

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

CONSULTORÍA

“APOYO MODELACIONES HIDROLÓGICAS PARA ELABORAR PROPUESTA PARA EL
FONDO VERDE DEL CLIMA”

Reporte sobre Actividad 01 – Priorización de Áreas de Intervención

**Alexander J. Hernández C. PhD
Teledetección y Ciencia Geoespacial**

Contenido

1. ACTIVIDAD I - PRIORIZACIÓN DE ZONAS A INTERVENIR	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 COMPILACIÓN, Y SANEAMIENTO DE BASES DE DATOS GEOESPACIALES Y TABULARES EXISTENTES.....	1
1.2.1 Misión de Orientación octubre 2018	1
1.2.2 Trabajo post – misión orientación.....	3
1.2.3 Consolidación en un único shapefile y repositorio de datos.....	6
1.3 PRIORIZACIÓN DE ÁREAS A INTERVENIR	8
1.3.1 Variables siendo utilizadas.....	8
1.3.2 Construcción de un indicador multicriterio	10

Listado de Figuras

Figura 1. Síntesis de información geoespacial recibida del MARN – misión de orientación	2
Figura 2. Regiones hidrológicas prioritarias según el plan hidrológico nacional	3
Figura 3. Indicadores de malnutrición (a) World Food Program WFP, (b) Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria CONASAN.....	4
Figura 4. Área total de cultivo y productividad media por manzana en base a datos de campo.....	5
Figura 5. Índice de estrés hídrico esperado al año 2022 bajo influencia del cambio climático	6
Figura 6. Bosque cafetero actual que no será idóneo bajo influencia del cambio climático	8
Figura 7. Índice multicriterio a nivel de región hidrológica para priorizar áreas de intervención.....	11
Figura 8. Agregación de datos a nivel de cantón al nivel de la región hidrológica	12

Listado de Tablas

Tabla 1. Metadata del shapefile “HydroCuencaDiss_ATT.shp” contentivo de los sumarios a nivel de región hidrológica.....	7
Tabla 2. Gradientes de impacto - porcentaje de cada región hidrológica – CIAT Y 2030.....	9
Tabla 3. Gradientes de impacto - porcentaje de cada región hidrológica – CIAT Y 2050.....	9
Tabla 4. Valores encontrados para las tres variables de priorización	10
Tabla 5. Número de fincas y área de cultivos de café en las regiones hidrológicas	13
Tabla 6. Desagregación de las gradientes de impacto CIAT para las 5 regiones hidrológicas prioritarias	13

1. Actividad I - Priorización de zonas a intervenir

1.1 Antecedentes

La teoría de cambio en el Proyecto de Cooperación Técnica titulado: "Valoración de Servicios Ecosistémicos de la Franja Cafetalera (ES- T1268)" propone que, al realizar actividades de intervención en los bosques cafeteros priorizados, existirán beneficios tangibles positivos en diversos servicios ecosistémicos (ej. regulación hídrica y protección contra la erosión), y socioeconómicos (seguridad alimentaria para la reducción de la pobreza) que se obtienen de la franja cafetalera en El Salvador. La conservación y mejoramiento de estas zonas agroforestales puede redundar en reducir las tasas de erosión superficial en comparación con las transiciones a usos urbanos o agrícolas. También, ha sido demostrado que las tasas de infiltración y posterior recarga del flujo base en sistemas forestales (Maes et al., 2009), y agroforestales (PlanTrifinio, 2016) son consistentemente superiores a las observadas en ambientes urbanos, y agropecuarios.

La eficiente asignación de recursos en el proyecto contempla una identificación previa de aquellas regiones hidrológicas donde los elementos torales (ej. influencia del cambio climático en el balance hídrico y en la idoneidad espacial del café, y aspectos socioeconómicos actuales) son significativa y cumulativamente más críticos. Este proceso contempló primariamente identificar la configuración espacial de la cobertura y usos de la tierra ya que es insumo determinante para cuantificar el impacto de los cafetales en la regulación hidrológica de las cuencas. En este sentido, esta actividad contempló las siguientes tareas principales:

- A. Compilación, y saneamiento de bases de datos geoespaciales y tabulares existentes
- B. Análisis geoespacial de capas de información
- C. Preparación de un índice de priorización multi-criterio

1.2 Compilación, y saneamiento de bases de datos geoespaciales y tabulares existentes

1.2.1 Misión de Orientación octubre 2018

Durante la misión de orientación del equipo BID-Consultores del proyecto se identificó que de las dos instituciones involucradas (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, y Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG) la mayoría de los datos se encontraban localizados en el MARN. Al haberse realizado los contactos institucionales necesarios se estableció que era un requisito obligatorio la gestión de un documento legal notariado para poder acceder a los datos mínimos requeridos. Este documento se conoce como Declaración Jurada de Confidencialidad, y fue gestionado ante un Abogado y Notario Público de San Salvador (ver anexo 1).

Una vez que el documento mencionado fue entregado formalmente en el MARN, fueron entregados tres (3) tipos de datos:

- (a) Máscara del bosque cafetero para el año 2016
- (b) Modelo digital de elevación LIDAR a un (1) metro de resolución espacial para la **zona baja** de las regiones hidrográficas de Sonsonate y de Jiquilisco
- (c) Clases de cobertura de la tierra (sin leyenda) para el período 2011 y 2016 para las regiones hidrográficas de Sonsonate y de Jiquilisco

La fuente de delimitación inicial de regiones hidrográficas es HydroSheds-WWF¹, con subsecuente edición geoespacial propia tratando de asemejar a las regiones hidrográficas (RH) descritas en el documento de Plan de Recursos Hídricos (PRH)².

