

**Determinación de la huella hídrica y comercio  
de agua virtual de los principales productos  
agrícolas de Honduras**

**Maria Eugenia Bolaños Bolaños**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

# **Determinación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos agrícolas de Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Administración de Agronegocios en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Maria Eugenia Bolaños Bolaños**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2011

# **Determinación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos agrícolas de Honduras**

Presentado por:

Maria Eugenia Bolaños Bolaños

Aprobado:

---

Fredi Arias, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Ernesto Gallo, M.Sc., M.B.A.  
Director  
Carrera de Administración de  
Agronegocios

---

Alberto Garrido, D.I.A.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Erika Tenorio, M.Sc.  
Asesora

## RESUMEN

Bolaños Bolaños, M.E. 2011. Determinación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos agrícolas de Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 42 p.

La huella hídrica se define como la cantidad de agua utilizada en la producción de un bien o servicio y el agua virtual indica el agua contenida en un producto cuando éste se exporta o importa del país. El objetivo de éste estudio es realizar una estimación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de la principal producción agrícola de Honduras en el año 2008. Partiendo de la metodología descrita por Hoekstra *et al.* y el modelo CROPWAT 8.0 para determinar los requerimientos de agua del cultivo y la cantidad de productos agrícolas que se exportan, distinguiendo el origen del agua utilizada. En los resultados, se observaron cambios en la composición de la huella hídrica entre cultivos ya que ésta incrementa conforme aumenta el sector agrícola y difiere entre los departamentos productivos; esto debido a variaciones: climáticas, ciclos de cultivos, rendimientos y volumen de riego principalmente. Honduras posee 95.93 km<sup>3</sup> de recursos hídricos renovables totales, de los cuales 6.60 km<sup>3</sup> corresponde a la huella hídrica de los 15 cultivos y 2.92 km<sup>3</sup> de agua virtual se exporta en 13 productos agrícolas. Éste último significa que 2.63 Km<sup>3</sup> de agua proveniente de la precipitación y 0.12 Km<sup>3</sup> proveniente del riego se exportó el año 2008. Para valorar el agua se estimó su Productividad Aparente, éste es el valor económico de la producción agrícola por metro cúbico de agua utilizado, siendo el cultivo de tabaco con 2.68 \$/m<sup>3</sup> el cultivo más rentable desde el punto de vista de valor del agua. A partir de estos valores, el agricultor podría determinar cultivos producir.

**Palabras clave:** Agua azul, agua gris y agua verde, evapotranspiración, productividad aparente.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos .....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>35</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Principales productos agrícolas de Honduras, periodo 2008.....	5
2. ETo a partir de los datos climáticos de la estación meteorológica de Choluteca. ....	7
3. Precipitación mensual y efectiva para el departamento de Choluteca. ....	8
4. Balance hídrico de un suelo medio en el departamento de Choluteca. ....	10
5. Evapotranspiración verde y azul del cultivo de maíz en Choluteca. ....	11
6. Cálculo de los componentes verdes y azul de la huella hídrica (HH) para el maíz en el departamento de Choluteca, utilizando la opción de RAC. ....	12
7. Huella hídrica (HH) de la producción de pepino y pepinillo, sandía y arroz con cáscara a nivel departamental. ....	15
8. Huella hídrica (HH) de la producción de café verde, caña de azúcar, frijol y aceite de palma a nivel departamental. ....	16
9. Huella hídrica (HH) de la producción de banano, naranja, tomate y melón a nivel departamental. ....	17
10. Huella hídrica (HH) de la producción de piña tropical, maíz, plátano y tabaco puro a nivel departamental. ....	18
11. Promedio nacional de la huella hídrica (HH) de 15 productos agrícolas. ....	23
12. Huella hídrica (HH) de la producción agrícola de Honduras. ....	25
13. Huella hídrica promedio para Costa Rica, México (Periodo 2001) y Honduras (Periodo 2008) para 15 productor agrícolas. ....	27
14. Exportación de agua virtual contenida en los productos agrícolas. ....	29
15. Productividad aparente del agua (PAA) de los 15 productos agrícolas. ....	31
Figuras	Página
1. Evapotranspiración del cultivo. ....	6
2. Etapas del coeficiente de cultivo (kc) del maíz. ....	9
3. Clases de texturas de los suelos de Honduras. ....	9
4. Huella hídrica (HH) del cultivo de café por departamentos. ....	19
5. Huella hídrica (HH) por departamento del tabaco bruto y frijol. ....	20
6. Huella hídrica (HH) del maíz y arroz con cáscara a nivel departamental. ....	20
7. Huella hídrica (HH) de la producción de palma aceitera, naranja y plátano en los departamentos de Honduras. ....	21

8. Huella hídrica (HH) de la producción de caña de azúcar, banano y tomate en los departamentos de Honduras. ....	21
9. Huella hídrica (HH) por departamento del melón, piña tropical, pepinos y pepinillos y sandía. ....	22
10. Huella hídrica (HH) promedio de la producción agrícola de Honduras. ....	24
11. Huella hídrica (HH) de la producción agrícola de Honduras (no se incluye al café). 24	
12. Distribución porcentual por cultivo de la huella hídrica nacional. ....	26
13. Distribución porcentual de la HH de Honduras, Costa Rica y México. ....	28
14. Distribución porcentual del Agua Virtual exportada y sus componentes verde azul y gris. ....	30
15. Relación entre la huella hídrica (HH) y la productividad aparente del agua (PPA) de los 15 productos agrícolas. ....	32

## Anexos

## Página

1. Rendimiento de los principales productos agrícolas de Honduras. ....	37
2. Promedios de los datos climáticos de los departamentos de Honduras necesarios para la obtención del ETo. ....	38
3. Evapotranspiración de referencia (ETo) en mm/día de los departamentos de Honduras. ....	39
4. Datos de precipitación mensual en milímetros por departamento. ....	40
5. Datos de precipitación efectiva en milímetros por departamento. ....	41
6. Coeficientes de cultivos de la principal producción agrícola de Honduras. ....	42
7. Duración de las etapas del ciclo de los cultivos en días. ....	42

# 1. INTRODUCCIÓN

En el mundo hoy en día, los japoneses afectan indirectamente al sistema hidrológico en USA y la gente en Europa impacta indirectamente en el sistema de agua regional de Brasil ¿cómo es posible esto?, muchos podrían responder que esto ocurre debido al cambio climático ya que con las emisiones de gases que causan el efecto invernadero influyen en la temperatura global, evapotranspiración y precipitación; por lo tanto el cambio climático puede afectar indirectamente otras localidades. Sin embargo, pocos saben que existe un segundo mecanismo por el cual la gente afecta a los sistemas de agua en otras partes del mundo, se trata del comercio global que hoy en día ya es mucho más significativo. El comercio internacional de los productos agrícolas e industriales crea un enlace entre la demanda de productos que requieren mucha agua en países como Japón, Italia, Alemania y Reino Unido y el uso de agua para la producción de estos productos en países como USA y Brasil. Entonces el uso de agua para exportar productos al mercado global contribuye significativamente al cambio en el sistema de agua local (Hoekstra y Chapagain 2008).

En el comercio y producción de bienes y servicios se consume y contamina el agua ya sea de forma directa o indirecta por medio de actividades: industriales, domésticas, humanas y agrícolas; afectando a los recursos hídricos en un lugar dado. Bajo estas consideraciones se introducen los conceptos de huella hídrica y agua virtual, el primero indica la cantidad de agua que se necesita para producir un bien o servicio y el agua virtual se refiere al volumen de agua contenida en los productos cuando estos son exportados o importados (Allan 2003).

La región centroamericana es reconocida por la abundancia de sus recursos hídricos y aunque se reconoce que el uso y aprovechamiento adecuados de los recursos es un factor clave para el desarrollo de cualquier país, algunos países de la región presentan déficit en el acceso de agua e incluso escasez en algunas áreas que dificultan el desarrollo sostenible. Según la organización meteorológica mundial (OMM), en general los países de Centroamérica tienen pocos problemas de escasez, ya que todos utilizan menos del 10% de sus recursos disponibles (GWP 2011).

Honduras cuenta con una superficie total de 112,492 km<sup>2</sup>, en el cual un 24.9% de ésta superficie es cultivable y un 75% con vocación forestal. De los recursos hídricos que el país posee, aproximadamente menos del 10% se satisface con aguas subterráneas y el resto con recursos superficiales, ésta demanda se da principalmente por el consumo directo de la población, agricultura, industria e hidroelectricidad.

Para el año 2010 la población estimada del país fue de 8,045,990 habitantes, donde el 53% se ubica en la zona rural y el 47% en zona urbana. La cobertura del servicio de agua potable y saneamiento en el ámbito nacional está concentrada en las áreas de mayor población del país (FAO 2011).

La economía del país depende fuertemente del sector agropecuario ya que la agricultura representa el 13.1% del PIB; el aprovechamiento de la disponibilidad del agua en el sector agrícola es 80.2%, el sector industrial 1.6% y doméstico 8.1%. Por lo tanto, el fomento a la producción agrícola bajo riego se considera fundamental para abastecer su consumo interno y ampliar sus horizontes de exportación de productos no tradicionales (FAO 2011d). El riego frente a los otros usos del agua representa el 90% del consumo de agua y se estima que solo el 2% del caudal anual producido por los ríos está siendo utilizado para fines de consumo doméstico, agrícola, industrial, minero e hidrológico. A pesar de que las tierras con potencial de riego ascienden a 1,428,000 hectáreas, solamente 93,000 están siendo irrigadas (GWP 2011).

En Honduras, el porcentaje de agua que se utiliza en la agricultura es 1,153 Mm<sup>3</sup> (Millones de metros cúbicos) del total que corresponde a 1,900 Mm<sup>3</sup>. Según la FAO (2011), en los últimos 30 años el sector agropecuario ha tenido un crecimiento errático e insuficiente para generar ingresos a los habitantes del campo, los ingresos por explotación de cultivos no cuantifican el valor del agua y las causas principales se deben a la aplicación de sistemas insostenibles, el uso inadecuado de los recursos naturales y la insuficiente conciencia ambiental entre la población. La utilización de los precios del mercado para los insumos de los recursos naturales, mano de obra, capital y energía parece ser la única manera satisfactoria de decidir qué productos producir y que combinaciones de los insumos utilizar en la producción cuando en realidad los precios del producto o insumo no reflejan el valor social o los costos ya que entre otros no incluye el valor del agua.

Para determinar el verdadero valor del recurso hídrico en la producción hondureña, es necesario cuantificar el volumen de agua que es empleada directa e indirectamente, para ello se necesita conocer el contenido de huella hídrica y agua virtual de los productos y determinar el verdadero costo económico de producir y exportar productos agrícolas. Por lo tanto, el agua al ser un recurso escaso debe ser considerada como un bien económico ya que los precios basados en el costo marginal cambiarían a través del enfoque de incluir el agua.

Es por ello que el análisis de la huella hídrica es un indicador que ayuda a entender cómo las actividades y productos se relacionan con la escasez, contaminación e impacto y qué se puede hacer para asegurar que las actividades y productos no contribuyan al uso insostenible del agua; además ayuda a determinar cuánto de esa agua se exporta o importa mediante el cálculo del agua virtual. Sin embargo, es importante cuantificar el consumo de agua en la producción agrícola y comercio, ya que éste resulta en un aporte positivo para los recursos hídricos de los países, no solamente para Honduras como país exportador sino que también afecta a los países importadores de agua virtual.

Bajo éste contexto se definen los objetivos que este estudio comprende y se resume en lo siguiente:

- Determinar el valor de la huella hídrica de los principales productos agrícolas de Honduras.
- Cuantificar el contenido de agua virtual de los principales productos agrícolas que Honduras exporta.
- Determinar económicamente el valor del agua mediante su productividad aparente.

Ya que no se ha realizado ejercicio de este tipo en el país y se necesita generar conciencia respecto al uso del agua, el presente estudio trata de analizar la huella hídrica de la principal producción agrícola de Honduras a través de un enfoque específico por departamento y evaluando con base en los periodos 2007-2008 para cultivos anuales y el periodo 2009-2010 para cultivos perennes. Se contó con información recopilada por medio del Instituto Nacional de Estadística de Honduras (INE) y los modelos desarrollados por la organización de la agricultura y alimentación (FAO) para las secciones referentes al rendimiento, clima y utilización del recurso agua disponible.

Al ser éste un tema amplio y por falta de información, en el presente estudio solamente se tomará en cuenta el cálculo y análisis de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos agrícolas de Honduras, excluyendo a los demás cultivos que se produce en menor cantidad. Asumiendo condiciones óptimas para el cultivo, condiciones óptimas significa que asume que no hay limitaciones de agua para el crecimiento del cultivo.

Los resultados de ésta investigación no pueden extrapolarse a otros países por ser información particular recopilada de datos de Honduras y se limita a 16 de los 18 departamentos del país. Se excluyó, Gracias a Dios e Islas de la Bahía por no ser representativos en el sector agrícola.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Diseño del estudio.** En términos generales este estudio presenta un carácter preliminar ya que la Huella Hídrica y el Agua Virtual, son indicadores de cómo, cuándo, cuanto y dónde se demanda el agua. De ésta manera, se podrá cuantificar y determinar la cantidad de agua utilizada en la producción de los productos agrícolas de Honduras y cuanto de ésta se exporta; así también se realizará un análisis económico mediante su productividad aparente. La información disponible a partir de entidades gubernamentales y no gubernamentales es una fuente que provee valiosa información para fines de ésta investigación. Por lo tanto, a partir de la metodología descrita por Hoekstra *et al.* (2011), se determinará la huella hídrica de todos los productos agrícolas en estudio y por cada departamento del país.

