

**Uso de tecnologías de la información geográfica para el análisis del
capital natural, humano, construido, social e institucional:
El caso de la Región Trifinio (Honduras – El Salvador – Guatemala)**

Charlotte Haeusler

Cooperación Técnica Alemana (GTZ)

Charlotte.Haeusler@gtz.de

Mario Buch

Cooperación Técnica Alemana (GTZ)

mbuch@sica.int

Abner Jimenez

Cooperación Técnica Alemana (GTZ)

Abner.Jimenez@gtz.de

Resumen

En 45 municipios de Guatemala, Honduras y El Salvador se está elaborando el diagnóstico “Estado de la Región Trifinio 2010”, una iniciativa impulsada por la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (CTPT) con el apoyo del proyecto Bosques y Agua de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ). El estudio servirá como base para la elaboración de un plan de ordenamiento territorial. El presente artículo, después de un breve capítulo introductorio, presenta los alcances del estudio. Luego se explica cómo se aplican las tecnologías de información geográfica para fines de análisis. Termina con una reflexión sobre los retos del manejo de información geográfica en un territorio trinacional.

Trifinio / ordenamiento territorial/

Abstract

A study called “The Status of the Trifinio Región 2010” is presently being developed in 45 municipalities of Guatemala, Honduras and El Salvador, as an initiative of the

Trinational Plan Trifinio Commission (CTPT) and with the support of the German Technical Cooperation's project Bosque y Agua. The study will serve as a basis for the elaboration of a regional development plan. The present article, after a short introductory chapter, presents the aspects covered by the study. Then it explains how geographic information technologies were used for analysis purpose. The article finalizes with a reflection about the challenges of a trinational territory.

Trifinio / regional development plan

1. Antecedentes

La Comisión Trinacional del Plan Trifinio (CTPT), establecida en el marco del Tratado firmado en el año 1997 entre las repúblicas de El Salvador, Honduras y Guatemala, ha promovido desde hace más de 10 años, un conjunto de programas, proyectos y acciones orientadas al fortalecimiento de la gestión integrada de los recursos naturales y al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de 45 municipios que conforman la "Región Trifinio". La CTPT es el ente encargado de tutelar la ejecución del Plan Trifinio y de su permanente actualización. Está conformada por los Vicepresidentes de El Salvador y Guatemala y un Designado a la Presidencia de Honduras. Es la máxima autoridad de carácter regional Trinacional.

En estos 45 municipios de Guatemala, Honduras y El Salvador se está elaborando el diagnóstico "Estado de la Región Trifinio 2010", una iniciativa impulsada por la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (CTPT) con el apoyo del proyecto Bosques y Agua de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

Bosques y Agua es un programa de la GTZ que apoya a la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (CTPT) y contrapartes locales en el fomento y la realización transfronteriza del uso sostenible de recursos naturales para la protección de recursos hídricos regionales. Los tres componentes del programa son 1) Modelos replicables para el manejo sostenible de recursos naturales, 2) Fortalecimiento institucional para la CTPT y actores locales, 3) Gestión regional de conocimientos. El Estudio "Estado de la Región Trifinio" se realiza en el marco del componente 3 Gestión de conocimientos.

Datos sobre el territorio son indispensables para un proceso de desarrollo y planificación territorial. En la región Trifinio existen muchos estudios puntuales sobre

ciertas zonas y temas específicos, pero se carece de un estudio global que se extienda a toda la región y que reúna datos sobre los aspectos claves del territorio – socio-económicos, institucionales y naturales. La necesidad de tener un diagnóstico global de la Región se evidencia aún más cuando la Mancomunidad Trinacional de Rio Lempa con el apoyo del proyecto URBAL de la Unión Europea inició el proceso de desarrollo de un plan de ordenamiento territorial a nivel trinacional. Por lo tanto, la CTPT con la asistencia técnica del Programa Bosques y Agua de la GTZ y el apoyo puntual del programa “Área Protegida Trinacional de Montecristo” APTM decidieron elaborar un estudio del “estado de la Región Trifinio 2010”

El proceso de elaboración del estudio “Estado de la región Trifinio 2010” se inició en enero 2010 con la definición y consenso del contenido temático. La recopilación de datos y la realización de estudios puntuales se iniciaron en Junio. Para Diciembre 2010 se espera tener ya el estudio completo y publicable.