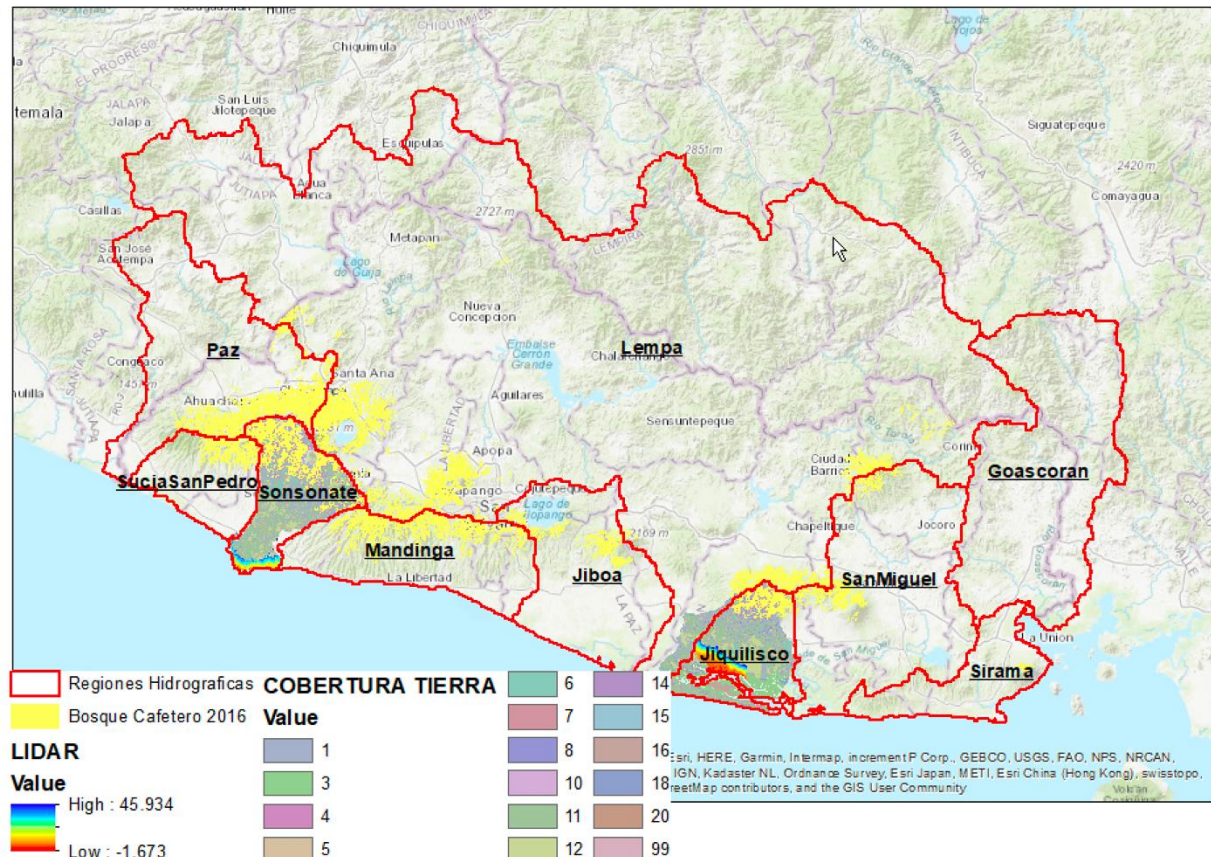


Figura 1. Síntesis de información geoespacial recibida del MARN – misión de orientación

Favor notar que la entrega de elevaciones LIDAR solo corresponde a la parte baja. De acuerdo a comunicaciones personales (Ing. Miguel Gallardo – MARN) los problemas de inundaciones son prevalentes en las zonas bajas de las RH de Sonsonate y en la de Jiquilisco. El levantamiento de LIDAR tiene serias limitaciones para poder llevar a cabo una simulación hidráulica objetiva ya que se desconoce la geometría del lecho de los ríos, y en los casos que este lecho exceda los 30 metros, se realizó un procesamiento de achatamiento u homogenización de la elevación constante sobre el espejo del agua. Este proceso de

¹ <https://hydrosheds.cr.usgs.gov/datadownload.php?reqdata=30bass>

² Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador con énfasis en Zonas Prioritarias

achataamiento elimina la posibilidad de utilizar el LIDAR para simulación hidráulica en los cauces de los ríos para los que se realizó esta actividad.

1.2.2 Trabajo post – misión orientación

Debido a que la información obtenida del MARN no era suficiente para iniciar un proceso formal de priorización de áreas se realizó un esfuerzo comprensivo para obtener, evaluar, sanear y preparar información geoespacial adicional para el proceso. A continuación, se describen las capas y procesos que se han realizado en este sentido.

A. Áreas macro (Regiones Hidrológicas) de división del país:

El documento de Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico identifica ciertas regiones que deben ser prioritarias por una serie de factores. Ya que no se obtuvo un shapefile de estas regiones hidrográficas, se procesó un Modelo Digital de Elevación MED regional para identificar zonas de drenaje, y producir un shapefile lo más cercano a esta segmentación del país en 17 Regiones Hidrológicas Prioritarias (Fig. 3, pág. 8 del documento). En la figura siguiente, las líneas verdes representan las regiones hidrológicas, líneas delgadas negras son los municipios, puntos en rojo son los centroides de cada municipio. Las anotaciones corresponden a los nombres de las 17 regiones.

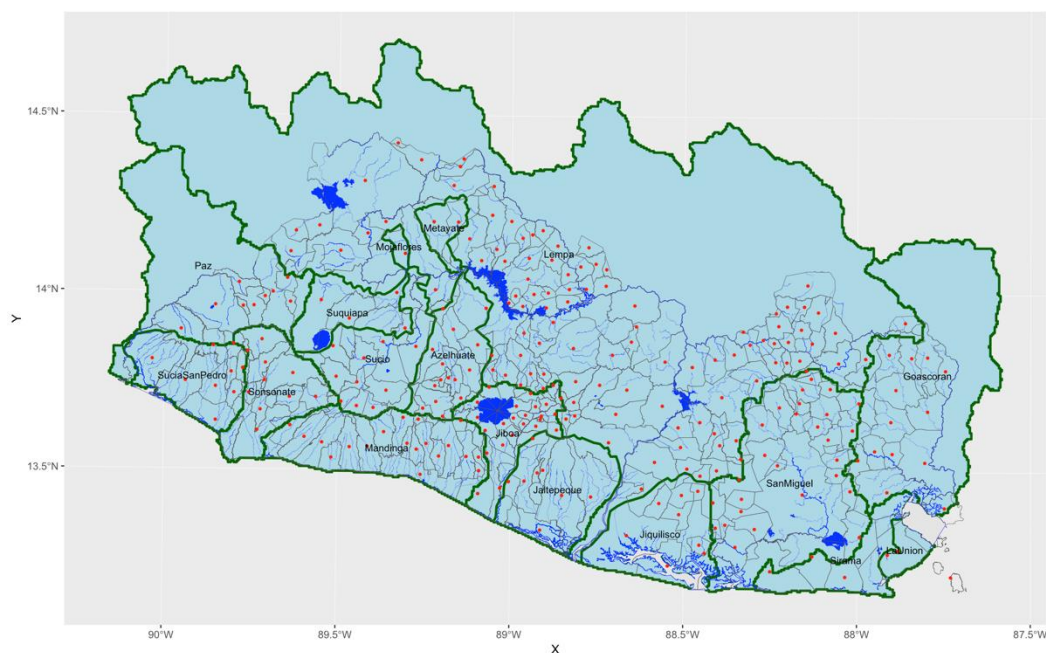


Figura 2. Regiones hidrológicas prioritarias según el plan hidrológico nacional

B. Información tabular y geoespacial:

Se recopiló información a nivel de municipio (primariamente de carácter socioeconómico) de varias fuentes:

- A. Censo de población del 2007³: la información que se consideró más apremiante para la priorización (ej. Indicadores Sociodemográficos), se agregó a la tabla de atributos del shapefile oficial de municipios⁴. Entre los atributos que se agregaron a cada municipio se pueden mencionar:
- Densidad poblacional, % de población urbana, % de población mayor que 60 años, Tasa de analfabetismo, % de hogares con electricidad, agua potable
- B. Información acerca de seguridad alimentaria⁵: ha sido extraída y anexada al shapefile de municipios. Esta información se refiere a prevalencia de desnutrición.