FAOSTAT clasifica la producción de Honduras en 15 principales productos agrícolas en términos de cantidad y valor económico, las cuales se describen en el Cuadro 1. Por lo tanto, para cada uno de éstos 15 productos agrícolas se determinarán la huella hídrica y contenido de agua virtual.

Cuadro 1. Principales productos agrícolas de Honduras, periodo 2008.

Posición	Producto	Producción (1000\$)	Producción (Miles de Ton)
1	Caña de azúcar	100,560	6,141.7
2	Banano	75,601	690.5
3	Maíz	20,943	536.3
4	Aceite de Palma	82,774	273.4
5	Naranja	42,139	239.8
6	Melón	38,458	216.9
7	Café verde	155,448	202.4
8	Tomate	38,633	163.1
9	Piña tropical	25,808	133.4
10	Sandía	11,113	106.6
11	Plátano	14,669	70.1
12	Pepino y pepinillo	11,565	68.5
13	Frijol	26,995	66.9
14	Arroz con cáscara	10,460	49.5
15	Tabaco	11,850	6.5

Fuente: FAOSTAT (FAO 2011c).

**Huella hídrica.** Es el volumen total de agua dulce utilizado directa o indirectamente para producir un producto o servicio, ésta puede ser dentro de un área geográfica, una cuenca hidrográfica o un país ya que define el agua empleada en los procesos productivos que tienen lugar en dicho territorio (Garrido *et al.* 2010).

**Huella hídrica del crecimiento del cultivo (HH cultivo).** Según Hoekstra y Chapagain (2008), la HH del crecimiento del cultivo debe ser estimada a partir de la suma de sus tres componentes, diferenciados en colores: verde, azul y gris; estos sirven para distinguir las fases del agua que no son enteramente iguales en cuanto a acceso, posibilidad de uso o calidad. Por lo tanto, la HH del cultivo se estima de la siguiente manera:

$$HH \text{ cultivo} = HH_{\text{verde}} + HH_{\text{azul}} + HH_{\text{gris}} \quad [m^3/\text{ton}] \quad [1]$$

Donde, la **HH verde**, es el volumen de agua utilizado por las plantas durante el proceso de producción proveniente de la precipitación y almacenada en el suelo. La **HH azul**, es el volumen de agua dulce consumido por las plantas y luego transpirado, proveniente de fuentes de aguas superficiales y subterráneas (riego). Según Hoekstra *et al.* (2011), ambos componentes se determinan a partir de las siguientes ecuaciones:

$$HH \text{ verde} = \frac{UAC \text{ verde}}{Y} \quad [m^3/\text{ton}] \quad [2]$$

$$HH \text{ azul} = \frac{UAC \text{ azul}}{Y} \quad [m^3/\text{ton}] \quad [3]$$

Dónde:

Y = Rendimiento del cultivo, expresado en ton/ha. Los datos de rendimientos por departamentos para los 15 productos agrícolas en estudio se detallan en el Anexo 1.

UAC = Uso de Agua del Cultivo, expresado en  $m^3/\text{ha}$ , ésta es verde cuando el agua proviene de la precipitación ó es azul si el agua proviene del riego.

**Cálculo del Uso del agua del cultivo (UAC).** Se refiere al agua “verde” o “azul” que el cultivo requiere para la evapotranspiración bajo condiciones de crecimiento óptimas. Éste se calcula de la siguiente manera:

$$UAC_{\text{verde}} = 10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{\text{verde}} \quad [\text{Volumen/area}] \quad [4]$$

$$UAC_{\text{azul}} = 10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{\text{azul}} \quad [\text{Volumen/area}] \quad [5]$$

Donde:

$\sum$  = Es la sumatoria del ciclo de crecimiento completo del cultivo, es decir, desde la siembra (día 1) hasta la cosecha del cultivo y  $l_{gp}$  se refiere a la longitud o los días que cada etapa del ciclo comprende.

ET = Representa la evapotranspiración del cultivo, que es expresado en mm/día.

**La ET (evapotranspiración)**, es la suma de la transpiración de los vegetales y la evaporación del agua del suelo para el ciclo del crecimiento del cultivo, tal como se muestra en la Figura 1, el cual puede presentar variaciones dependiendo el clima y cultivo. La ET es verde, cuando el agua proviene de la precipitación y es azul cuando el agua proviene del riego (Allen *et al.* 1998). En general, la cantidad de agua que transpiran las plantas es mucho mayor que la que retienen. Por lo tanto, la transpiración se considera como el consumo de agua por la planta; también se debe considerar las pérdidas de agua por evaporación del suelo.

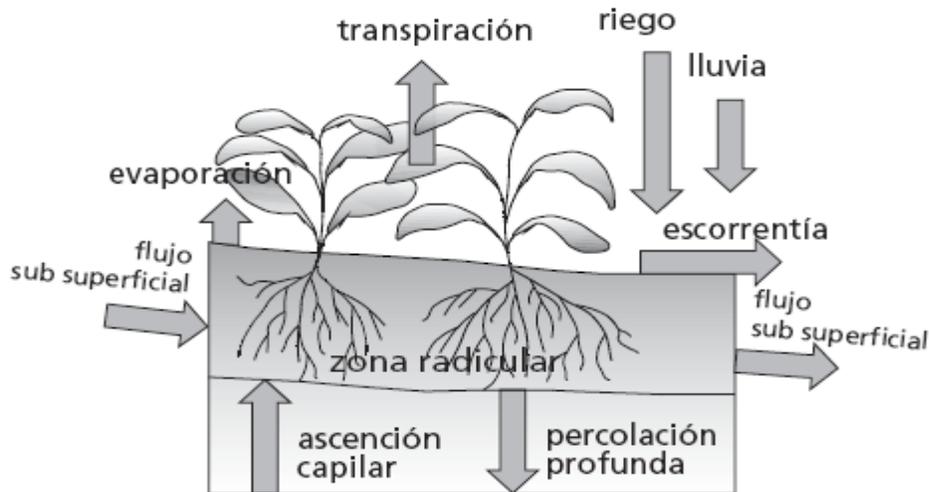


Figura 1. Evapotranspiración del cultivo.

Fuente: FAO 2006.

**Cálculo de la ET verde y azul mediante el programa CROPWAT 8.0.** La ET verde y azul, fueron determinados a partir del modelo CROPWAT; éste es un software desarrollado por la FAO (2011) utilizado para el cálculo de los requerimientos de agua del cultivo y sus requerimientos de riego en base a datos del cultivo y datos climáticos. El modelo ofrece dos alternativas para calcular la ET del crecimiento del cultivo:

- 1) Opción de requerimientos de agua del cultivo (RAC), el cual asume condiciones óptimas.
- 2) Programación de riego del cultivo, que incluye la posibilidad de especificar el riego actual.

Estimar la HH requiere de un gran número de fuentes de datos que en general deben ser específicos por área y por cultivo. Por lo tanto, por falta de acceso a datos y para hacer más comprensible su cálculo, el presente estudio se basa en la primera opción (RAC) del modelo, asumiendo que los cultivos gozan de condiciones óptimas. Esto significa que el agua del suelo resulta suficiente con la precipitación y/o riego, por lo que no limita el crecimiento y el rendimiento del cultivo.

**Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>).** Como primer paso se debe determinar la ET<sub>o</sub>, la cual se refiere a la evaporación de la atmósfera en una localización específica y época del año; medida directamente a través de los datos climáticos, no considera las características del cultivo y factores del suelo. El programa CROPWAT lo calcula a través del método de Penman-Monteith y para su cálculo se requieren datos climáticos como: temperatura, humedad, velocidad del viento y horas sol de las estaciones meteorológicas en cada departamento de Honduras (FAO 2006). Un ejemplo del cálculo de la ET<sub>o</sub> para el departamento de Choluteca se muestra en el Cuadro 2. Los promedios de estos datos climáticos y la ET<sub>o</sub> para todos los departamentos de Honduras se muestran en el Anexo 2 y 3 respectivamente.

Cuadro 2. ET<sub>o</sub> a partir de los datos climáticos de la estación meteorológica de Choluteca.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m <sup>2</sup> /día	ET <sub>o</sub> mm/día
Enero	23.1	34.6	57	406	8.9	19.5	6.86
Febrero	23.0	35.7	54	372	9.2	21.5	7.37
Marzo	23.5	36.7	58	294	8.9	22.6	7.01
Abril	24.5	35.1	60	259	8.1	22.1	6.48
Mayo	24.2	35.1	75	181	7.7	21.2	5.29
Junio	23.4	33.1	80	181	7.1	20.0	4.68
Julio	23.8	34.1	74	251	7.9	21.3	5.45
Agosto	23.6	34.1	83	233	7.6	21.0	4.93
Septiembre	22.9	32.6	89	173	6.8	19.5	4.17
Octubre	22.8	32.6	86	173	7.5	19.4	4.16
Noviembre	22.7	33.5	77	251	8.1	18.8	4.60
Diciembre	23.0	34.3	63	354	8.5	18.5	5.90
<b>Promedio</b>	<b>23.4</b>	<b>34.3</b>	<b>71</b>	<b>261</b>	<b>8.0</b>	<b>20.5</b>	<b>5.58</b>

Fuente: Datos climáticos extraídos del programa CLIMWAT 2.0 (FAO 2006a).

El Cuadro 2 muestra la variación de la ET<sub>o</sub> en los diferentes meses del año en el departamento de Choluteca, de ésta manera se puede comparar en que mes y en qué departamento hay mayor ET<sub>o</sub>. Al relacionar la ET<sub>o</sub> a un departamento específico permite contar con una referencia el cual puede compararse con otros departamentos y de ésta manera determinar en qué departamentos se evapotranspiró más el agua a partir de los datos climáticos solamente.

**Precipitación efectiva (Pe<sub>ff</sub>).** Como segundo paso en el programa, se debe determinar la Pe<sub>ff</sub> el cual desde el punto de vista agrícola se refiere a la parte de la precipitación retenida en el suelo y que está disponible para el aprovechamiento de la planta. Esto significa que no toda la precipitación está a disposición de los cultivos, ya que una parte se pierde a través de la Escorrentía Superficial (ES) y la Percolación Profunda (PP) tal como se demuestra en la Figura 1. Para su cálculo el programa CROPWAT utiliza el

método elaborado por la USDA SCS “United States Department of Agriculture Soil Conservation Services”, el cual ha desarrollado un procedimiento para estimar la Peff mediante el procesamiento de largo plazo del clima y datos de humedad del suelo con valores mensuales de precipitación (FAO 1978).

Para el caso de Choluteca, el programa determina la Peff a partir de la precipitación mensual total, descrito en el Cuadro 3. Los Anexos 4 y 5, muestran la precipitación total y efectiva para los demás departamentos de Honduras.

Cuadro 3. Precipitación mensual y efectiva para el departamento de Choluteca.

Mes	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)
Enero	2.0	2.0
Febrero	5.0	5.0
Marzo	9.0	8.9
Abril	36.0	33.9
Mayo	292.0	154.2
Junio	320.0	157.0
Julio	164.0	121.0
Agosto	220.0	142.6
Septiembre	374.0	162.4
Octubre	290.0	154.0
Noviembre	72.0	63.7
Diciembre	7.0	6.9
Total	1791.0	1011.5

Fuente: Datos de precipitación extraídos del programa CLIMWAT 2.0 (FAO 2011a).

El Cuadro 3 indica que no toda agua proveniente de la precipitación es aprovechada por las plantas para su crecimiento y desarrollo. Por ejemplo a pesar que en septiembre llueve 374 mm, solo 162 mm del agua proveniente de la lluvia es aprovechado por el cultivo. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la lluvia es altamente efectiva cuando poco o nada se pierde por ES y las precipitaciones bajas son poco efectivas pues se pierden por evaporación.

**Datos del cultivo.** Para estimar los requerimientos de agua del cultivo bajo condiciones ideales de crecimiento, se debe evaluar al cultivo desde su siembra hasta su cosecha; por ello se necesitan introducir al programa datos como: coeficiente de cultivo (Kc), etapas del ciclo del cultivo, fechas de siembra y cosecha de los 15 productos agrícolas en estudio. El Kc es un valor dependiente de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta; por lo tanto, varía según el estado vegetativo de la planta y del clima determinado. Depende de la capacidad de la planta para extraer agua del suelo a medida que se va desarrollando desde que se siembra hasta su cosecha, estos se identifican en tres valores: kc inicial, kc, media y kc final, un ejemplo se muestra en la Figura 2 (Valverde 2007). Por otro lado, las etapas del ciclo del cultivo comprenden: inicial, desarrollo, madurez y senescencia; cada etapa tiene una duración determinada en

días y varía de acuerdo a la variedad del cultivo o las condiciones de crecimiento. En los Anexos 6 y 7 se muestran los datos del  $k_c$  y la duración de las etapas del ciclo de crecimiento para los 15 productos agrícolas en estudio.

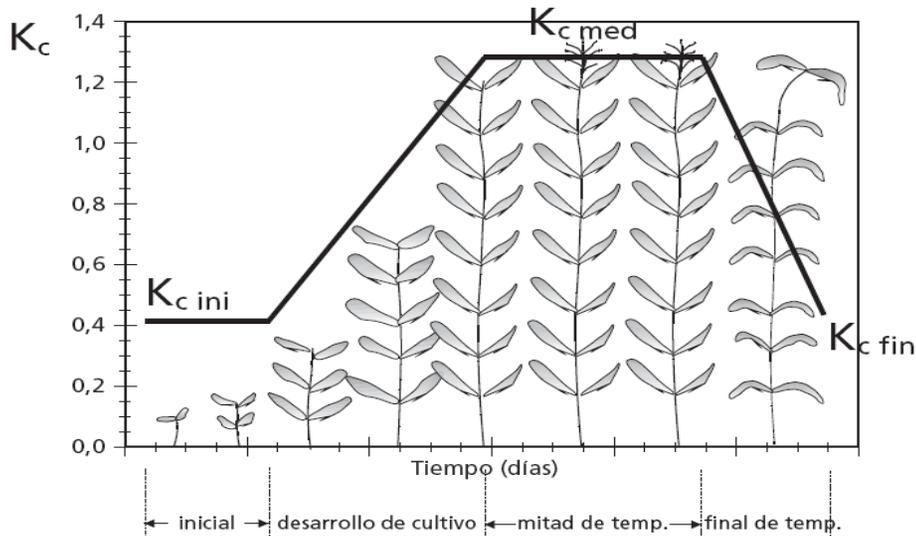


Figura 2. Etapas del coeficiente de cultivo ( $k_c$ ) del maíz.