2. Dimensión del Estudio

El estudio “Estado de la Región Trifinio 2010” se extiende a los 45 municipios que – según el tratado de 1988 – comprenden la región de Trifinio. El estudio se basa en la metodología de capitales de Guimaraes (1997) y Boisier (1999) y da una visión amplia de los capitales naturales, humanos, construidos, sociales e institucionales en la región Trifinio.

El análisis del capital humano, se desagrega hasta el nivel de municipio. Para capital natural, en algunos datos como el caso de isóneas de variables climáticas se interpolan para todo el territorio del trifinio a partir de mediciones en sitios específicos.

En este capítulo se describe el alcance del estudio en los cinco capitales.

2.1. El capital natural

El capital natural en este estudio incluye: condiciones climáticas, hidrología superficial y subterránea, fisiografía y suelos, así como la cobertura y usos del suelo.

Los datos básicos sobre las condiciones climáticas como precipitación, temperatura y humedad relativa provienen de las estaciones meteorológicas que manejan las entidades oficiales en los tres países. Con esta información y aplicando tecnologías de información

geográfica¹ se interpolan isolíneas para todo el área del triffinio, así mismo se está calculando la Evapotranspiración con el método de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) y una clasificación climática con el método Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), de la cual se deriva información importante sobre el grado de aridez de la zona.

En cuanto a la hidrología superficial y subterránea, se dispone de la base topográfica (ubicación de ríos y modelo de elevación) para poder delimitar cuencas, subcuencas y microcuencas, usando tecnologías de información geográfica también se está calculando la densidad de la red hídrica, los perfiles longitudinales de los principales ríos, y la elevación media y pendiente media de las cuencas, subcuencas y microcuencas². La hidrología subterránea del área de la Cuenca Alta del río Lempa se ha generado con la participación de instituciones nacionales de los tres países con la asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica, y para el sector de Honduras fuera del río Lempa se ha finalizado un estudio hidrogeológico con apoyo del programa Bosques y Agua de la Cooperación Técnica Alemana el cual permitió localizar las zonas de recarga hídrica y las direcciones de flujo. La calidad de agua para el año 2010 se determinará a través de mediciones en las 3 principales cuencas y 6 subcuencas de la región. En estas mediciones también se determina la cantidad de agua y se calcula la demanda hídrica de cada cuenca.

La Fisiografía se está analizando a partir del modelo de elevación digital del terreno y el tipo de suelos el cual se está digitalizando con base en mapas de tipología de suelos impresos existentes. La erosión de suelos se estima mediante la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos (Wischmeier y Smith, 1978).

Para la cobertura y el uso de suelo se analizan imágenes satelitales ASTER. Este trabajo está siendo dirigido por el Centro de Agua del Trópico Húmedo para America Latina y el Caribe (CATHALAC, www.cathalac.org), con comprobaciones en de campo a efectuarse por la Universidad San Salvador en El Salvador, el Centro Universitario de Oriente (CUNORI) en Guatemala y la Mancomunidad de Municipios de Copán Ruinas, Santa Rita, Cabañas y San Jerónimo (MANCORSARIC) en Honduras. Se usa la clasificación de Corine Land Cover³, adaptada para Centroamérica. Por medio de este

¹ Ver capítulo 3

² Ver capítulo 3

³ Ver <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-clc2000-seamless-vector-database>

análisis se determina el porcentaje de área cubierta por cultivos anuales, ganadería extensiva, cultivos mixtos, vegetación arbustiva y cobertura boscosa. El uso actual se compara con el uso potencial del suelo, que se calcula a base de la profundidad, pedregosidad, capacidad de drenaje del suelo y pendiente, esto permite generar mapa de intensidad y conflictos de uso. También se analiza el uso del suelo urbano, específicamente el nivel de urbanización del territorio y se calcula el índice de urbanización. Con un análisis multitemporal también se espera determinar la tasa de deforestación histórica de la región.