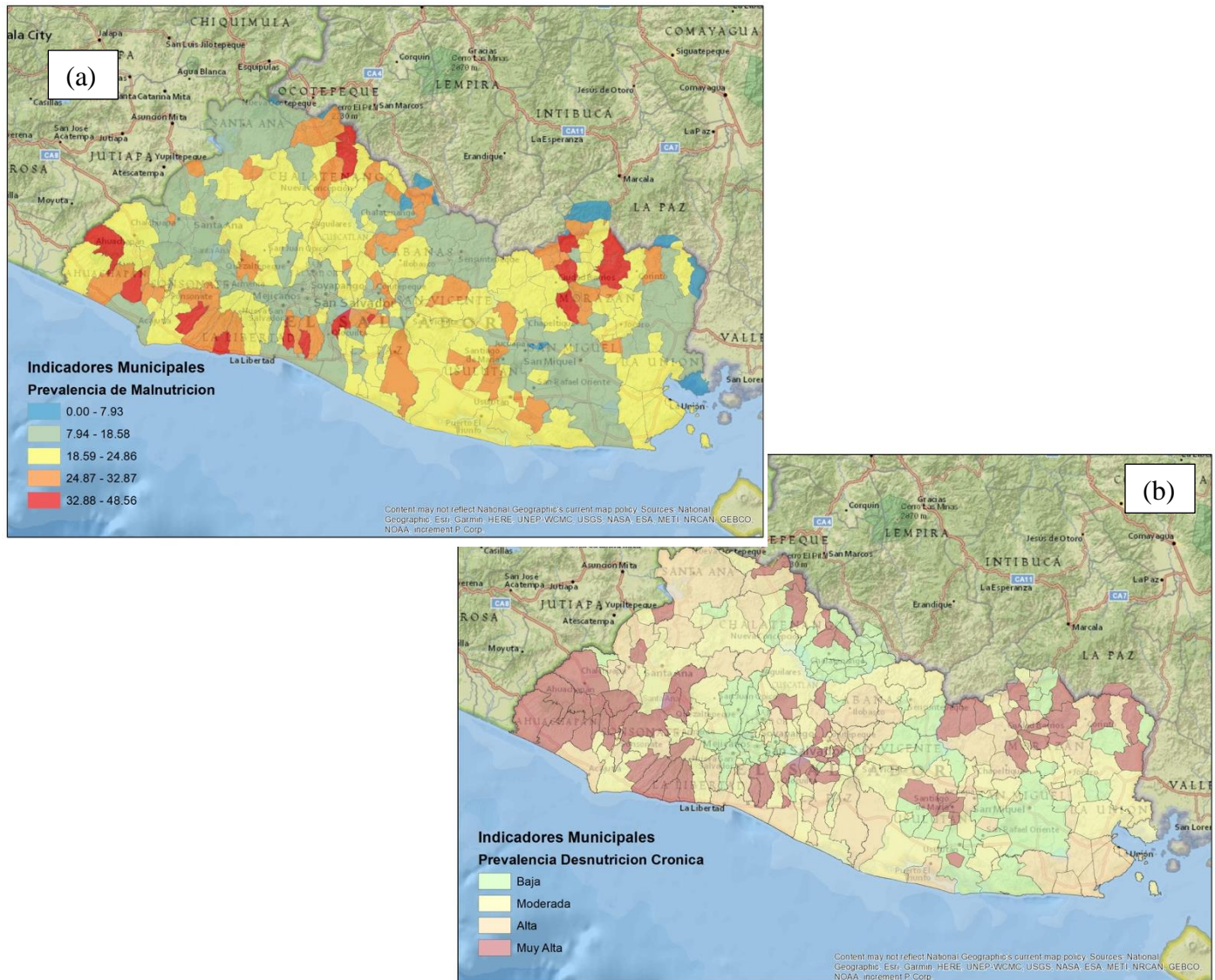


Figura 3. Indicadores de malnutrición (a) World Food Program WFP, (b) Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria CONASAN

³ <http://www.digestyc.gob.sv/index.php/temas/des/poblacion-y-estadisticas-demograficas/censo-de-poblacion-y-vivienda/poblacion-censos.html>

⁴ <http://www.cnr.gob.sv/geoportal-cnr/>

⁵ https://geonode.wfp.org/layers/geonode%3Awfp_hungermap_el_salvador

C. Información tabular de los 10k+ puntos de campo en fincas de café

El gobierno de El Salvador compartió información sobre una decena de miles de puntos tomados en campo en fincas de café. Se sumariaron dos variables al nivel de las 17 regiones hidrológicas. Estas variables son el área en manzanas reportadas en cada punto de campo, y la productividad. Esta información nos ayuda a detectar algunas inconsistencias con el mapa de cobertura a partir de teledetección. Por ejemplo, no se reporta café en los mapas para la región hidrológica de Metayate, pero se reportan +400 manzanas según los datos de campo.