Fuente: FAO 2006.

**Datos del suelo.** Se deben introducir datos de los suelos de los departamentos al programa, estos se determinaron a partir de la clasificación textural según Simmons y Castellano (SERNA 2010), tal como se muestra en la Figura 3. Estas clasificaciones se interpolaron con datos del modelo CROPWAT, con el cual se obtuvo un balance hídrico en los suelos, un ejemplo se muestra en el Cuadro 4 para el departamento de Choluteca.

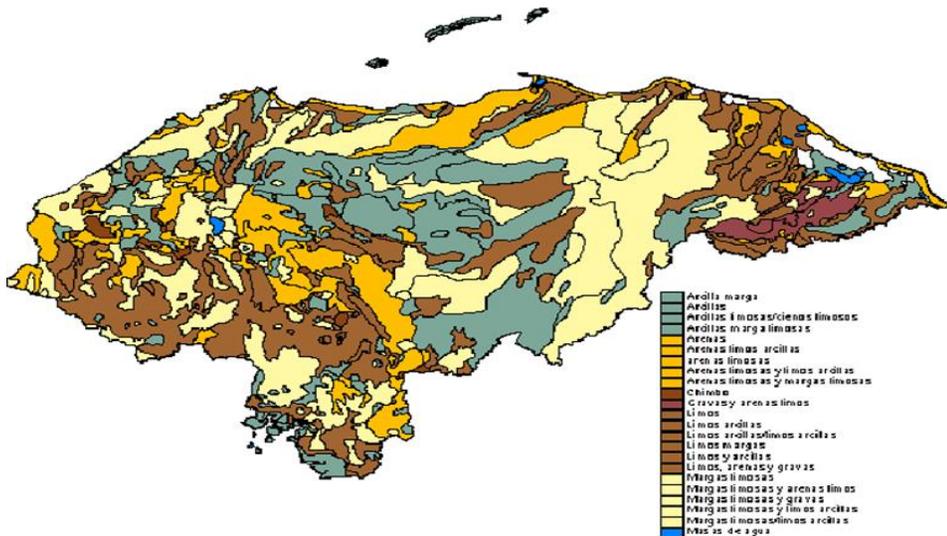


Figura 3. Clases de texturas de los suelos de Honduras.

Fuente: SERNA 2010.

Cuadro 4. Balance hídrico de un suelo medio en el departamento de Choluteca.

<b>Datos generales del suelo</b>	<b>Cantidad</b>
1.Humedad de suelo total disponible (CC-PMP)	290 mm/m
2.Tasa máxima de infiltración de la precipitación	40 mm/día
3.Profundidad radicular máxima	900 cm
4.Agotamiento inicial de humedad de suelo (% de ADT)	0 %
5.Humedad del suelo disponible inicialmente	290 mm/m

Fuente: CROPWAT 8.0 (2011b), adaptado por el autor.

El Cuadro 4 muestra los parámetros de un suelo medio, en el cual: 1) Humedad del suelo total disponible, representa la cantidad total de agua disponible para el cultivo; ésta es la diferencia entre la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP). Se expresa en milímetros (mm) por metro de profundidad de suelo. 2) Tasa máxima de infiltración de la precipitación, representa la lámina de agua que puede infiltrar en el suelo en un periodo de 24 horas; varía de acuerdo el tipo de suelo, la pendiente e intensidad de la precipitación o del riego. También permite hacer estimaciones sobre la ES, cuando la intensidad de precipitación supera la capacidad de infiltración del suelo. 3) Profundidad radicular máxima expresada en centímetros (cm), es la capacidad de los cultivos para aprovechar la reserva de agua del suelo. La profundidad radicular en el desarrollo del cultivo, es interpolada por el programa aplicando una relación lineal por lo que no requiere el ingreso de información. Aunque la mayoría de los casos los cultivos determinan la profundidad radicular, los suelos y ciertos horizontes alterados pueden restringir la profundidad radicular máxima; en éste caso el valor de 900 cm indica que el suelo no representa características que restrinja el crecimiento de la raíz. Valores inferiores a la profundidad radicular indican una limitación al crecimiento radicular. 4) Agotamiento inicial de humedad del suelo, indica la sequedad del suelo en la siembra del cultivo. Se expresa como porcentaje del Agua Disponible Total (ADT), en términos del agotamiento de la CC; el valor 0% significa un perfil de suelo húmedo a CC y 100% es un suelo en PMP. 5) Humedad del suelo disponible inicialmente, es el contenido de humedad del suelo al inicio de la temporada del cultivo; se expresa en milímetros por metro de profundidad del suelo, ésta humedad es el producto del ADT por el agotamiento inicial de humedad del suelo (FAO 2011b).

**Resultado de la ET.** Una vez determinados e introducidos los datos anteriores, el resultado que se obtiene con el programa CROPWAT se muestra en el Cuadro 5, donde la demanda hídrica del cultivo de maíz se estima a partir de la primera opción del programa “Requerimiento de agua del cultivo” (RAC). Ésta opción indica la cantidad de agua necesaria para compensar la pérdida de evapotranspiración del área del cultivo. A partir de estos se estima la ET verde y azul para el cultivo de maíz en el departamento de Choluteca.

Cuadro 5. Evapotranspiración verde y azul del cultivo de maíz en Choluteca.

Mes	Década	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Pe <sub>eff</sub> mm/dec	Req. riego mm/dec	ET verde mm/periodo	ET azul mm/periodo
Mar	2	Inicial	0.3	2.1	10.5	1	9.5	1	9.5
Mar	3	Inicial	0.3	2.05	22.5	5.1	17.4	5.1	17.4
Abril	1	Desarr	0.35	2.34	23.4	5.5	17.9	5.5	17.9
Abril	2	Desarr	0.59	3.79	37.9	6.8	31.1	6.8	31.1
Abril	3	Desarr	0.83	5.07	50.7	21.7	29	21.7	29
Mayo	1	Madu	1.08	6.14	61.4	41.7	19.6	41.7	19.7
Mayo	2	Madu	1.17	6.18	61.8	56.9	4.9	56.9	4.9
Mayo	3	Madu	1.17	5.94	65.4	55.4	10	55.4	10
Junio	1	Madu	1.17	5.63	56.3	53.2	3.1	53.2	3.1
Junio	2	Sene	1.16	5.31	53.1	54.1	0	53.1	0
Junio	3	Sene	0.96	4.69	46.9	49.5	0	46.9	0
Julio	1	Sene	0.69	3.63	36.3	42.5	0	36.3	0
Julio	2	Sene	0.45	2.47	19.8	30.1	0	19.8	0
Total					546	423.5	142.5	<b>403.4</b>	<b>142.6</b>

En el Cuadro 5 para el programa CROPWAT 8.0 el cálculo de RAC, se lleva a cabo por periodos de 10 días (dec). Donde, la primera columna indica los meses en los cuales se produjo maíz; la segunda columna indica las décadas, es decir, los meses divididos en valores decadiarios (dec), por lo tanto un mes se divide en tres décadas ya que el mes tiene 30 días a excepción del mes de marzo, debido a que la segunda década comprende 5 días solamente ya que se sembró a partir del día 15 y la tercera década comprende 11 días ya que éste mes tiene 31 días, respectivamente. El kc, varía de acuerdo a las características de los cultivos en su ciclo de vida; por lo tanto cambia desde la siembra hasta la cosecha. La ETc se considera igual al RAC, el cual es el agua necesaria para la evapotranspiración bajo condiciones de crecimiento ideales, tienen que ser calculados desde el periodo de siembra hasta la cosecha. Su cálculo se basa en la siguiente ecuación:

$$ETc \text{ [mm/día]} = Kc \times ETo \quad [6]$$

La ETc mm/dec, quiere decir la cantidad de agua que se evapotranspiró en milímetros cada década, éste se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$ETc \text{ [mm/dec]} = ETc \text{ [mm/día]} \times \text{Días en cada década} \quad [7]$$

Por ejemplo, la siembra de maíz inició a partir de la segunda década de marzo el día 15, por lo tanto del día 15 al 20 transcurrieron 5 días, es por ello que al multiplicar la ETc 2.1 mm/día por 5 días que corresponde a la segunda década de Marzo se obtiene un valor de ETc 10.5 mm/dec; posteriormente la tercera década de Marzo constituye 11 días ya que comprende desde el día 20 al 31, entonces al multiplicar la ETc 2.05 mm/día por 11 días,

se obtiene un resultado de  $ET_c$  22.5 mm/dec, respectivamente. Es de ésta manera, las décadas se calcula de acuerdo a número de días que comprende el mes.

Respecto a la **precipitación efectiva (Peff)**, para convertir los datos mensuales (descritos en el Cuadro 3) en valores decadiarios, el programa CROPWAT realiza una interpolación lineal. Los valores para la primera y tercera décadas de cada mes se calculan por interpolación con el mes anterior y posterior, respectivamente. Para compensar las desviaciones en los meses máximo y mínimo, se lleva a cabo una reiteración para cumplir con la condición de que los tres valores decadiarios promedian la media mensual. El cálculo de la ET verde en éste caso tiene el mismo valor que la Peff ya que al evapotranspirar el maíz una  $ET_c$  de 10.5 mm/dec solamente 1 mm/dec es proveniente de la precipitación.

**Requerimiento de riego (Req. riego)**, es el volumen de riego que necesita la planta, su cálculo se basa en la diferencia entre la  $ET_c$  mm/dec y la Peff. Éste valor es cero si la precipitación efectiva es mayor que el requerimiento de agua del cultivo en determinado momento, de otro modo éste es igual a la diferencia entre los requerimientos de agua del cultivo y la lluvia efectiva. Por ejemplo, para la etapa inicial en la segunda década del mes de Marzo, el maíz tiene una  $ET_c$  de 10.5 mm/dec menos 1 mm/dec de Peff, resulta en 9.5 mm/dec de agua que necesita el cultivo. Por lo tanto, el maíz en la segunda década del mes de Marzo requerirá una lamina de agua de 9.5 mm/dec y al finalizar su periodo de crecimiento cero ya que todo su consumo está basado en la precipitación efectiva en la zona.

Anteriormente se definió a la ET verde como el agua proveniente de la precipitación evapotranspirada por el cultivo y la ET azul es la evapotranspiración de agua proveniente del riego. Para el caso del maíz una  $ET_c$  10.5 mm/dec, quiere decir que 1 mm es proveniente de la Peff (ET verde) y 9.5 mm de agua fue proveniente del riego que se le aplicó (ET azul), de ésta manera se calculan para los demás cultivos.

La evapotranspiración total de un campo de cultivo es la suma de los dos componentes calculados arriba. Una vez obtenidos las ET verde y azul de los cultivos se procede a calcular el UAC (uso del agua del cultivo) sustituyendo en las ecuaciones [4] y [5] y luego en las ecuaciones [3] y [4] para obtener la HH verde y azul del cultivo. Posteriormente sustituir en la ecuación [1] descrita anteriormente. El Cuadro 6, muestra el cálculo de la HH verde y azul del maíz en Choluteca ya remplazadas en las formulas anteriormente descritas.

Cuadro 6. Cálculo de los componentes verdes y azul de la huella hídrica (HH) para el maíz en el departamento de Choluteca, utilizando la opción de RAC.

ET (mm/periodo de crecimiento)			UAC (m <sup>3</sup> /ton)			Y	Huella hídrica (m <sup>3</sup> /ton)		
verde	azul	gris	verde	azul	total	ton/ha	verde	azul	total
403.4	142.6	546.0	4,034.0	1,426.0	5,460.0	1.74	2,312.3	817.4	3,129.7

El Cuadro 6 indica el proceso de la estimación del valor de HH (huella hídrica) para el maíz en el departamento de Choluteca. En el cual, primeramente se estimó los componentes ET verde y azul totales en el Cuadro 5 para el periodo de crecimiento completo del maíz, luego cada componente se multiplicó por el factor 10 para convertir de milímetros (mm) a metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y así obtener el UAC verde y azul en m<sup>3</sup>/ha. Posteriormente el UAC se divide entre el rendimiento del maíz en ton/ha para obtener el valor de la HH verde de 2312.3 m<sup>3</sup>/ton y HH azul de 817.4 m<sup>3</sup>/ton. De igual forma se estimó la HH para los 15 productos agrícolas en estudio en todos los departamentos de Honduras.

**HH gris (huella hídrica gris)**, es el volumen de agua contaminada en la producción de bienes y servicios. Estos contaminantes consisten en fertilizantes como: NPK, pesticidas e insecticidas. Por lo tanto es un indicador del grado de contaminación del agua que puede estar asociado a un proceso (Garrido *et al.* 2010). Por falta de acceso a estos datos en Honduras, el componente gris para los cultivos en estudio fue extraído de Mekkonen y Hoekstra (2010), el cual fue determinado a partir de la siguiente ecuación:

$$HH_{\text{gris}} = \frac{L}{(C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})} \text{ [m}^3\text{/ton]} \quad [10]$$

Dónde:

L= Carga de contaminantes, expresado en masa/tiempo.

C<sub>max</sub>= Concentración máxima aceptable del contaminante, expresado en kg/m<sup>3</sup>.

