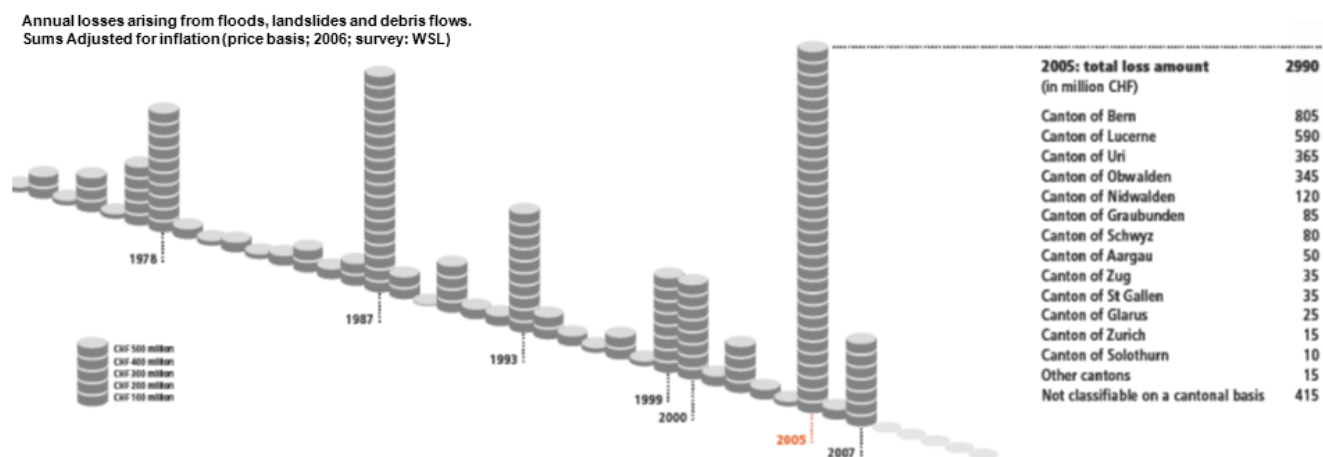


Figura 2.12. Pérdidas anuales debidas a inundaciones, deslizamientos de tierras y flujos de derrubios. Periodo 1972-2010 (Fuente: [Federal Office for the Environment, FOEN 2008](#)).

La experiencia adquirida en el pasado culmina en que un enfoque holístico debe adoptarse en la gestión de eventos de inundación: la preparación, respuesta y recuperación se complementan entre sí y deben estar todavía más estrechamente coordinadas (FOEN, 2008). Los conceptos de protección contra inundaciones también cambian con el transcurso del tiempo, poco a poco y en sintonía con el progreso técnico, científico y social. Las estrategias integrales para la protección contra inundaciones se debatieron en la segunda mitad del s. XIX. Las discusiones técnicas y políticas asociadas llevaron a la promulgación de la Ley Forestal (1876) y la Ley de Protección contra Inundaciones (1877). Sobre la base de estas disposiciones legales, el estado implementó grandes proyectos estructurales para la estabilización de los torrentes de montaña y las inundaciones de fondos de valle. Durante la primera mitad del s. XX se estableció como obligatorio que una parte del seguro de los edificios cubriese las pérdidas que pudieran padecer a causa de este tipo de riesgo natural. Tras los acontecimientos de 1987 hubo una toma de conciencia de que las medidas estructurales por sí solas no son suficientes para garantizar la protección contra las inundaciones. Así, en cuanto a las medidas preventivas, la prioridad cambió en favor del uso del suelo adaptándose a las condiciones naturales y una ordenación del

territorio, reasignando el espacio que necesitaban a los lagos, ríos y los arroyos. Con este fin, se desarrollaron mapas de riesgo y una formulación de antemano de los objetivos de protección. Las disposiciones legales se concretaron en 1991 con una revisión de la Ley de Ingeniería Hidráulica y la Ley de Bosques. Sin embargo, la preparación no es la única área en la que se necesita una acción; la respuesta a los acontecimientos extraordinarios también necesita atención. Las organizaciones de gestión y de intervención deben centrar sus fuerzas cada vez más en la formación de la población para el despliegue durante los eventos naturales. Esto requiere no sólo una mayor cooperación entre los actores involucrados en la gestión del riesgo, sino también una mayor participación de la población afectada (FOEN, 2008).