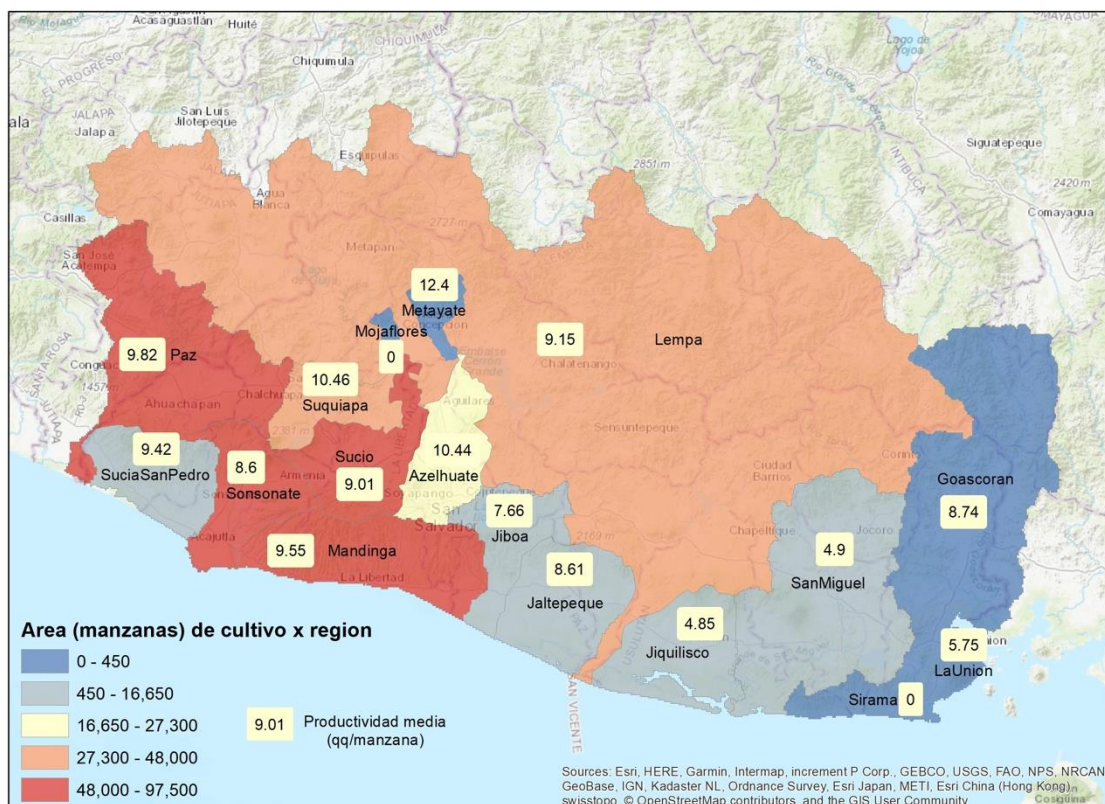


Figura 4. Área total de cultivo y productividad media por manzana en base a datos de campo

D. Información acerca del estrés hídrico ocasionado por el Cambio Climático

Una de las variables más importantes a considerar en la priorización es el efecto potencial que el cambio climático tendrá sobre el servicio ecosistémico de dotación de agua. El Gobierno de El Salvador GOES ha realizado una serie de análisis para evaluar el impacto negativo que el cambio climático tendrá a nivel de cada región hidrológica, y lo ha integrado en un índice único de estrés hídrico.

Los valores del índice se pueden encontrar en la tabla 1, página 21 del documento⁶ en mención. La magnitud espacial de este estrés esperado se puede visualizar en la figura siguiente.

⁶ Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador con énfasis en Zonas Prioritarias

Tabla 1. Metadata del shapefile “HydroCuencaDiss_ATT.shp” contenido de los sumarios a nivel de región hidrológica

Campo en tabla de atributos	Descripción	Notas marginales
ESC22Qeco	Escenarios sobre estrés hídricos	Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico
ESC22QecoC	Escenarios sobre estrés hídricos	Plan Nacional de Gestion Integrada del Recurso Hidrico
DENSIDAD	Habitantes por km2	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
URBANO	Porcentaje población urbano	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
MAYOR60	Porcentaje población > 60 años	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
ANALF	Tasa Analfabetismo	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
POTABLE	Porcentaje hogares con agua potable	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
ELECT	Porcentaje hogares con electricidad	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
NOSANIT	Porcentaje hogares sin servicio sanitario	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
PISOTIE	Porcentaje hogares con piso de tierra	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
POBTOTAL	Población total	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
P_ALTA	Numero de municipios con pobreza alta	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
P_BAJA	Numero de municipios con pobreza baja	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
P_MODERADA	Numero de municipios con pobreza moderada	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
P_SEVERA	Numero de municipios con pobreza severa	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
MALNUT	Prevalencia de malnutrición -- altura por edad % de ninos menores de 5 años	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
A_CafeMZN	Superficie en manzanas de cultivos de café según levantamiento de campo 11k puntos	Sumarizado a partir de levantamiento de campos (centroides de fincas)
Prod_16QQM	Productividad por manzana año 2016 según levantamiento de campo 11k puntos	Sumarizado a partir de levantamiento de campos (centroides de fincas)
R_ALTA	Numero de municipios con categoría de retardo Alto	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
R_BAJA	Numero de municipios con categoría de retardo Bajo	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
R_MODERADA	Numero de municipios con categoría de retardo Moderado	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
R_MUYALTA	Numero de municipios con categoría de retardo Muy Alto	Sumarizado a partir de centroides de poligonales de municipios
T_AGRIC	Hectáreas de café en 2002 que se convirtieron en agricultura 2011	Transiciones entre el mapa CORINE 2002 y RapidEye 2011
T_BOSQUE	Hectáreas de café en 2002 que se convirtieron en bosque 2011	Transiciones entre el mapa CORINE 2002 y RapidEye 2011
T_CAFE	Hectáreas de café en 2002 que continuaron siendo café en 2011	Transiciones entre el mapa CORINE 2002 y RapidEye 2011
T_BOSSEC	Hectáreas de café en 2002 que se convirtieron en bosque secundario 2011	Transiciones entre el mapa CORINE 2002 y RapidEye 2011
T_URBANO	Hectáreas de café en 2002 que se convirtieron en urbano 2011	Transiciones entre el mapa CORINE 2002 y RapidEye 2011
T_OTROS	Hectáreas de café en 2002 que se convirtieron en otros usos 2011	Transiciones entre el mapa CORINE 2002 y RapidEye 2011
T_AGUA	Hectáreas de café en 2002 que se convirtieron en agua 2011	Transiciones entre el mapa CORINE 2002 y RapidEye 2011
CAFE92	Hectáreas de café en 1992	Transiciones entre el mapa CORINE 2002 y RapidEye 2011

1.3 Priorización de áreas a intervenir

1.3.1 Variables siendo utilizadas

Preliminarmente se han adoptado utilizar tres (3) variables para la identificación inicial de regiones hidrológicas a intervenir. Estas son:

- A. Estrés hídrico esperado bajo escenarios de CC (figura 5)
- B. Prevalencia de Malnutrición (figura 3)
- C. Proporción del bosque cafetero (Y2011) inicial que ya NO será idóneo en 2030-2050

Como parte del estudio siendo desarrollado por CIAT (Análisis para la identificación de alternativas para diferentes alturas que generen servicios ecosistémicos similares a los bosques cafeteros) se dispone de una superficie de respuesta en la que se han identificado las zonas del paisaje en las que bajo condiciones de cambio climático ya no se darán condiciones de idoneidad para el cultivo de café. La metodología para obtener este producto puede ser encontrada en el informe técnico de CIAT.

Para los fines de priorización, esta fuente de datos fue intersectada geoespacialmente con la máscara de café obtenida del MARN. De esta forma, se pudieron contabilizar a nivel de región hidrológica aquellas zonas en las cuales existe cultivos de café y que en el futuro cercano ya NO tendrán condiciones de idoneidad por los efectos del cambio climático. El resultado se puede apreciar en la siguiente figura.