C<sub>nat</sub>= Concentración natural del contaminante, expresado en kg/m<sup>3</sup>. Se refiere a la concentración en el cuerpo de agua que podría ocurrir sin intervención humana.

**Agua virtual (AV).** Es el agua “incorporada” en el producto no en el sentido real pero sí en el sentido virtual, es decir, el volumen de agua contenida en un producto solo, mientras que el término de HH se refiere no solamente al volumen, sino también al tipo de agua que fue empleado en su producción. La HH puede ser referida en un contexto de un consumidor o productor, mientras que el término de “agua virtual” en un contexto de flujo de AV internacional (Hoekstra *et al.* 2009).

Si una nación exporta o importa un producto, además del agua que lleva incorporada es lo que se llama HH que se deja en el país de origen y también se transfiere en forma de AV desde un país exportador a un país importador. Aunque no existe una metodología uniforme para calcular el AV, ésta se estima a partir de la cuantificación del volumen de agua que lleva el producto a otro país, su cálculo se basa en la siguiente ecuación descrita por Salmoral *et al.* (2010):

$$AV_{\text{exp}} = HH \text{ (m}^3\text{/ton)} \times E \quad [11]$$

Donde:

AV exp = Agua virtual exportado en millones de m<sup>3</sup>/año.

E = Cantidades de productos exportados en ton/año. La cantidad exportada para los productos en estudio fueron extraídos del BCH (2011) y FAOSTAT (FAO 2011c).

**Productividad aparente del agua (PAA).** Según Salmoral *et al.* (2010), es el valor económico de la producción agraria por metro cúbico de agua utilizado, sirve para evaluar la eficiencia económica del agua consumida por tonelada de cultivo producido. Por lo tanto, valora la producción expresado en dólares por metro cúbico de agua requerida. Para su cálculo se necesitan los precios del mercado de los productos en estudio, es decir, lo que le pagan al agricultor (\$/ton), tal como se describe en la siguiente ecuación:

$$PAA = \frac{\sum (Pr \times T_i)}{HH}$$

Dónde:

$PAA$  = Productividad aparente del agua (\$/m<sup>3</sup>) en Honduras, para el año 2008.

$\sum (Pr \times T)$  = Precio del mercado (\$/ton) del producto agrícola, en éste caso los precios para los 15 productos agrícolas en estudio.

$HH$  = Huella hídrica del producto agrícola (m<sup>3</sup>/ton).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 15 principales productos agrícolas de Honduras con base en la cantidad producida y el valor económico son: caña de azúcar, banano, maíz palma aceitera, naranja, melón, café verde, tomate, piña tropical, sandía, plátano, pepino y pepinillo, frijol, arroz con cáscara y tabaco bruto respectivamente. Siendo en el periodo 2008 para cultivos perennes y el periodo 2009-2010 para cultivos anuales. Los resultados obtenidos de la HH (huella hídrica) verde, azul y gris para estos cultivos se muestran en los siguientes cuadros, especificados por departamentos de los cuales la HH gris fueron extraídos de Mekonen y Hoekstra (2010).

Cuadro 7. Huella hídrica (HH) de la producción de pepino y pepinillo, sandía y arroz con cáscara a nivel departamental.

Departamento	Pepinos y pepinillos				Sandía				Arroz con cáscara			
	HH verde	HH azul	HH gris	Total	HH verde	HH azul	HH gris	Total	HH verde	HH azul	HH gris	Total
	m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton			
Choluteca	122,0	0,0		122,0	215,0		6,0	221,0	2020,0	535,0	793,0	3348,0
Valle	124,0	0,0		124,0	218,0		6,0	224,0	1731,0	824,0	793,0	3348,0
Francisco Morazán	128,0	0,0		128,0	229,0		6,0	235,0	1979,0	997,0	793,0	3769,0
El Paraíso	132,0	0,0		132,0	243,0		6,0	249,0	1923,0	856,0	793,0	3572,0
La Paz	126,0	0,0		126,0	225,0		6,0	231,0	1974,0	716,0	793,0	3483,0
Comayagua	122,0			122,0	222,0		6,0	228,0	2056,0	567,0	793,0	3416,0
Intibucá	123,0			123,0	224,0		6,0	230,0	2060,0	612,0	793,0	3465,0
Lempira	130,0			130,0	220,0		5,0	225,0	1959,0	560,0	746,0	3265,0
Cortes	111,0	0,0		111,0	198,0		6,0	204,0	1848,0	491,0	793,0	3132,0
Santa Bárbara	120,0			120,0	224,0		6,0	230,0	2056,0	427,0	793,0	3276,0
Yoro	105,0	0,0		105,0	193,0		5,0	198,0	1811,0	467,0	793,0	3071,0
Atlántida	115,0	1,0		116,0	208,0		6,0	214,0	1663,0	945,0	793,0	3401,0
Colón	121,0	0,0		121,0	226,0		6,0	232,0				
Olancho	114,0	0,0		114,0	212,0		6,0	218,0	1845,0	739,0	793,0	3377,0
Copán	120,0			120,0	227,0		6,0	233,0	2057,0	516,0	793,0	3366,0
Ocotepeque	124,0			124,0	218,0		5,0	223,0	2098,0	461,0	793,0	3352,0
Total	1937,0	1,0		1938,0	3502,0		93,0	3595,0	29080,0	9713,0	11848,0	50641,0
Promedio nacional	121,1	0,1		121,1	218,9		5,8	224,7	1938,7	647,5	789,9	3376,1

Cuadro 8. Huella hídrica (HH) de la producción de café verde, caña de azúcar, frijol y aceite de palma a nivel departamental.

Departamento	Café verde				Caña de azúcar				Frijol				Aceite de palma			
	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal
	m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton			
Cholulteca	12,865.0	951.0	13816.0	110.0	154.7	9.0	273.7	4234.8	1360.8	60.0	5595.6	699.0	28.0	727.0		
Valle	12,807.0	910.0	13717.0	102.3	159.8	10.0	272.1	4250.8	1444.5	60.0	5695.3	708.0	27.0	735.0		
Francisco Morazán	13,802.0	979.0	14781.0	81.0	141.4	11.0	233.4	2704.6	1611.1	60.0	4315.7	749.0	27.0	776.0		
El Paraíso	14631.0	1018.0	15649.0	106.4	83.4	11.0	200.8	2804.5	1000.8	61.0	3805.3	784.0	28.0	812.0		
La Paz	12911.0	904.0	13815.0	101.2	156.4	10.0	267.6	3461.1	1405.0	60.0	4866.0	716.0	27.0	743.0		
Comayagua	13368.0	913.0	14281.0	83.0	96.1	9.0	188.1	2885.3	717.5	60.0	3602.8	737.0	27.0	764.0		
Intibucá	13019.0	906.0	13925.0	90.3	121.4	9.0	220.7	2759.1	1343.2	60.0	4102.3	720.0	27.0	747.0		
Lempira	13133.0	901.0	14034.0	92.2	117.5	9.0	218.7	3541.9	816.5	59.0	4358.4	719.0	27.0	746.0		
Cortes	11928.0	834.0	12762.0	118.6	78.4	9.0	205.9	1650.3	1389.9	60.0	3040.3	679.0	25.0	704.0		
Santa Bárbara	13950.0	900.0	14850.0	109.7	51.0	10.0	170.7	1980.7	581.4	60.0	2562.1	774.0	26.0	800.0		
Yoro	11245.0	851.0	12096.0	102.7	56.4	9.0	168.0	2327.0	199.8	60.0	2526.8	636.0	25.0	661.0		
Atlántida	12063.0	822.0	12885.0	168.3	7.9	9.0	185.3	1647.8	550.0	63.0	2197.8	694.0	24.0	718.0		
Colón	13279.0	839.0	14118.0	99.7	139.1	10.0	248.8	729.3	2409.8	36.0	3139.1	748.0	24.0	772.0		
Olancho	12373.0	899.0	13272.0	117.5	79.3	10.0	206.8	2175.4	634.4	61.0	2809.8	687.0	26.0	713.0		
Copán	13140.0	887.0	14027.0	114.5	45.8	10.0	170.3	2826.3	377.1	60.0	3203.5	733.0	26.0	759.0		
Ocotepeque	12494.0	863.0	13357.0	103.1	186.8	9.0	298.9	3311.7	1317.0	60.0	4628.7	701.0	26.0	727.0		
Total	207008.0	14377.0	221385.0	1700.5	1675.2	154.0	3529.7	43290.5	17158.8	940.0	60449.3	11484.0	420.0	11904.0		
Promedio nacional	12938.0	898.6	13836.6	106.3	104.7	9.6	220.6	2705.7	1072.4	58.8	3778.1	717.8	26.3	744.0		

Cuadro 9. Huella hídrica (HH) de la producción de banano, naranja, tomate y melón a nivel departamental.

Departamento	Banano				Naranja				Tomate				Melón			
	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal												
	m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton			
Cholulteca	252.1	247.0	3.0	502.1	455.2	446.7	9.0	910.9	207.5	44.4		252.0	147.0	23.2	6.0	176.2
Valle	222.2	286.7	3.0	511.9	448.2	441.5	9.0	898.7	198.6	62.3		260.9	143.1	31.6	6.0	180.7
Francisco Morazán	206.9	202.0	4.0	412.9	395.9	377.7	9.0	782.5	156.9	81.3		238.2	114.4	44.1	6.0	164.5
El Paraíso	237.5	115.4	4.0	356.8	442.0	208.3	9.0	659.3	179.8	30.1	0.0	209.9	128.0	14.1	6.0	148.1
La Paz	242.2	245.5	3.0	490.7	493.8	387.6	9.0	890.4	216.9	74.5		291.4	156.0	37.9	6.0	199.9
Comayagua	200.8	131.5	2.0	334.3	368.9	234.6	8.0	611.5	158.8	45.3		204.1	115.5	21.3	6.0	142.7
Intibucá	156.6	237.2	3.0	396.8	360.1	373.6	9.0	742.6	190.0	45.3		235.2	126.9	32.4	6.0	165.2
Lempira	166.1	222.6	4.0	392.7	370.6	352.2	9.0	731.8	197.4	57.5	1.0	255.9	131.4	38.9	6.0	176.3
Cortes	289.6	63.7	2.0	355.3	502.3	162.1	8.0	672.4	144.0	88.2		232.1	103.7	52.6	6.0	162.3
Santa Bárbara	241.8	56.2	3.0	300.9	429.1	105.5	9.0	543.6	165.9	35.2		201.1	120.1	15.1	6.0	141.2
Yoro	200.8	96.0	3.0	299.8	394.1	136.6	8.0	538.7	187.9	7.9		195.8	130.2	2.0	6.0	138.2
Atlántida	321.2	1.2	2.0	324.4	563.1	19.4	8.0	590.4	188.0	23.5		211.5	129.4	11.6	6.0	147.0
Colón	259.7	176.8	3.0	439.5	395.8	377.2	8.0	781.0	73.3	229.2		302.4	55.0	147.5	6.0	208.5
Olancho	242.8	120.1	3.0	365.9	478.1	191.4	9.0	678.5	208.3	16.7	0.0	225.1	146.4	6.0	6.0	158.4
Copán	229.7	59.3	3.0	292.0	430.4	116.9	9.0	556.3	190.4	4.8		195.2	133.4	1.7	6.0	141.1
Ocotepeque	250.8	293.0	3.0	546.8	528.2	483.7	9.0	1020.9	221.0	89.6		310.6	158.1	50.1	6.0	214.1
Total	3720.6	2554.3	48.0	6322.8	7055.6	4415.1	139.0	11609.7	2884.6	935.7	1.0	3821.3	2038.5	530.2	96.0	2664.6
Promedio nacional	232.5	159.6	3.0	395.2	441.0	275.9	8.7	725.6	180.3	58.5	0.3	238.8	127.4	33.1	6.0	166.5

Cuadro 10. Huella hídrica (HH) de la producción de piña tropical, maíz, plátano y tabaco puro a nivel departamental.