2.2. El capital humano

En el capítulo de capital humano se analizan indicadores demográficos y económicos, condiciones de educación y salud, el nivel de pobreza y el potencial de desarrollo así como los riesgos naturales que enfrenta la población. Los indicadores se seleccionaron según la probabilidad de encontrar este mismo indicador en los tres países, ya que en esta sección se trabaja con datos secundarios (siempre a nivel de municipio), obtenidos de las diferentes entidades estatales o de instituciones internacionales.

Los indicadores demográficos y económicos incluyen la esperanza de vida al nacer, la tasa de migración, la tasa de crecimiento, el tamaño de la población, las pirámides poblacionales, la densidad poblacional, la tasa de urbanización y la población económicamente activa.

En cuanto a condiciones de educación y salud se toma en cuenta la tasa de analfabetismo, el nivel educativo (promedio de escolaridad de la población mayor de 15 años), y en el campo de salud las infecciones respiratorias agudas (IRAS), las enfermedades diarreicas agudas (EDAS), la desnutrición en menores de 5 años y la tasa de mortalidad infantil.

Para la medición de la pobreza y el potencial de desarrollo en el Trifinio se analizan el índice de Desarrollo Humano (IDH) y el índice de potenciación de Género (ambos promovidos por el PNUD), la tasa de población en pobreza extrema, el índice de pobreza, las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y la tasa de desempleo. De ser posible, también se quiere obtener el dato de ingresos del hogar.

En cuanto a amenazas y riesgos, se trata de delimitar las áreas especialmente en peligro por inundaciones, deslizamientos, sismos y/o incendios. Luego se estima la

vulnerabilidad de la población y se identifican zonas en dónde la población está especialmente en riesgo.

Los datos obtenidos en este capítulo se representarán en forma cartográfica usando tecnologías de información geográfica.

2.3. El capital construido

El análisis del capital construido se divide en los subcapítulos infraestructura de hogares, red vial e infraestructura de salud y educación. Como en el caso del capital humano, los datos provienen de fuentes secundarias y fueron seleccionados según la probabilidad de encontrar la misma variable en los tres países.

Con respecto a la infraestructura de hogares, se analizan los datos de hogares con déficit habitacional, el porcentaje de hogares con acceso a agua segura, la disposición sanitaria de aguas residuales y el porcentaje de hogares con acceso a electricidad.

En cuanto a salud y educación, se analizan habitantes por centro de salud, camas de hospital por habitante, médico por habitante y la relación alumno/profesor en el sistema público y privado.

La infraestructura vial se analiza con base en el mapa topográfico y con la ayuda de tecnología de información geográfica se calcula la densidad de red vial en relación al territorio, y la accesibilidad a los principales centros poblados (en función de tiempo).

2.4. El capital social

Para determinar el capital social que existe en la región del triffinio, el estudio usa dos indicadores: El número de organizaciones comunitarias y el número de organizaciones de mujeres. Estos datos provienen de mapeos de actores claves que el proyecto URBAL ha realizado en las mancomunidades.

2.5. El capital institucional

El capital institucional de la región triffinio se pretende estimar con los dos indicadores categorización municipal y número de políticas públicas locales. Estos datos se levantaron en la línea base realizado para el proyecto URBAL.

3. Aplicación de tecnologías SIG

3.1. Análisis de variables climáticas

Los datos de precipitación, temperatura y humedad relativa para la región Trifinio se obtienen de las estaciones climáticas ubicadas en o cerca de la región. Para obtener una capa raster con datos para toda la región Trifinio (celdas de 100m²) se aplica el método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted). Para la temperatura, se puede conseguir mejores resultados mediante su correlación con la altura del terreno, ya que se dispone de un modelo de elevación de toda la región, en este sentido se calcula una función de regresión donde la temperatura es la variable dependiente y la altura la variable independiente.