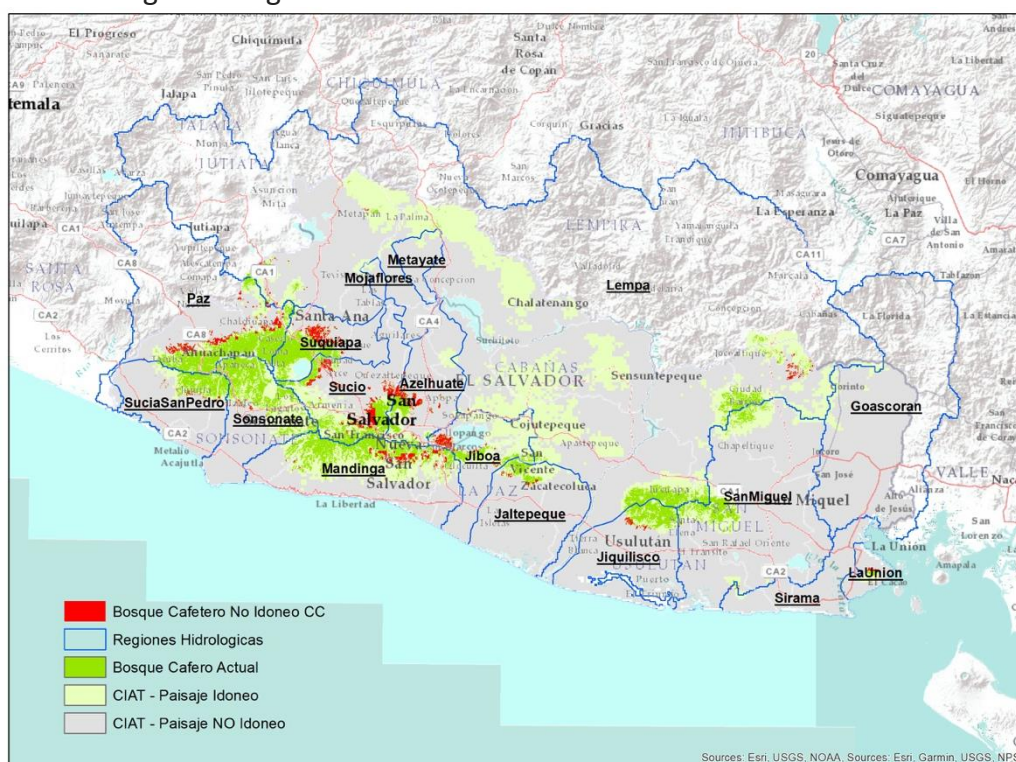


Figura 6. Bosque cafetero actual que no será idóneo bajo influencia del cambio climático

En las siguientes tablas, se proporciona el desglose de las categorías de gradiente de impacto identificadas por CIAT para los escenarios del Y2030 y Y2050.

Tabla 2. Gradientes de impacto - porcentaje de cada región hidrológica – CIAT Y 2030

Región	Área (ha)	Adaptación Incremental	Adaptación Sistémica	No Idóneo	Oportunidades	Resiliencia Sistémica	Zona Transformación
Azelhuate	71616.87	0.00	14.22	80.91	0.24	4.64	0.00
Goascoran	133674.66	0.00	2.66	95.35	0.00	1.11	0.89
Jaltepeque	96688.17	0.49	0.20	89.30	0.00	5.78	4.23
Jiboa	66662.1	0.00	3.20	61.16	0.00	25.57	10.06
Jiquilisco	87824.34	4.57	0.92	85.94	0.00	4.58	3.98
LaUnion	14401.62	0.00	0.00	87.70	0.00	5.91	6.39
Lempa	730641.24	0.91	7.43	68.09	0.00	17.65	5.92
Mandinga	125860.68	0.40	11.54	53.64	0.00	13.11	21.30
Metayate	20898.9	0.00	6.51	89.00	0.00	4.49	0.00
Mojaflores	6084.54	0.00	12.24	84.11	0.00	3.65	0.00
Paz	85986.45	1.78	15.83	54.80	0.00	23.11	4.48
SanMiguel	237662.82	1.66	2.96	84.74	0.00	5.11	5.53
Sirama	51918.57	0.00	0.00	98.10	0.00	0.11	1.79
Sonsonate	79021.62	0.32	12.39	46.93	0.00	26.23	14.12
SuciaSanPedro	77067.99	3.11	3.06	80.39	0.00	8.31	5.13
Sucio	86128.11	0.00	19.58	62.20	0.00	14.85	3.37
Suquiapa	54741.06	0.39	19.70	60.19	0.00	19.56	0.16

Tabla 3. Gradientes de impacto - porcentaje de cada región hidrológica – CIAT Y 2050

Región	Área (ha)	Adaptación Incremental	Adaptación Sistémica	No Idóneo	Resiliencia Sistémica	Zona Transformación
Azelhuate	71616.87	0.00	10.67	81.15	8.18	0.00
Goascoran	133674.66	0.00	1.06	95.35	2.46	1.12
Jaltepeque	96688.17	0.41	0.46	89.30	4.22	5.61
Jiboa	66662.1	0.00	0.98	61.16	13.49	24.37
Jiquilisco	87824.34	2.84	1.04	85.94	4.54	5.64
LaUnion	14401.62	0.00	0.00	87.70	4.77	7.54
Lempa	730641.24	0.52	4.85	68.09	15.49	11.06
Mandinga	125860.68	0.00	8.72	53.64	10.37	27.27
Metayate	20898.9	0.00	2.96	89.00	7.26	0.79
Mojaflores	6084.54	0.00	5.99	84.11	9.90	0.00
Paz	85986.45	1.40	12.03	54.80	19.30	12.46
SanMiguel	237662.82	0.71	2.37	84.74	4.38	7.81
Sirama	51918.57	0.00	0.00	98.10	0.00	1.90
Sonsonate	79021.62	0.06	11.64	46.93	20.58	20.79
SuciaSanPedro	77067.99	1.84	3.58	80.39	6.86	7.33
Sucio	86128.11	0.00	14.92	62.20	15.40	7.47
Suquiapa	54741.06	0.20	15.56	60.19	19.72	4.33

1.3.2 Construcción de un indicador multicriterio

Como se apuntó anteriormente, las tres variables siendo utilizadas fueron sumariadas al nivel de la región hidrológica. En todo caso, para cada variable y región:

- A) Estrés hídrico es un solo factor adimensional que aplica a toda la región hidrológica
- B) Malnutrición es un promedio ponderado a partir de los datos individuales de prevalencia de malnutrición al nivel de los municipios que son parte de cada región hidrológica
- C) Café No idóneo es la proporción del área de café inicial (Y2016) por cada región hidrológica que ya no será idóneo por los efectos del cambio climático al año 2030-2050

Los valores encontrados de acuerdo a la descripción presentada arriba se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 4. Valores encontrados para las tres variables de priorización

Región Hidrológica	Estrés Hídrico - ESC22QecoC	Malnutrición	Café No Idóneo
Jiboa	0.22	22.66	35.54
Sonsonate	0.64	21.59	1.57
Azelhuate	0.11	16.59	30.05
Sucio	0.11	18.62	23.73
Paz	0.15	22.11	13.54
Sucia-SanPedro	0.22	24.45	3.84
Mandinga	0.06	26.03	11.41
Jaltepeque	0.22	20.24	10.13
Suquiapa	0.11	19.86	17.00
Jiquilisco	0.11	23.23	5.76
SanMiguel	0.13	22.69	1.86
Mojaflores	0.11	21.97	0.00
La Unión	0	0	41.07
Metayate	0.11	19.74	0.00
Sirama	0.02	17.88	7.15
Lempa	0.11	0	5.76
Goascorán	0.01	0	0.00

Estas tres variables han sido estandarizadas usando una linearización sencilla, de tal forma que no se provee mayor peso a una variable sobre otra, y todos los nuevos valores caen en un rango de 0 a 1. A saber:

$$nv_{ij} = (x_i - \min(var_j)) / (\max(var_j) - \min(var_j))$$

Donde:

nv_{ij} = nuevo valor de la observación i en la variable j

x_i = valor de la observación i en la variable j

\min = valor mínimo de la distribución de la variable j

\max = valor máximo de la distribución de la variable j

var_j = variable siendo usada en la priorización

Para encontrar un indicador multicriterio único para cada región hidrológica se tiene la sumatoria aritmética de las 3 variables transformadas. La figura siguiente refleja la distribución espacial del índice de priorización.