Departamento	Piña tropical				Maíz				Plátano				Tabaco bruto			
	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal	HHverde	HHazul	HHgris	HHtotal
	m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton				m <sup>3</sup> /ton			
Choluteca	159.0	19.0	4.0	182.0	2312.3	817.4	398.0	3527.7	1073.7	393.7	7.0	1474.4	2935.3	465.7	953.0	4354.0
Valle	168.0	8.0	4.0	180.0	1640.5	1790.1	381.0	3811.6	1012.9	508.0	8.0	1528.9	2883.8	586.2	833.0	4303.1
Francisco Morazán	187.0	6.0	4.0	197.0	1824.3	1103.9	382.0	3310.2	755.9	639.3	9.0	1404.2	2243.4	970.1	830.0	4043.5
El Paraíso	200.0	2.0	4.0	206.0	1849.3	770.3	420.0	3039.6	907.7	308.9	10.0	1226.6	2498.0	379.1	886.0	3763.1
La Paz	173.0	5.0	4.0	182.0	1153.7	387.9	361.0	1902.6	1022.5	624.9	8.0	1655.4	3012.5	828.6	797.0	4638.1
Comayagua	169.0	16.0	4.0	189.0	876.1	268.0	351.0	1495.1	761.6	385.4	6.0	1152.9	2252.9	476.6	748.0	3477.5
45Intibucá	177.0	4.0	4.0	185.0	846.2	465.1	355.0	1666.3	794.9	557.8	8.0	1360.7	2374.8	837.4	784.0	3996.2
Lempira	180.0	1.0	4.0	185.0	1566.9	319.1	354.0	2240.0	818.3	593.2	8.0	1419.5	2424.2	973.5	785.0	4182.6
Cortes	163.0	5.0	4.0	172.0	517.4	474.7	308.0	1300.1	839.9	485.4	5.0	1330.3	1926.6	1265.2	591.0	3782.8
Santa Bárbara	180.0	7.0	4.0	191.0	677.8	127.6	357.0	1162.3	870.9	237.0	6.0	1113.9	2310.5	392.6	716.0	3419.1
Yoro	154.0	2.0	4.0	160.0	496.2	342.3	307.0	1145.6	933.2	148.3	6.0	1087.5	2626.6	23.7	639.0	3289.3
Atlántida	168.0	1.0	4.0	173.0	861.0	339.4	306.0	1506.3	1020.1	161.3	6.0	1187.4	2390.3	445.4	516.0	3351.8
Colón	180.0	1.0	4.0	185.0	665.1	389.6	306.0	1360.7	634.4	1079.7	7.0	1721.1	1039.1	2911.6	560.0	4510.7
Olancho	171.0	1.0	4.0	176.0	830.9	121.1	339.0	1291.0	999.1	281.3	8.0	1288.4	2852.7	243.0	724.0	3819.7
Copán	181.0	1.0	4.0	186.0	1296.4	241.7	339.0	1877.1	969.3	108.6	7.0	1084.9	2649.6	34.5	721.0	3405.1
Ocotepeque	171.0	1.0	4.0	176.0	1619.8	604.5	346.0	2570.3	1023.4	791.8	7.0	1822.2	3035.5	1193.5	699.0	4927.9
Total	2781.0	80.0	64.0	2925.0	19033.5	8562.8	5610.0	33206.4	14437.7	7304.6	116.0	21858.3	39455.7	12026.8	11782.0	63264.5
Promedio nacional	173.8	5.0	4.0	182.8	1189.6	535.2	350.6	2075.4	902.4	456.5	7.3	1366.1	2466.0	751.7	736.4	3954.0

Los cuadros anteriores, indican que la HH por tonelada de los productos agrícolas difiere entre cultivos y entre los departamentos que los producen, ya que existen variaciones en los ciclos de cultivos, variaciones climáticas, variaciones en su rendimiento y el volumen de riego principalmente. Los cultivos con alto rendimiento generalmente tienen baja HH por tonelada que los cultivos con bajos rendimientos, ya que la demanda evaporativa es la que determina los requerimientos hídricos de los cultivos. Así también, Honduras al ser un país tropical su HH es mayor debido a su evaporación.

Ahora bien, para diferenciar el contenido de HH de los cuadros anteriores, a continuación se expresan en figuras. La Figura 4 muestra la variación en el contenido de HH para el cultivo de café en los departamentos de Honduras, en el cual se observa que un 93% está compuesto por HH verde y 6.46% por HH gris. El departamento que tiene mayor HH en metros cúbicos por tonelada es El Paraíso y Yoro es el departamento con menor valor. No existe información del uso de riego para la producción de café, es por ello que no se muestra la HH azul en la Figura.

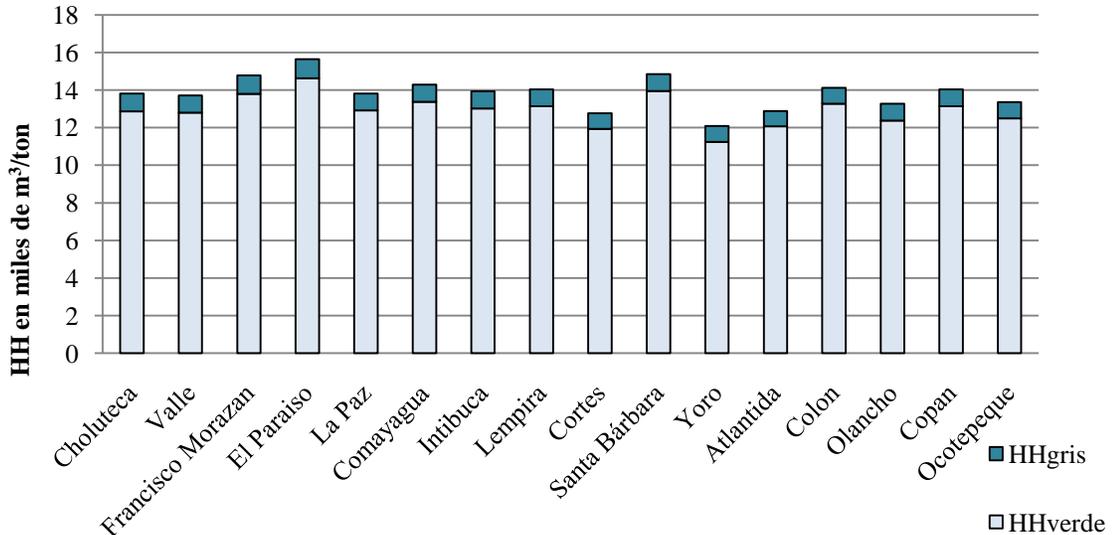


Figura 4. Huella hídrica (HH) del cultivo de café por departamentos.

La Figura 5 muestra la HH promedio en metros cúbicos por tonelada de los cultivos del tabaco y frijol en los departamentos de Honduras. La misma indica que el valor de HH para el tabaco oscila entre  $3,405 \text{ m}^3/\text{ton}$  en el departamento de Copán y  $4,927 \text{ m}^3/\text{ton}$  en Ocotepeque siendo el más alto. Esto se debe a que el departamento de Copán tiene una ETo (Evapotranspiración de referencia) promedio de  $3.75 \text{ mm}/\text{día}$  y Ocotepeque  $5.76 \text{ mm}/\text{día}$ ; por lo tanto, el cultivo de tabaco evapotranspiró más en Ocotepeque que en Copán. Por otro lado, respecto al frijol el departamento que menos HH tiene es Atlántida con  $2,197 \text{ m}^3/\text{ton}$  y el departamento de Valle posee el valor más alto con  $5,695 \text{ m}^3/\text{ton}$ . El cultivo de frijol si presenta variaciones en la utilización de agua en los departamentos, al igual que sus componentes, ya que el componente verde representa un 71.6%, el componente azul con 28.38% y el componente gris de 1.56%.

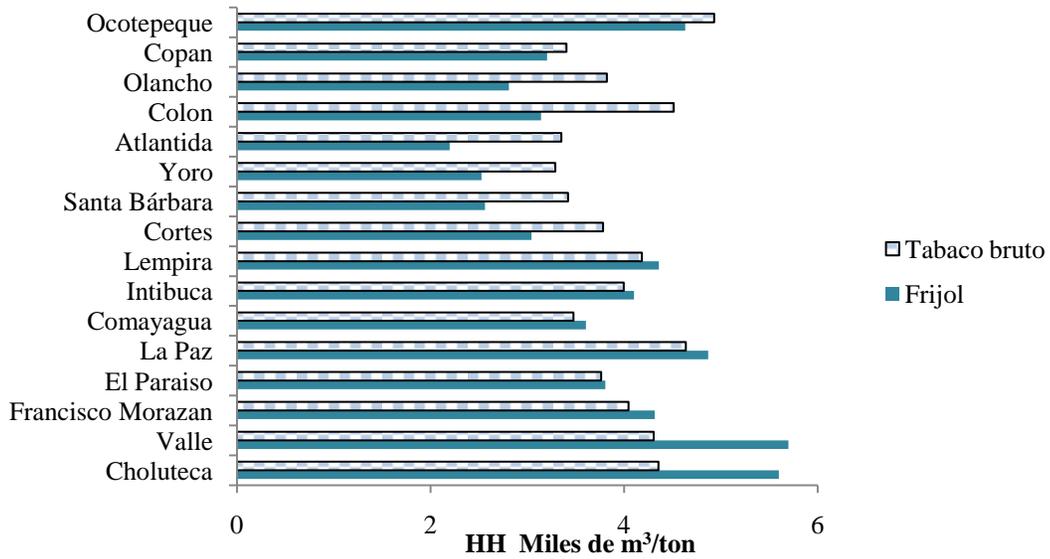


Figura 5. Huella hídrica (HH) por departamento del tabaco bruto y frijol.

La Figura 6 muestra que la HH del arroz con cáscara no varía mucho en los diferentes departamentos, en promedio cuenta con 3,376 m<sup>3</sup>/ton. Sin embargo, su componente verde es 57.42%, azul 19.2% y gris 23.4%, el cual quiere decir que se contamina el 23.4% de agua utilizada en su producción y que la planta utiliza más agua proveniente de la precipitación que del riego. El cultivo de maíz si presenta variaciones en su HH ya que el departamento de Yoro tiene un promedio de 1,145 m<sup>3</sup>/ton siendo el más bajo y Valle con 3,811 m<sup>3</sup>/ton; estas variaciones se presentan ya que la ETo promedio en Yoro es de 3.68 mm/día y 5.55 mm/día en Valle, por lo tanto en Valle se evapotranspiró más, estas variaciones también se deben al área de producción de los cultivos.

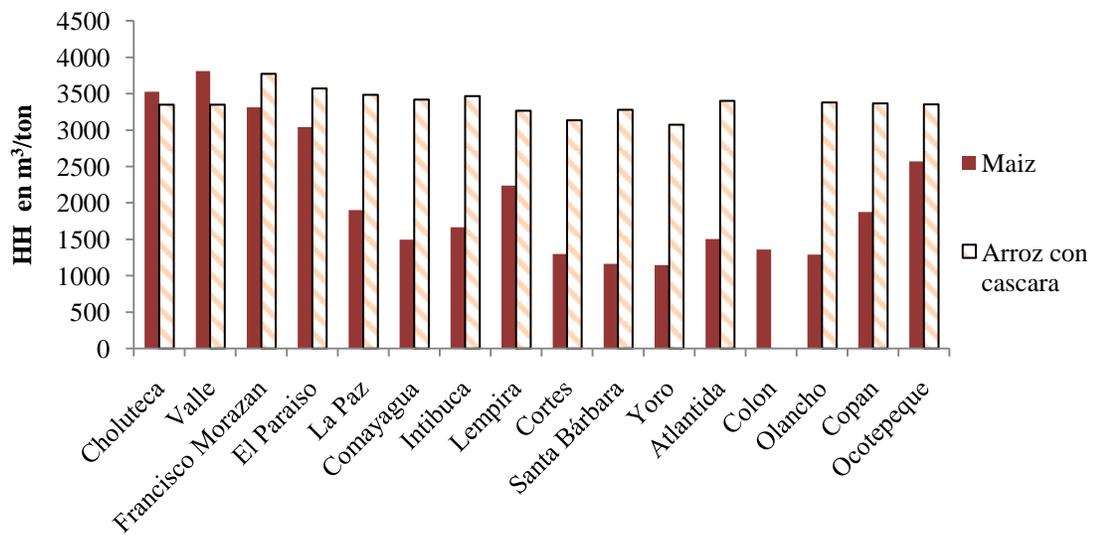


Figura 6. Huella hídrica (HH) del maíz y arroz con cáscara a nivel departamental.

Para los cultivos como plátano, naranja y palma aceitera; el plátano es que más variaciones presenta con respecto a su HH entre departamentos. Sin embargo, para la palma aceitera y naranjas no presenta significativas oscilaciones, tal como se muestra en la Figura 7.

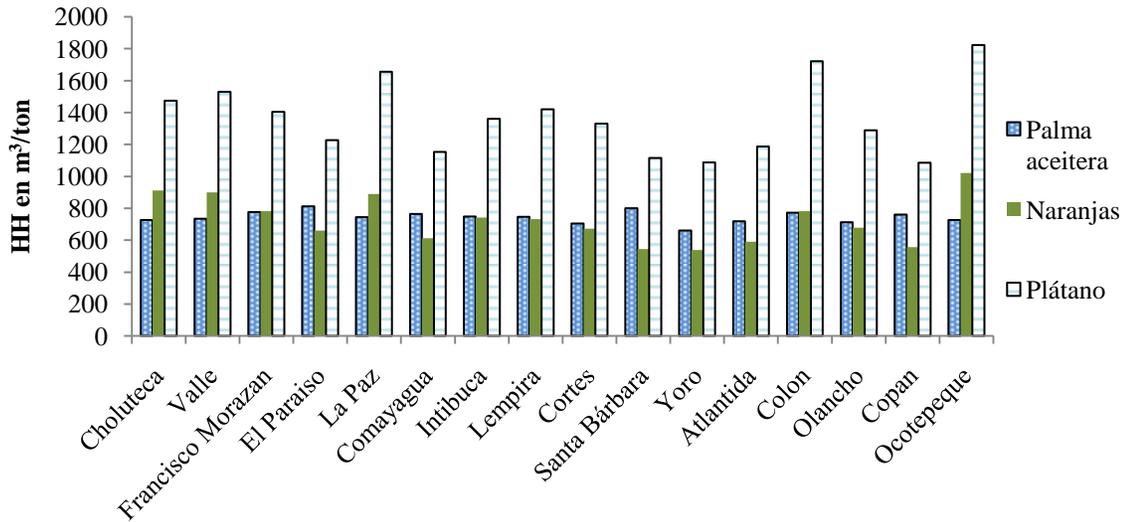


Figura 7. Huella hídrica (HH) de la producción de palma aceitera, naranja y plátano en los departamentos de Honduras.