La evapotranspiración potencial se calcula con el método de Hargreaves, con base en tres variables: Humedad Relativa (HR), Radiación Media Mensual (RMM) y Temperatura Media Mensual (TX). Se crean tres capas raster que contienen en cada celda o pixel los valores de estas variables, y se aplican los siguientes cálculos:

1. $RAIZ(RAIZ(100-HR)*12.5) = F_1$
2. $RMM*0.0005625 = F_2$
3. $(TX*1.8)+32 = F_3$

Luego, se multiplican los valores de cada una de las celdas de las tres capas $F_1 * F_2 * F_3$ para llegar a la evapotranspiración potencial diaria en milímetros. El valor por mes se consigue multiplicando el valor diario por el número de días del mes.

Para la clasificación climática, usaremos el método de Thornthwaite. Se calcula una capa raster de jerarquía de Humedad, usando los variables Precipitación (Pp) y Evapotranspiración Potencial (ETP) con la fórmula $Pp/ETP + 1.64 (P/(T+12.2))^{1.11}$. Como resultado, obtenemos un índice que nos permite clasificar la humedad del clima en una de las 5 clases de Thornthwaite, que van de muy húmedo a muy seco.

La Jerarquía de Temperatura se calcula a base de la temperatura promedio mensual:
 $JT = \sum_{n=1}^{12} (0,45T_{xmes})$

La clasificación de Temperatura de Thornthwaite comprende 7 categorías que van de tundra a cálido. Los resultados de los dos Jerarquías se combinan en una capa raster, así se consigue la clasificación climática de Thornthwaite para todo el territorio.

3.2. Caracterización de la red hídrica

Para caracterizar la red hídrica de la región trífino, se calcula la densidad de red hídrica, los perfiles longitudinales de los principales ríos, el factor de forma, la elevación media y pendiente media de las cuencas, subcuencas y microcuencas.

La densidad de la red hídrica por municipio se consigue cortando (clip) los ríos en las fronteras de los municipios, y luego se suma la longitud de los fragmentos que están dentro de cada territorio municipal y se divide entre el área del territorio en km².

Los perfiles longitudinales de los ríos se generan a partir del modelo elevación digital del terreno (MEDT). Primero se genera el curso del río principal siguiendo el principio de la máxima pendiente; posteriormente se genera una red de puntos georeferenciados a lo largo del curso del río y se extrae su elevación del MEDT, con estos datos es posible generar un gráfico en donde el eje Y corresponde a la elevación del terreno y el eje X a la distancia sobre el río.

El factor de forma se calcula de relación entre el promedio del ancho y la longitud de una cuenca. La longitud se mide desde el sitio de descarga o salida de la cuenca hasta el sitio más alejado en el parte aguas; el ancho promedio se calcula dividiendo la superficie total de la cuenca entre su longitud. La interpretación de los valores del factor de forma se encuentra relacionado con su regularidad geométrica, un valor de 1 expresa una cuenca circular, si e valor es menor que 1 corresponden a cuencas más extensas hacia los largo y mayor que se extienden más a lo ancho.

La elevación media y la pendiente media son datos que se consiguen fácilmente con un SIG, si se tiene una base de elevación.