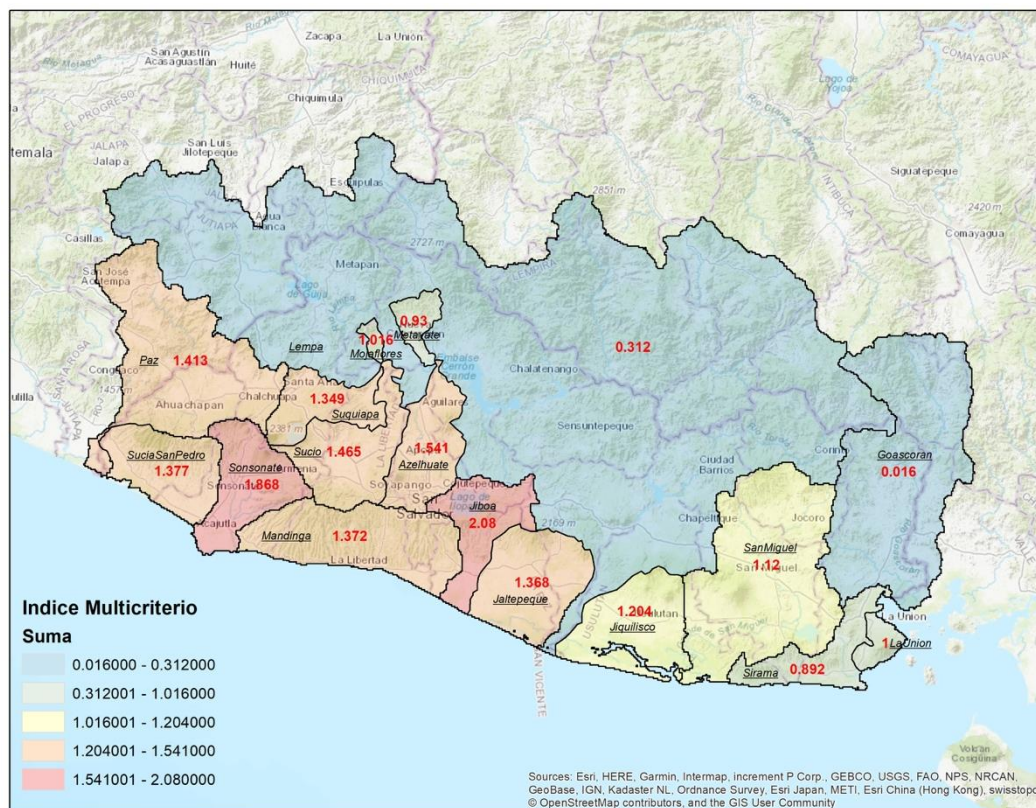


Figura 7. Índice multicriterio a nivel de región hidrológica para priorizar áreas de intervención

Para las variables de Malnutrición, y de afectación del café se puede utilizar una segmentación espacial más detallada (ej. el límite municipal). Sin embargo, para variable de estrés hídrico esperado solo se cuenta a nivel de las regiones hidrológicas que se muestran en el mapa. Por lo tanto, es imposible aumentar el nivel de desagregación.

Como se había estimado durante las misiones de campo, las cuencas hidrográficas de la zona occidental del país eran candidatas fuertes para ser prioritarias. Este índice multicriterio refuerza esas percepciones iniciales. En este contexto, y si no se considera trabajar en cuencas transfronterizas, entonces se debe de eliminar la cuenca del Río Paz. Las cinco (5) regiones con los valores más altos del índice multicriterio son:

1. Jiboa
2. Sonsonate
3. Azelhuate
4. Sucio
5. Sucia- San Pedro

Un dato importante a tener en las cuencas que se priorizan es el número de fincas de café, y el área de cultivo para cada una de estas regiones hidrológicas. El Consejo Salvadoreño del Café (CSC) compartió datos tabulares a nivel del Cantón sobre estas dos variables. En este sentido, se realizaron las siguientes sub-actividades para obtener un dato agregado al nivel de la región hidrológica.

- La tabla de atributos de la base de datos geoespacial de límites de cantón (polígonos) se exportó en una hoja electrónica
- Los datos tabulares provistos por el CSC se unieron a la tabla de atributos del punto anterior tomando como base la armonización de a) nombre del departamento, b) nombre del municipio, y c) nombre del cantón. Esta actividad significó un esfuerzo arduo ya que en muchos casos los nombres provistos por el CSC no concuerdan completamente con los encontrados en la base de datos geoespacial
- Finalizada el esfuerzo de unión, la hoja electrónica se enlazó con la tabla de atributos de los cantones, utilizando el campo de identificación único establecido por WFP
- A las poligonales de los cantones se les extrajo el centroide (posición media aritmética de todos los puntos en cada polígono). Estos centroides y sus atributos (hectáreas de cultivo y número de fincas) pueden ser sumariados al nivel deseado, en este caso las regiones hidrológicas. Ver figura siguiente.