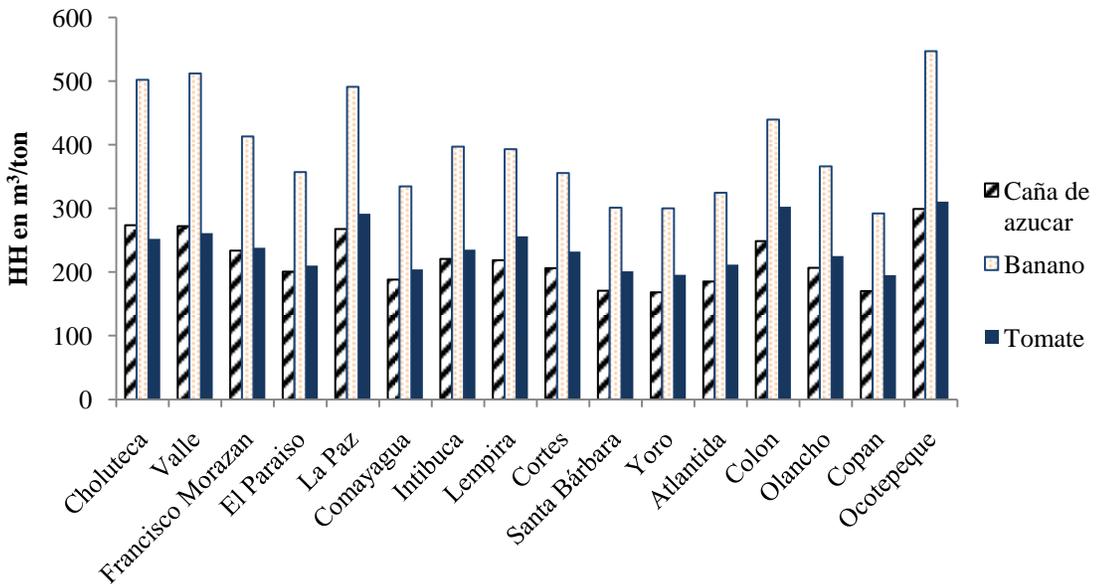


Figura 8. Huella hídrica (HH) de la producción de caña de azúcar, banano y tomate en los departamentos de Honduras.

La Figura 8 muestra que la HH de la caña de azúcar en promedio nacional es  $220 \text{ m}^3/\text{ton}$ , con un componente verde de  $106 \text{ m}^3/\text{ton}$ , azul  $104 \text{ m}^3/\text{ton}$  y gris de  $9.6 \text{ m}^3/\text{ton}$ . La cantidad de agua verde y azul que utiliza el cultivo en su producción no varía mucho ya que relativamente son proporciones iguales. Sin embargo, en el cultivo de banano la cantidad de agua utilizada en su producción varía en los departamentos ya que Ocotepeque, La Paz, Valle y Choluteca son los que mayor HH presentan, siendo  $546 \text{ m}^3/\text{ton}$  en Ocotepeque el más alto y  $292 \text{ m}^3/\text{ton}$  el más bajo en el departamento de Copán. Por otro lado, la HH del tomate oscila entre  $195 \text{ m}^3/\text{ton}$  en el departamento de Copán y  $310 \text{ m}^3/\text{ton}$  en Ocotepeque. Estos tres cultivos siguen la misma tendencia en las variaciones en los departamentos, pero claramente no las cantidades.

En relación a los cultivos del melón, piña, sandía, pepino y pepinillo tal como se muestran en la Figura 9, son cultivos que tienen menor HH en comparación con los demás cultivos, su HH varía entre los departamentos que la producen. La HH del melón oscila entre  $138 \text{ m}^3/\text{ton}$  en el departamento de Yoro hasta  $214 \text{ m}^3/\text{ton}$  en Ocotepeque, no es significativa ésta diferencia, su componente verde comprende el 76.5%, azul 20% y gris 3.6% respectivamente. La HH de la piña tropical oscila entre  $160 \text{ m}^3/\text{ton}$  en el departamento de Yoro y  $206 \text{ m}^3/\text{ton}$  en El Paraíso; su componente verde 95%, azul 2.74% y gris 2.2%. Para pepinos y pepinillos que son los cultivos con la menor HH en comparación con los demás cultivos, su variaciones no son muy significativas ya que oscila desde  $105 \text{ m}^3/\text{ton}$  en Yoro hasta  $132 \text{ m}^3/\text{ton}$  en Lempira; su HH verde tiene un 99% de presencia en su producción siendo el 1% gris y de huella azul no existe información al respecto. Por otro lado, la sandía al igual que los anteriores cultivos el departamento que menor HH tiene es Yoro con  $198 \text{ m}^3/\text{ton}$  y El Paraíso con mas alta HH para este cultivo con  $249 \text{ m}^3/\text{ton}$ ; su HH verde representa el 97% de su producción y el 3% de HH gris, el cual significa que no tiene HH azul para la producción de sandía.

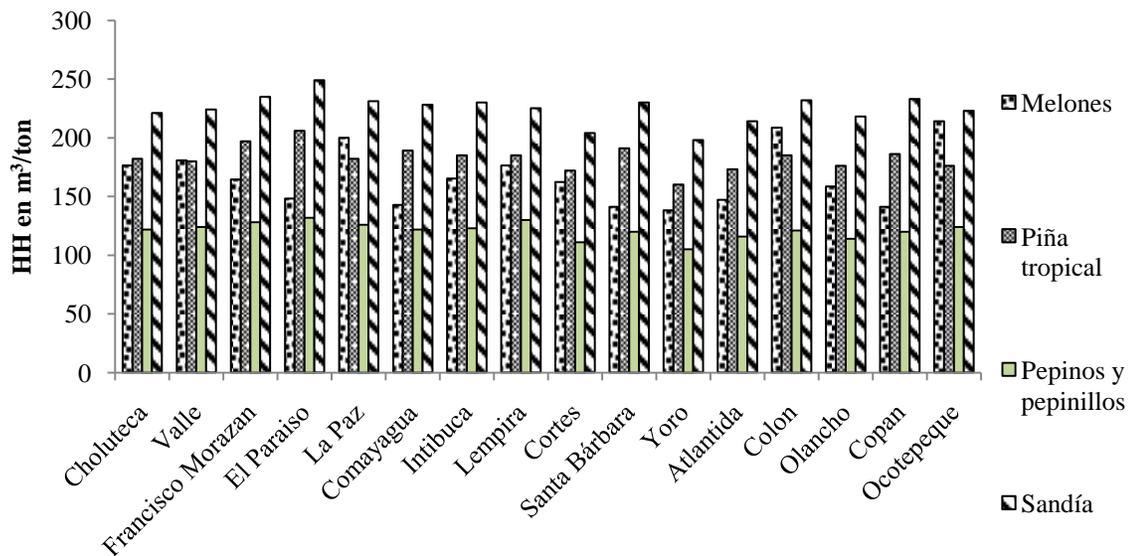


Figura 9. Huella hídrica (HH) por departamento del melón, piña tropical, pepinos y pepinillos y sandía.

En los cultivos de secano como el melón por ejemplo, la ventaja de reducir la HH verde por unidad de producto mediante prácticas agrícolas es que se podría incrementar la productividad del agua. Esto significa también reducir la HH azul en la producción del cultivo.

**Promedio nacional de la huella hídrica (HH).** El valor promedio de la HH en Honduras, para estos 15 cultivos en estudio, fueron extraídos de los Cuadros 7-10 anteriormente citados, en los cuales, los componentes de la HH verde, azul o gris, también difieren entre cultivos y entre departamentos. El café por ejemplo, tiene en promedio nacional 13,837 m<sup>3</sup>/ton de HH del cual 12,938 m<sup>3</sup>/ton pertenece al componente verde, es decir esa cantidad de agua proviene de la precipitación. Los pepinos y pepinillos, son los cultivos que menor valor de HH presentan ya que solamente poseen 121 m<sup>3</sup>/ton. De acuerdo al promedio nacional de los 15 productos agrícolas de Honduras, generalmente la HH verde sobrepasa a la azul y ésta última a la HH gris, tal como se indica en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Promedio nacional de la huella hídrica (HH) de 15 productos agrícolas.

Cultivos	HH m <sup>3</sup> /ton			Total
	verde	azul	gris	
Café verde	12,938.0		898.6	13,836.6
Caña de azúcar	106.3	104.7	9.6	220.6
Frijol	2,705.7	1,072.4	3.0	3,778.1
Aceite de palma	717.8		26.3	744
Banano	232.5	159.6	3.0	395.2
Naranja	441	275.9	8.7	725.6
Tomate	180.3	58.5	0.3	238.8
Melón	127.4	33.1	6.0	166.5
Piña tropical	173.8	5	4.0	182.8
Maíz	1,189.6	535.2	350.6	2,075.4
Plátano	902.4	456.5	7.3	1,366.1
Tabaco bruto	2,466.0	751.7	736.4	3954
Pepinos y pepinillo	121.1	0.1		121.1
Sandía	218.9		5.8	224.7
Arroz con cáscara	1,938.7	647.5	789.9	3,376.1

Fuente: La HH gris proviene de Mekonnen y Hoeskstra 2010.

Los resultados del Cuadro 11 permiten comparar la HH entre los diferentes cultivos y sus respectivos componentes: verde, azul y gris. Los espacios en blanco significan que no existe información para determinar éste cálculo o que el volumen de agua utilizado no es significativo para éste estudio. El cultivo de café es el que mayor HH posee en metros cúbicos por tonelada, el cual significa que se usa directa como indirectamente más agua en su producción; así también presenta la más alta contaminación en el agua con una HH gris de 900 m<sup>3</sup>/ton aproximadamente. Contrariamente sucede con los pepinos y pepinillos

que solamente contienen 121 m<sup>3</sup>/ton de HH y no existe información de contaminación del agua en su proceso.

Ya que el café en términos monetarios es el más importante producto agrícola comercializado en el mercado local e internacional, producirlo requiere una gran cantidad de agua. De los 15 productos agrícolas en estudio, el café es el que más volumen de HH tiene y por lo tanto mayor valor en su componente verde; la distribución de la HH para los cultivos con sus componentes verde, azul y gris se muestra en la Figura 10.

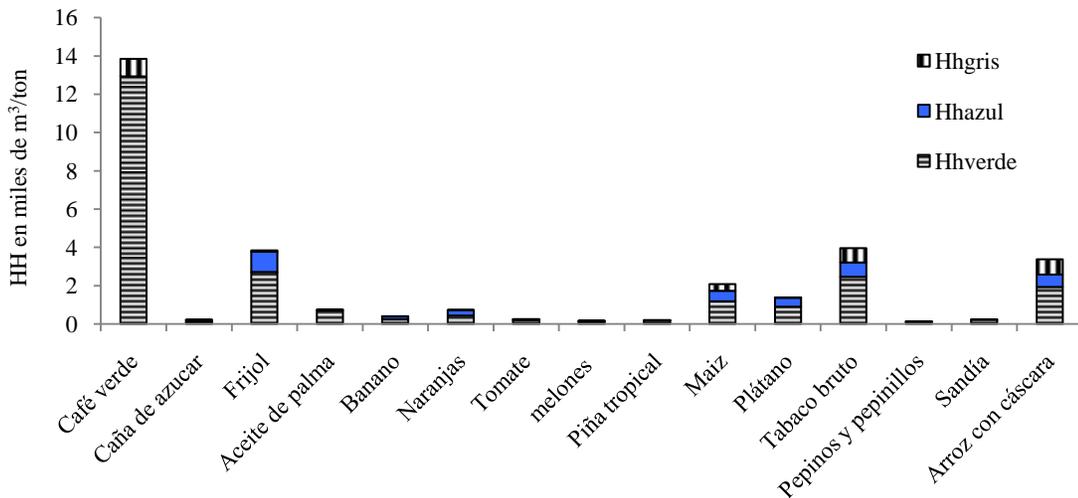


Figura 10. Huella hídrica (HH) promedio de la producción agrícola de Honduras.

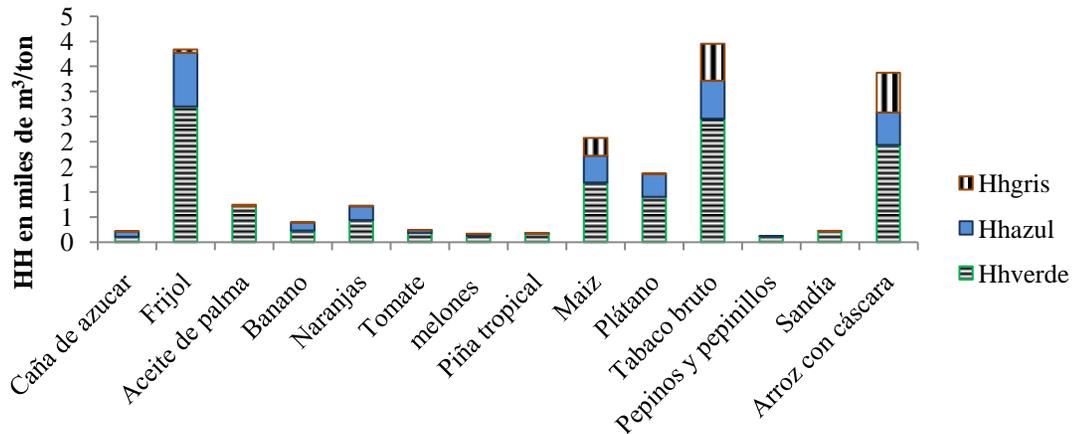


Figura 11. Huella hídrica (HH) de la producción agrícola de Honduras (no se incluye al café).

En la Figura 11 se observa que el contenido de HH de los 14 cultivos en los departamentos de Honduras, se excluye el cultivo de café para tener una visión más representativa de la HH de los demás cultivos con respecto a sus componentes verde, azul y gris. En la cual se observa claramente que aún los cultivos de tabaco bruto, frijol y arroz con cáscara contienen cantidades representativamente altas de HH.

**Huella hídrica nacional.** La HH nacional fue estimada a partir de los valores promedios de HH verde, azul y gris de cada cultivo en  $m^3/ton$  descritos anteriormente en el Cuadro 11. Éstos fueron multiplicados por la producción total en toneladas de los productos agrícolas producidos nacionalmente para obtener la HH verde azul y gris de la producción nacional en metros cúbicos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Huella hídrica (HH) de la producción agrícola de Honduras.