3.3. Erosión

La erosión se calcula en base del método de Ecuación Universal de la Perdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1978) con la formula $E=R \times K \times S \times L \times C \times P$, dónde

E Pérdida anual del suelo

R Factor lluvia o índice de erosividad pluvial

K Erosionabilidad del suelo

L Longitud de la pendiente

S Factor de pendiente

C Factor de cultivo y uso

P Factor de prácticas de conservación

Hay que crear una capa raster para cada una de las variables, que luego se multiplican para obtener la pérdida anual del suelo. El factor R se calcula en base de la precipitación mensual con una regresión que se usó en previos estudios para la zona. El factor K se determina por el tipo de suelo, hay tablas que indican el valor por tipo de suelo. Igual en el caso del Factor C, existen tablas que atribuyen un valor a cada uso. Los factores L y S se pueden calcular fácilmente con el SIG (Para el factor C se usa una constante, estimando la frecuencia de prácticas de conservación en la región del Trifinio).

3.4. Visualización de la distribución espacial de variables sociales

La visualización de la distribución espacial de variables sociales se realizará a través de la agregación de dichas variables como atributo a los datos vectoriales de límite de municipios, luego se escogen las diferentes opciones de visualización de los programas SIG (diferentes colores, gráficos, etc.) para crear un mapa que fácilmente permite captar las diferencias entre los municipios.

4. Los retos del manejo de información geográfica en un territorio trinacional

El Trifinio es una región compartida entre El Salvador, Guatemala y Honduras pero unida por su Geomorfología, Red Hídrica e Historia. Por lo tanto, es necesario analizar el territorio desde una perspectiva trinacional. En la práctica, un estudio trinacional trae retos:

Para empezar, se multiplican las posibles fuentes de información, ya que hay que buscar en instituciones nacionales de tres países en vez de uno, en las ONGs y otras instituciones relevantes de los tres países y adicionalmente en las instituciones que trabajan a nivel trinacional. Las formas en que se miden las variables varían en muchos casos, y se tiene que encontrar una manera de unificarlas o – por lo menos – hacerlas comparables. En el caso de que esto trae modificaciones a las formas usuales de medir una variable, hay que asegurar que por parte de los entes rectores y actores claves en cada uno de los países se acepte esta modificación.

También las nomenclaturas que se suelen usar en los mapas pueden variar considerablemente. Para poder elaborar un mapa trinacional, hay que buscar un estándar, a lo mejor internacional, que pueda ser aceptado por los tres países.

Finalmente y no menos importante, se encuentra lo relacionado con la integración de datos en diferentes proyecciones cartográficas, principalmente en la región del triffinio donde cada país utiliza su propia proyección. En otros casos, en el mismo país los datos se encuentran en más que una proyección. Esta situación se vuelve más compleja cuando la información recopilada carece de metadatos.

5. Conclusión

El uso de tecnologías de información geográfica es de alta importancia para el análisis de los elementos claves de un diagnóstico territorial de una región: capital natural, humano, construido, social e institucional. En el Estudio “Estado de la región Triffinio 2010” se utiliza para casi todas las áreas temáticas: para el análisis de variables climáticas, la caracterización de la red hídrica, el análisis de amenazas, la distribución espacial de variables sociales y para crear un mapa de uso de suelo. Sin las herramientas importantes de los sistemas SIG, no sería posible tener datos tan precisos para la región ni visualizarlos de manera tan entendible, lo cual dificultaría los procesos de planificación territorial y al final obstaculizaría el desarrollo de la región.

6. Bibliografía

Boisier, S. (1999): “El desarrollo territorial a partir de la construcción de capital sinérgico”, en *Estudios sociales* n° 99, CPU, Santiago de Chile.

Guimares, J.P. (1997): “Local Economic Development. The Limitation of Theory”, en Helmsing B. y Guimares J.P. (coord.): *Locality, State and Development. Essays in honour of Jos G.M. Hilhorst*, ISS, The Hague.

Hargreaves, G.H. y Samani, Z.A. (1985): “Reference crop evapotranspiration from temperature”, en *Applied Engineering in Agriculture* N° 1-1985, págs. 96-99.

Thornthwaite, C.W. (1948): “An Approach toward a Rational Classification of Climate”, en *Geographical Review* n° 1-1948, págs. 55-94.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D.(1978): “Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to conservation planning”, en *Agriculture Handbook* n° 537, USDA, Washington, DC.