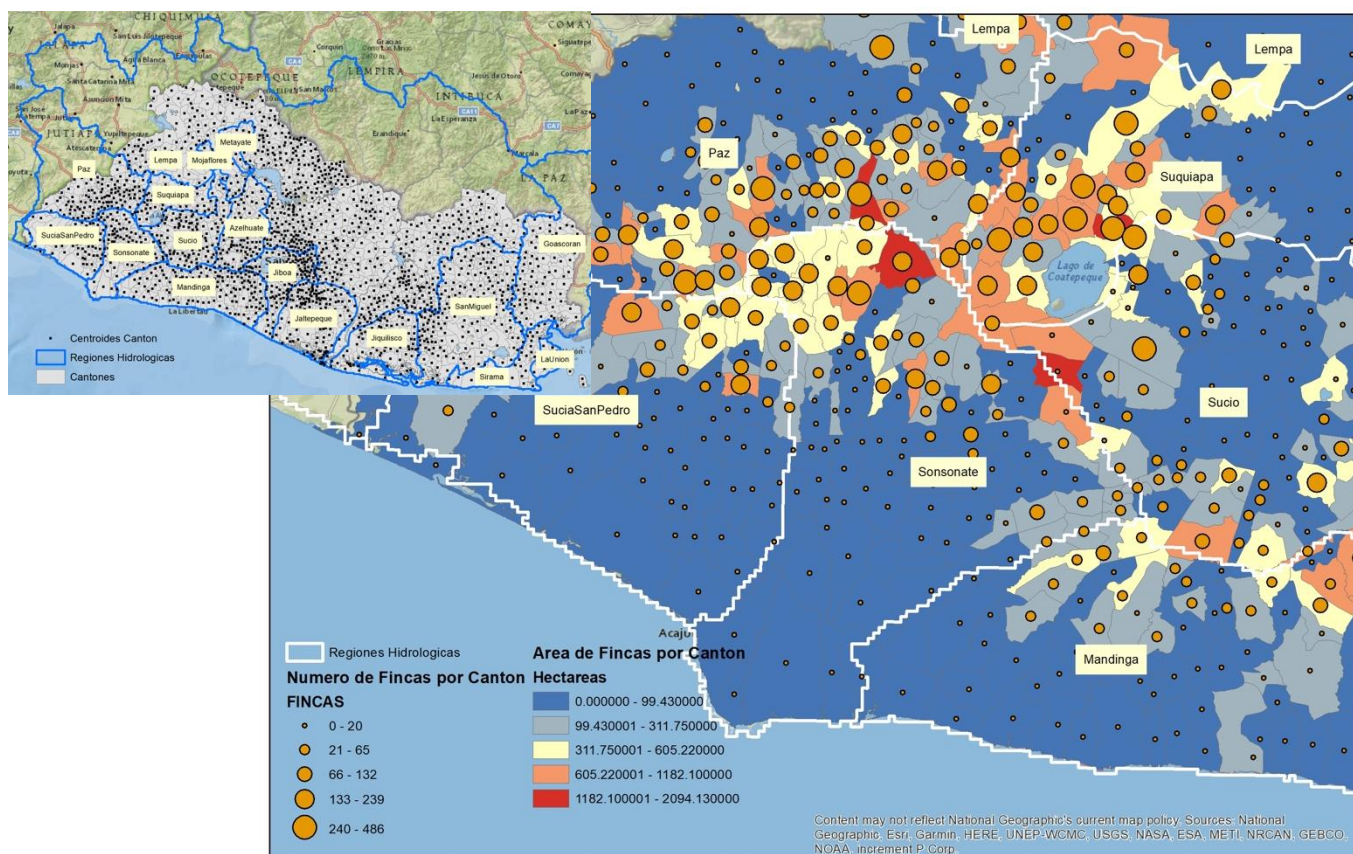


Figura 8. Agregación de datos a nivel de cantón al nivel de la región hidrológica

Los resultados al nivel de la región hidrológica se presentan en la tabla siguiente. En color verde se presentan las 5 regiones hidrológicas que se han priorizado según el índice multicriterio.

Tabla 5. Número de fincas y área de cultivos de café en las regiones hidrológicas

Región	Número de Cantones Insertos (Centroides)	Total Área Cultivada (ha)	Número de Fincas
Azelhuate	94	3975.52	921
Goascoran	88	75.88	65
Jaltepeque	138	1982.87	715
Jiboa	120	2712.27	1618
Jiquilisco	94	3359.99	1373
LaUnion	11	299.29	14
Lempa	683	16345.59	6569
Mandinga	142	12503.31	2008
Metayate	12	52.03	24
Mojaflores	1	0	0
Paz	114	27076.45	7403
SanMiguel	200	5415.62	1606
Sirama	31	18.31	11
Sonsonate	96	15370.31	3822
SuciaSanPedro	66	6186.88	1553
Sucio	112	18563.6	3709
Suquiapa	53	14440.16	4492

Las superficies (ha) para las categorías de gradientes de impacto identificadas por CIAT por cada una de las cinco regiones priorizadas se presentan a continuación.

Tabla 6. Desagregación de las gradientes de impacto CIAT para las 5 regiones hidrológicas prioritarias


Región	Área Total	Adaptación Incremental		Adaptación Sistémica		No Idóneo		Oportunidades		Resiliencia Sistémica		Zona transformación	
		Y2030	Y2050	Y2030	Y2050	Y2030	Y2050	Y2030	Y2050	Y2030	Y2050	Y2030	Y2050
Azelhuate	71616.87			10181.34	7643.61	57945.78	58115.97	170.19		3319.56	5857.29		
Jiboa	66662.1			2136.51	650.43	40773.69	40773.69			17043.75	8991.99	6708.15	16245.99
Sonsonate	79021.62	250.83	49.95	9794.61	9196.47	37086.84	37086.84			20729.61	16261.2	11159.73	16427.16
SuciaSanPedro	77067.99	2399.67	1417.41	2355.66	2756.52	61954.83	61954.83			6402.96	5288.04	3954.87	5651.19
Sucio	86128.11			16862.76	12850.47	53573.49	53573.49			12790.08	13267.98	2901.78	6436.17

Referencias

- Baker, T.J., Miller, S.N., 2013. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to assess land use impact on water resources in an East African watershed. *Journal of Hydrology* 486, 100–111.
- Brooks, K.N., Ffolliott, P.F., Magner, J.A., 2012. *Hydrology and the Management of Watersheds*. John Wiley & Sons.
- Bruijnzeel, L.A., 1989. forestation and dry season flow in the tropics: A closer look. *Journal of Tropical Forest Science* 229–243.
- Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., Tobón, C., 2011. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20, 19–33.
- Chen, Y., Langenbrunner, B., Randerson, J.T., 2018. Future Drying in Central America and Northern South America Linked With Atlantic Meridional Overturning Circulation. *Geophysical Research Letters* 45, 9226–9235.
- DIGESTYC, D.G. de E. y C., 2007. Poblacion y Estadísticas Demograficas [WWW Document]. Censo de Poblacion y Vivienda 2007. URL <http://www.digestyc.gob.sv/index.php/temas/des/poblacion-y-estadisticas-demograficas/censo-de-poblacion-y-vivienda/poblacion-censos.html> (accessed 11.5.18).
- Eastman, J.R., Toledano, J., 2018. A Short Presentation of the Land Change Modeler (LCM), in: *Geomatic Approaches for Modeling Land Change Scenarios*. Springer, pp. 499–505.
- Haugen, M.A., Stein, M.L., Moyer, E.J., Sriver, R.L., 2018. Estimating Changes in Temperature Distributions in a Large Ensemble of Climate Simulations Using Quantile Regression. *Journal of Climate* 31, 8573–8588.
- Hernandez, A.J., 2003. Dinámica del uso de la tierra y de la oferta hídrica en la cuenca del Río Guacerique, Tegucigalpa, Honduras. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza, Turrialba, Costa Rica.
- Hernandez, A.J., Healey, S.P., Huang, H., Ramsey, R.D., 2018. Improved Prediction of Stream Flow Based on Updating Land Cover Maps with Remotely Sensed Forest Change Detection. *Forests* 9, 1.
- Instituto Geografico y Del Catastro Nacional, 2002. CORINE Land Cover.
- IPCC, 2015a. *Climate change 2014: Mitigation of climate change*. Cambridge University Press.
- IPCC, 2015b. IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change - Special Reports [WWW Document]. IPCC Data Distribution Centre. URL <http://www.ipcc.ch/> (accessed 2.1.14).
- Karmalkar, A.V., Bradley, R.S., 2017. Consequences of global warming of 1.5 C and 2 C for regional temperature and precipitation changes in the contiguous United States. *PLoS One* 12, e0168697.
- Lehner, B.H., 2014. Global watershed boundaries and sub-basin delineations derived from HydroSHEDS data at 15 second resolution. Technical Documentation Version 1. c (with and without inserted lakes).
- Luce, C., Morgan, P., Dwire, K., Isaak, D., Holden, Z., Rieman, B., Gresswell, R., Rinne, J., Neville, H.M., Gresswell, R.E., Dunham, J., Rosenberger, A., Young, M., 2012. In *Climate change, forests, fire, water, and fish: Building resilient landscapes, streams, and managers* (No.