Cultivos	HH verde ( $m^3/ton$ )	HH azul ( $m^3/ton$ )	HH gris ( $m^3/ton$ )	HH total	Producción nacional (Ton)	HH verde Miles $m^3$	HH azul Miles $m^3$	HH gris Miles $m^3$	HH total nacional Mm <sup>3</sup>
Café verde	12,938		899	13,837	202,400	2,618,651	0	181,869	2,800
Caña de azúcar	106	105	10	221	6,141,720	652,744	643,031	59,114	1,355
Frijol	2,706	1,072	59	3,778	66,996	181,268	71,848	3,936	257
Aceite de palma	718		26	744	273,400	196,232	0	7,176	204
Banano	233	160	3	395	690,503	160,567	110,232	2,071	273
Naranja	441	276	9	726	239,786	105,740	66,167	2,083	174
Tomate	180	58	0	239	163,057	29,397	9,536	54	39
Melón	127	33	6	167	216,899	27,633	7,187	1,301	361
Piña tropical	174	5	4	183	133,452	23,195	667	534	244
Maíz	1,190	535	351	2,075	536,277	637,953	287,003	188,032	1,113
Plátano	902	457	7	1,366	70,083	63,239	31,995	508	95
Tabaco bruto	2,466	752	736	3,954	6,500	16,028	4,885	4,786	26
Pepino y pepinillo	121	0		121	68,558	8,299	6	0	8
Sandía	219		6	225	106,587	23,329	0	619	24
Arroz con cáscara	1,939	648	790	3,376	49,544	96,049	32,081	39,133	167
Total nacional						4,840,33	1,264,64	491,22	6,596
Promedio nacional						322,688	84,309	32,748	439

Fuente: Datos de producción nacional fueron extraídos de FAOSTAT (FAO 2011c).

El Cuadro 12 muestra la HH total de los cultivos con sus componentes verde, azul y gris respectivamente, en el cual la HH nacional de los 15 productos agrícolas en estudio comprenden un total de 6,596 Mm<sup>3</sup> (Millones de metros cúbicos). Según AQUASTAT

(FAO 2011), los recursos hídricos renovables totales de Honduras abarcan 95.93 Km<sup>3</sup> anuales, por lo tanto, según el cuadro la HH de estos quince cultivos comprenden aproximadamente un total de 6.60 Km<sup>3</sup> anuales, el cual equivale a un 6.9% del total de los recursos hídricos del país.

Los cultivos descritos en el Cuadro 12 muestran que bajo el esquema de “condiciones óptimas del crecimiento del cultivo” las plantas consumen más agua proveniente de la precipitación que el agua proveniente del riego. Sin embargo, existen cultivos que no se les suministra riego para su producción o no existe información al respecto como es el caso del café, palma aceitera y sandía; aunque los pepinos y pepinillos requieren también una cantidad mínima de agua azul, solamente es de 6000 m<sup>3</sup> a nivel nacional. Por otro lado, del total de agua que se necesita para la producción de estos cultivos, se contaminó un equivalente a 491,219 Miles m<sup>3</sup>, representados en su HH gris. Ésta contaminación es proveniente de los fertilizantes y pesticidas que se aplica a los cultivos. Los datos descritos en el Cuadro 12, indican la HH total en metros cúbicos de cada cultivo, al ser expresados en porcentajes muestran la distribución de cada cultivo en cantidad de agua utilizada en su producción tal como se muestra en la Figura 12.

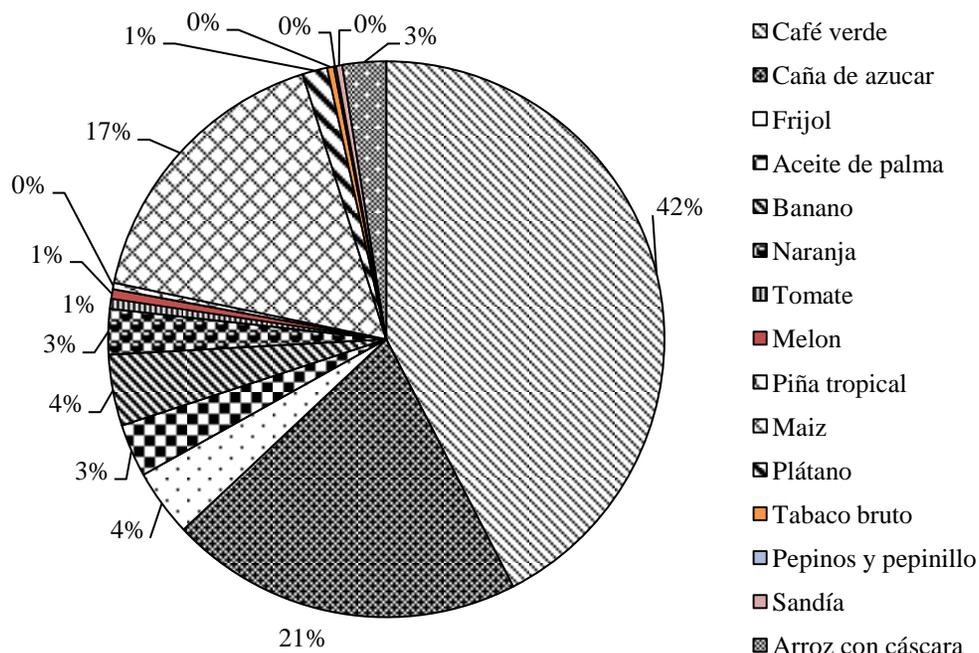


Figura 12. Distribución porcentual por cultivo de la huella hídrica nacional.

La Figura 12 indica que el café representa un 42% de HH con respecto a los demás cultivos, seguido por la caña de azúcar con 21%, maíz con 17%, el frijol y banano ambos con 4%, palma aceitera, naranjas y arroz con cáscara constituyen el 3% cada uno; el tomate, melón y plátano poseen 1% cada uno; la piña, el tabaco, pepinos y pepinillos y sandía su contribución en la HH no representa mucho. El cual significa que en promedio el cultivo de café es el cultivo que más agua consume en su producción.

**Comparación de la huella hídrica (HH) promedio con Costa Rica y México.** La HH promedio nacional de Honduras para los 15 cultivos agrícolas en estudio, fueron comparados con la HH de Costa Rica y México ya que son países pertenecientes al istmo centroamericano y cuentan con recursos hídricos renovables totales similares. Esto es útil para tener una referencia de cuál de estos países utiliza más o menor agua para la producción de estos cultivos.

Cuadro 13. Huella hídrica promedio para Costa Rica, México (Periodo 2001) y Honduras (Periodo 2008) para 15 productor agrícolas.

Cultivos	Costa Rica				México				Honduras			
	Huella hídrica m <sup>3</sup> /ton				Huella hídrica m <sup>3</sup> /ton				Huella hídrica m <sup>3</sup> /ton			
	verde	azul	gris	Total	verde	azul	gris	Total	verde	azul	gris	Total
Maíz	2,303		142	2,445	1,852	62	357	2,271	1,190	535	351	2,075
Caña de azúcar	140	24	6	170	135	33	15	183	106	105	10	221
Frijol	6,078	1	154	6,233	4,369	174	475	5,018	2,706	1,072	3	3,778
Palma de aceite	751		15	766	720		91	811	718		26	744
Tomate	90	41		131	61	85	42	188	180	58	0	239
Pepino y pepinillo				0	70	31	39	140	121	0		121
Banano	267	63		330	321	181	35	537	233	160	3	395
Plátano	1,867	59		1,926				0	902	457	7	1,366
Naranja	628	37		665	524	217	79	820	441	276	9	726
Sandia	151			151	176	60	45	281	219		6	225
Melón	138	1		139	134	26	45	205	127	33	6	167
Piña	68	6		74	87	23	22	132	174	5	4	183
Café verde	8,599		1,429	10,028	23,104		686	23,790	12,938		899	13,837
Tabaco bruto	1,330		1,370	2,700	2,166		162	2,328	2,466	752	736	3,954
Arroz con cáscara	1,180	112	283	1,575	1,239	349	162	1,750	1,939	648	790	3,376
Total				27,333				38,454				31,406

Fuente: Datos para Costa Rica y México, fueron extraídos de Mekonen y Hoekstra 2010.

El Cuadro 13 permite hacer comparaciones con la HH de Honduras en la producción de los 15 cultivos. Para el cultivo de café por ejemplo, Honduras utiliza menos cantidad de agua en su producción en comparación con Costa Rica y México que utilizan 10,028 m<sup>3</sup>/ton y 23,790 m<sup>3</sup>/ton respectivamente; sin embargo, en los tres países no existe HH azul para este cultivo y se contamina más agua en Costa Rica con 1,429 m<sup>3</sup>/ton de agua gris que Honduras y México. Con respecto a la caña de azúcar, los tres países utilizan relativamente la misma cantidad de agua en su producción siendo 220 m<sup>3</sup>/ton, 170 m<sup>3</sup>/ton para Costa Rica y 183 m<sup>3</sup>/ton para México pero Honduras posee una HH azul alta con 104 m<sup>3</sup>/ton, en comparación con los otros dos países que tienen valores más bajos.

El cultivo de frijol producido en Honduras requiere menos agua en su producción en comparación con Costa Rica y México al igual que el melón excepto por México que tiene 205 m<sup>3</sup>/ton; el plátano con 1,366 m<sup>3</sup>/ton y Costa Rica 1,926 m<sup>3</sup>/ton, sin embargo no

se cuenta con esta información para México. Los cultivos que requieren más agua en comparación con Costa Rica y México son: tomate, piña tropical con 182 m<sup>3</sup>/ton en comparación con 74 m<sup>3</sup>/ton que tiene Costa Rica; tabaco bruto y arroz con cáscara con 3,376 m<sup>3</sup>/ton, en comparación con Costa Rica que utiliza 1,575 m<sup>3</sup>/ton y México con 1,750 m<sup>3</sup>/ton respectivamente. Los que poseen relativamente similar HH son la palma aceitera y el banano en Costa Rica, pero México utiliza más agua con 537 m<sup>3</sup>/ton. La naranja; maíz; pepino y pepinillo a excepción de Costa Rica que no cuenta con esta información; la sandía a excepción de Costa Rica que solamente utiliza 151 m<sup>3</sup>/ton.

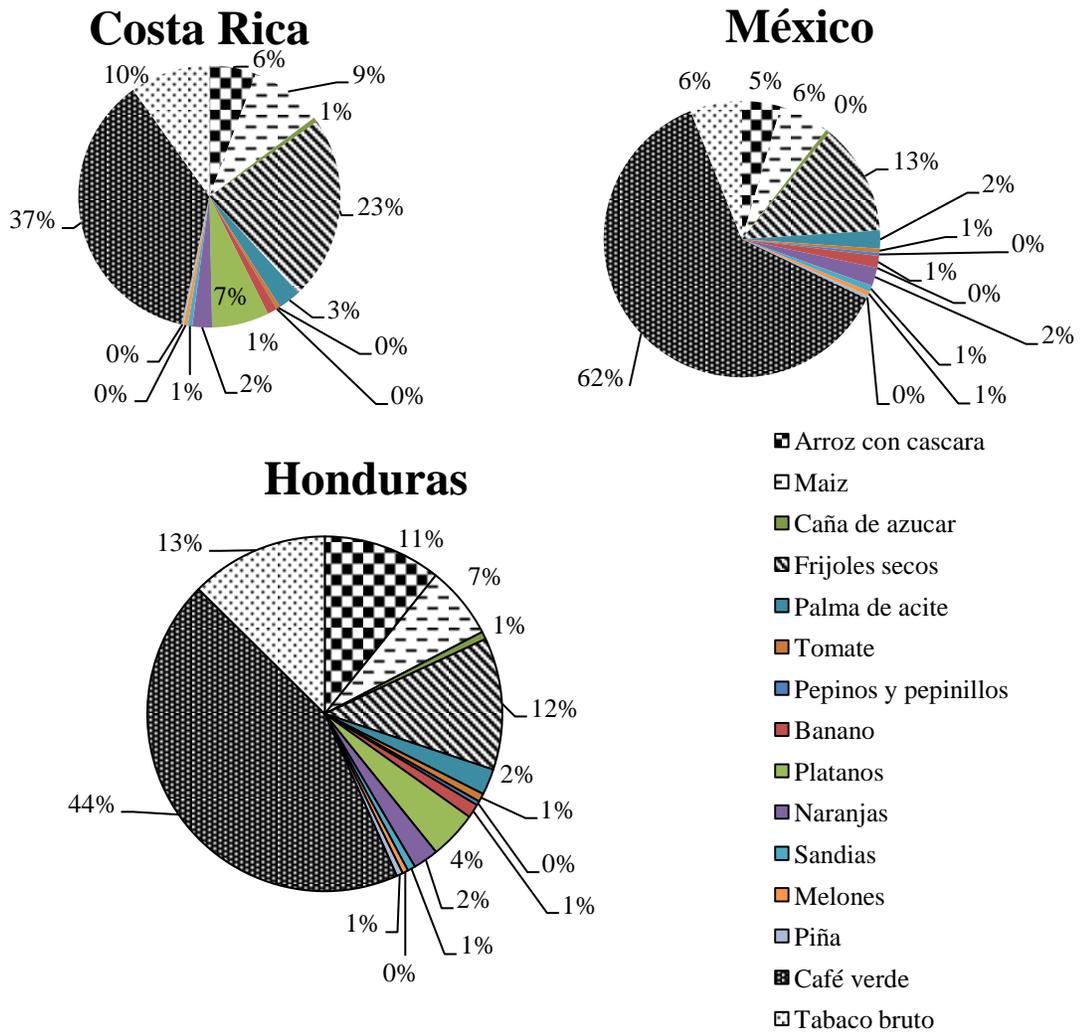


Figura 13. Distribución porcentual de la HH de Honduras, Costa Rica y México.