- GTR-RMRS-290). USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado.
- Maes, W.H., Heuvelmans, G., Muys, B., 2009. Assessment of land use impact on water-related ecosystem services capturing the integrated terrestrial– aquatic system. *Environmental Science & Technology* 43, 7324–7330.
- MARN, 2016. Plan Nacional de Gestion Integrada del Recurso Hidrico - Version Resumen. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador.
- Mas, J.-F., 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International journal of remote sensing* 20, 139–152.
- Maurer, E.P., Roby, N., Stewart-Frey, I.T., Bacon, C.M., 2017. Projected twenty-first-century changes in the Central American mid-summer drought using statistically downscaled climate projections. *Regional Environmental Change* 17, 2421–2432.
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., Van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747.
- Moulds, S., Buytaert, W., Mijic, A., 2017. An open and extensible framework for spatially explicit land use change modelling: the lulcc R package. *Geosci Model Dev.* 8: 3215–3229.
- PlanTrifinio, P.A., 2016. Monitoreo ambiental en zonas de recarga hídrica en el Trifinio Efectos de sistemas agroforestales sobre la hidrología de suelos. GIZ, El Salvador.
- Raneesh, K.Y., Thampi Santosh, G., 2011. A study on the impact of climate change on streamflow at the watershed scale in the humid tropics. *Hydrological sciences journal* 56, 946–965.
- Strauch, M., Volk, M., 2013. SWAT plant growth modification for improved modeling of perennial vegetation in the tropics. *Ecological modelling* 269, 98–112.
- Vaghefi, S.A., Abbaspour, N., Kamali, B., Abbaspour, K.C., 2017. A toolkit for climate change analysis and pattern recognition for extreme weather conditions–Case study: California-Baja California Peninsula. *Environmental Modelling & Software* 96, 181–198.
- Veldkamp, A., Lambin, E.F., 2001. Predicting land-use change. Elsevier.
- WFP, W.F.P., 2013. WFP HungerMap El Salvador.

Anexos – Declaración Jurada presentada a MARN para obtención de datos



DECLARACIÓN JURADA DE CONFIDENCIALIDAD

OTORGANTES:

ALEXANDER JAVIER HERNÁNDEZ CÁCERES

ANTE LOS OFICIOS NOTARIALES DE
LICENCIADA DANIELA MARÍA CORNEJO RODRÍGUEZ
ABOGADA Y NOTARIA

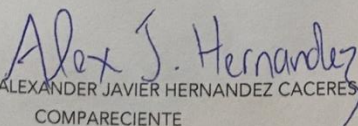
Quali Consultores

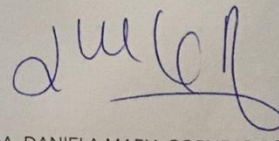
89 avenida Norte, 15 calle poniente, Alturas de la Escalón, Casa número 5-B, Colonia Escalón, San Salvador, C.A.

Teléfono: 2520-0858. Telefax: 2264 - 5640.

En la ciudad de San Salvador, a las nueve horas y treinta minutos del día diecisiete de octubre de dos mil dieciocho. Ante Mí **DANIELA MARÍA CORNEJO RODRÍGUEZ**, Notaria, del domicilio de San Salvador, Departamento de San Salvador, comparece el señor **ALEXANDER JAVIER HERNANDEZ CACERES**, de cuarenta y cinco años de edad, Ingeniero Forestal con Doctorado en Ecología, de nacionalidad Hondureña, del domicilio de North Logan, Utah, Estados Unidos de Norteamérica, pero con domicilio especial de la ciudad de San Salvador, persona a quien hoy conozco e identifico por medio de su pasaporte Hondureño, número E SEIS NUEVE NUEVE OCHO OCHO DOS, emitido con fecha veintitrés de diciembre de dos mil catorce, con caducidad fecha veintitrés de diciembre de dos mil veinticuatro, en su calidad personal **ME DECLARA**

BAJO JURAMENTO: I) Que por este medio se compromete ante el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), a no difundir, divulgar, entregar a terceros o hacer pública cualquier información intercambiada entre su persona y el Ministerio, o a cualquier información a la que se haya podido tener acceso con motivo de realizar apoyo de modelaciones hidrológicas para formular propuesta del fondo verde del clima, como parte del proyecto de innovación, investigación y difusión de tecnologías agrícolas para la resciliencia al cambio climático en los bosques cafetaleros de El Salvador, (ES-L1135), cuando la información en cuestión no sea de dominio público, salvo exigencia de la ley o previa autorización por escrito por parte del MARN. **II)** Se compromete a su vez a que toda la información recopilada y/o generada por el compareciente, así como los resultados obtenidos y productos adquiridos y producidos en y para la realización de apoyo de modelaciones hidrológicas para formular propuesta del fondo verde del clima, como parte del proyecto de innovación, investigación y difusión de tecnologías agrícolas para la resciliencia al cambio climático en los bosques cafetaleros de El Salvador, (ES-L1135), son estrictamente confidenciales, y solo podrá entregarse a terceros previa autorización por escrito por parte del MARN. **III)** El compareciente no podrá usar la información proporcionada por el MARN para fines u objetivos diferentes a los que sirvieron de fundamento a la solicitud de dicha información; así como no podrá divulgar, comercializar o editar parcial o totalmente dicha información sin previa autorización por escrito por parte del MARN. Así se expresó el compareciente a quien explique los efectos legales de la presente Acta Notarial que consta de una hoja útil y leída que se la hube íntegramente en solo acto interrumpido ratifican su contenido y firmamos **DOY FE.-**


SR. ALEXANDER JAVIER HERNANDEZ CACERES
COMPARECIENTE


LICDA. DANIELA MARIA CORNEJO RODRIGUEZ
ABOGADA Y NOTARIA