La Figura 13 muestra la distribución porcentual de la HH para los 15 cultivos en estudio en Costa Rica, México y Honduras. En la cual se diferencia que país utiliza más agua para producir un producto agrícola, en función al aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles. En el caso de café por ejemplo, México tiene un 62% de HH y Costa Rica tiene 37%, Honduras quedaría en medio de estos países. Para Honduras por ejemplo, después

del café el cultivo que más contenido de HH tiene es el tabaco bruto con el 13%, luego está el frijol 12%, arroz con cáscara 11%, maíz 7%, plátano 4%; la caña de azúcar, banano, naranja, tomate, melón, piña y sandía solo representan el 1% cada uno, siendo el pepino y pepinillos los menos significativos. Por lo tanto se puede determinar que por metro cúbico de agua utilizado en la producción de una tonelada de producto, el tabaco bruto es el cultivo que más agua requiere en su producción, después del café.

Según AQUASTAT (FAO 2011), Costa Rica posee 112.4 km<sup>3</sup>/año de recursos hídricos renovables totales, Honduras 95.93 km<sup>3</sup>/año y México 457.2 km<sup>3</sup>/año siendo éste último el país con el más alto valor en comparación con Honduras y Costa Rica. Se debe tomar en cuenta que no existen datos recientes sobre la HH para Costa Rica y México.

**Comercio de agua virtual (AV).** De los quince productos agrícolas que produce Honduras, trece son exportados, al exportar tales productos también se exporta agua en forma de AV contenida en los productos. El Cuadro 14 muestra los valores totales de los componentes del agua virtual: verde, azul y gris que son exportados anualmente.

Cuadro 14. Exportación de agua virtual contenida en los productos agrícolas.

Cultivos	Agua Virtual miles m <sup>3</sup>			Total
	Verde	Azul	Gris	
Café verde	2,261,562	0	157,069	2,418,631
Frijol	2,931	1,162	3.25	4,095
Aceite de palma	147,007	0	5,376	152,383
Banano	140,844	96,692	1,817	239,353
Naranja	24,403	15,2702	481	40,154
Tomate	4,896	1,588	9.05	6,493
Melón	22,406	5,827	1,055	29,288
Piña tropical	9,334	268	215	9,816
Maíz	2,606	1,173	768	4,545
Plátano	1,559	789	13	2,361
Tabaco bruto	4,294	1,309	1,282	6,884
Pepino y pepinillo	3,145	2.59	0	3,148
Sandía	7,216	0	192	7,407
Total	2,632,198	124,079	168,279	2,924,557
Promedio	202,477	9,544	12,944	224,966

En el Cuadro 14 se observa que el café es el que más AV exporta, seguida por el banano y aceite de palma, los cuales se deben a la cantidad exportada en comparación con los demás cultivos. En total el agua que se exporta anualmente para el año 2008 equivale a 2.92 km<sup>3</sup> (2,924,557 miles de m<sup>3</sup>) del total de los recursos hídricos totales renovables, de los cuales 2.63 km<sup>3</sup> (2,632,198 miles m<sup>3</sup>) provienen de la precipitación y 0.12 km<sup>3</sup>

(124,079 miles de m<sup>3</sup>) provienen del agua de riego, solamente tomando en cuenta estos trece cultivos en estudio.

La Figura 14 muestra la distribución porcentual del AV que es exportada en relación a los 13 productos agrícolas. El cual muestra que en total el AV que se exporta al exterior corresponde a un 90% de agua verde, un 6% de agua azul y un 4% de agua gris. Es de ésta manera es como las personas en otros países donde demandan productos importados pueden afectar a los sistemas hidrológicos de países que exportan tales productos.

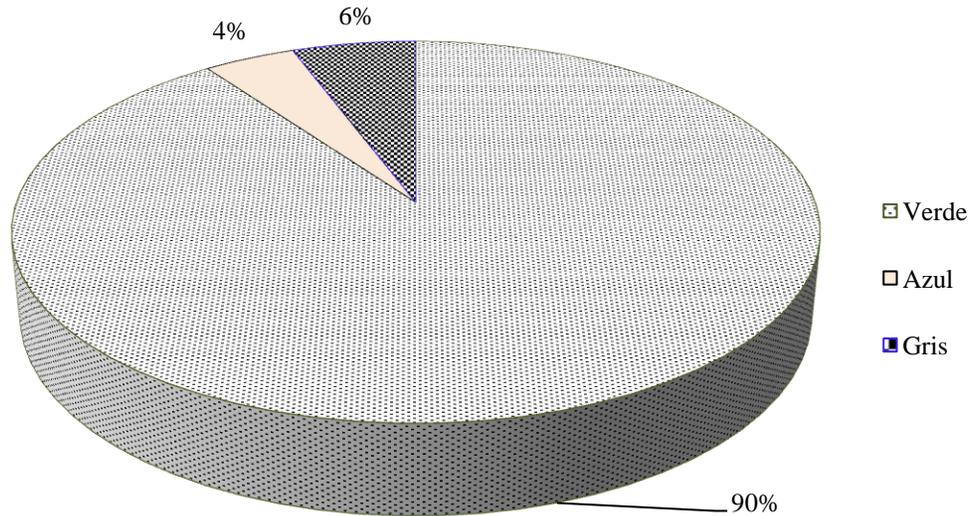


Figura 14. Distribución porcentual del Agua Virtual exportada y sus componentes verde azul y gris.

**Productividad aparente del agua (PAA).** La productividad del agua, se refiere a las unidades de producto obtenido por metro cúbico de agua empleada en su producción, es decir, la producción se divide en el insumo agua. Términos similares, son la productividad del trabajo o de la tierra. Sin embargo, la PAA o también llamada productividad económica del agua, divide no la producción sino los dólares o lempiras por producto obtenido sobre metro cúbico de agua.

Es por ello, que la PAA en el sector agrícola es un indicador que muestra la relación del valor de la producción obtenida por metro cúbico de agua utilizado para conseguirlo. Para su cálculo se procedió a dividir el precio del mercado al cual se paga al agricultor por tonelada del producto vendido, sobre la HH en metros cúbicos del mismo producto.

Los precios fueron extraídos de la base de datos de PriceSTAT (FAO 2011c), el cual contiene datos anuales sobre los precios en dólares y en lempiras que reciben los agricultores por tonelada de producto vendido, esto para los 15 productos agrícolas en estudio y se utilizó el promedio de HH en m<sup>3</sup>/ton (descritos anteriormente en los Cuadros

7-10) de los mismos productos. En el Cuadro 15 se muestran éstos cálculos y las monedas expresados en dólares (\$) y lempiras (L.).

Cuadro 15. Productividad aparente del agua (PAA) de los 15 productos agrícolas.

Cultivos	\$/ton	L./ton	HH cultivo (m <sup>3</sup> /ton)	PAA (\$/m <sup>3</sup> )	PAA (L./m <sup>3</sup> )
Caña de azúcar	17.5	330	221	0.08	1.50
Banano	261.9	4,950	395	0.66	12.53
Maíz	307	5,803	2,075	0.15	2.80
Aceite de Palma	789.8	14,930	744	1.06	20.07
Naranja	104.7	1,980	726	0.14	2.73
Melón	202.3	3,825	167	1.21	22.97
Café verde	2,377.8	44,950	13,837	0.17	3.25
Tomate	463.2	8,756	239	1.94	36.66
Piña tropical	302.6	5,720	183	1.66	31.29
Sandía	194	3,667	225	0.86	16.32
Plátano	239.6	4,530	1,366	0.18	3.32
Pepino y pepinillo	197.8	3,740	121	1.63	30.88
Frijol	931.7	17,612	3,778	0.25	4.66
Arroz con cascara	399.1	7544	3,376	0.12	2.23
Tabaco bruto	10,590.5	200,200	3,954	2.68	50.63

El Cuadro 15 muestra que de acuerdo al precio del mercado en el sector agrícola existen cultivos que son muy rentables producirlos como el café y tabaco bruto y existen otros menos lucrativos como la caña de azúcar. Sin embargo, con la PAA se puede identificar los usos del agua que no están justificados en términos de eficiencia económica y lograr una asignación eficiente del agua. De ésta manera, se obtiene una idea de que productos generan más dinero por cada unidad de agua utilizada en su producción; desde éste punto de vista, el tabaco bruto tiene una PAA de 2.68 \$/m<sup>3</sup>, siendo el cultivo con más alto valor y el arroz con cáscara el cultivo con el menor valor de 0.12 \$/m<sup>3</sup>. Esto no significa que el agricultor gane más o tenga mayor beneficio si produce tabaco bruto, pero permite hacer comparaciones sobre que cultivo merecen la pena ser cultivados desde el punto de vista económico para la sociedad valorando el agua. Por lo tanto, para lograr un uso eficiente en estos cultivos y conseguir la misma producción con un menor consumo de agua, el costo que los agricultores abonan por el agua representa un porcentaje pequeño de la productividad que obtienen por este recurso, por lo que es imprescindible que el riego pague el costo real del agua.

Utilizando el ejemplo de la caña de azúcar, aunque su PAA de 0.08 \$/m<sup>3</sup> es importante para entender la eficiencia productiva, no es el más adecuado para cuantificar la capacidad

de pago de los agricultores ya que el agua no es el único factor productivo. En la Figura 15 se muestra la relación de la PAA y la HH para los cultivos en estudio.

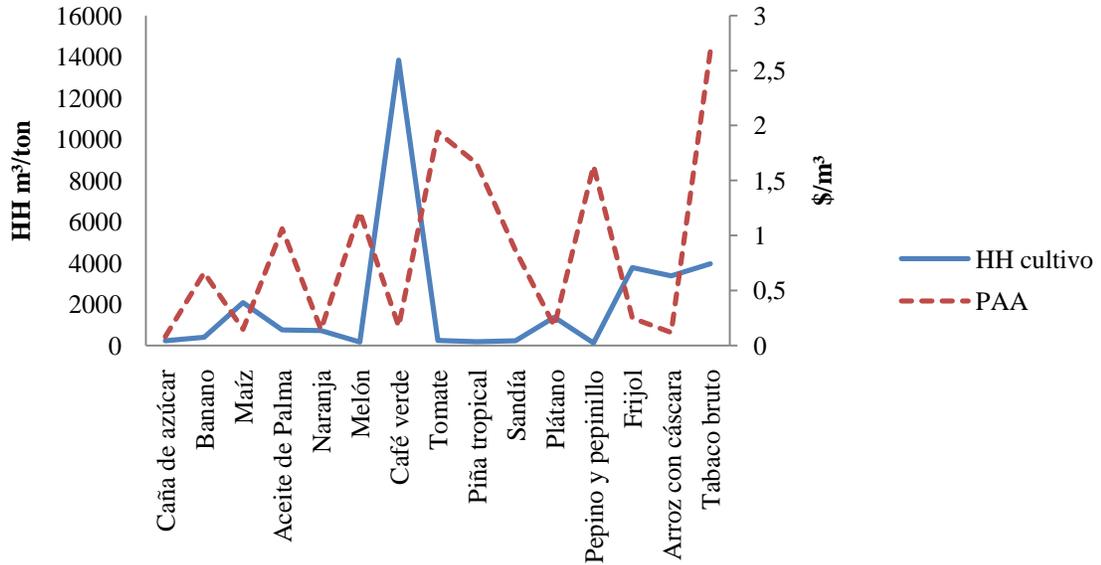


Figura 15. Relación entre la huella hídrica (HH) y la productividad aparente del agua (PAA) de los 15 productos agrícolas.

La Figura 15 muestra que al analizar la PAA (\$ por ton/m<sup>3</sup>) ésta parece estar inversamente relacionado con la HH (m<sup>3</sup>/ton), algunas variaciones probablemente se deba a las fluctuaciones de los precios en el mercado. Por Ejemplo, el cultivo de café que cuenta con una HH alta su PAA es lo contrario con valores bajos de 0.17 \$/m<sup>3</sup> de agua utilizado. Sin embargo, la PAA no representa buena referencia para determinar la capacidad de pago ya que el agua de riego no es el único factor de producción que se toma en cuenta. Este panorama resulta en la importancia del desarrollo de tecnologías agropecuarias que maximicen la productividad del agua de riego sin comprometer la disponibilidad de agua en el futuro.

## 4. CONCLUSIONES

- La huella hídrica (HH) para los 15 productos agrícolas en estudio bajo condiciones óptimas de crecimiento del cultivo, presenta variaciones de acuerdo a su producción, ciclo del cultivo, clima y el lugar de producción. La HH total nacional para los 15 productos agrícolas comprende 6,596 Mm<sup>3</sup> (millones de metros cúbicos), de los cuales 4,840 Mm<sup>3</sup> corresponden a su HH verde, 1,264 Mm<sup>3</sup> corresponden al uso de agua azul y una proporción de 491 Mm<sup>3</sup> es de agua gris. Estos valores representan aproximadamente el 6.9% de agua utilizada en la producción de estos cultivos del total de los recursos hídricos renovables que posee Honduras que corresponde a 95.93 km<sup>3</sup> anuales.
- El café es el que mayor HH tiene en comparación con los demás cultivos ya que abarca 2,800 Mm<sup>3</sup>, ya que éste empieza a cosecharse aproximadamente al tercer año de ser sembrado, siendo los pepinos y pepinillos los cultivos con menor valor de HH con 8 Mm<sup>3</sup>. Se debe tomar en cuenta que en general la HH verde posee el 80% de la producción nacional y el 11.7% corresponde al agua azul y un 7.7% al agua gris.
- Aproximadamente el 3% de los recursos hídricos renovables de Honduras, se exporta junto con 13 frutas y vegetales, en forma de agua virtual; esto equivale aproximadamente 2,924 Mm<sup>3</sup> de agua comercializada el año 2008, bajo el supuesto de condiciones óptimas de crecimiento de los cultivos. Por lo tanto, el comercio de agua virtual es un indicador valioso para el análisis de las políticas del agua y comercio agrario en Honduras.
- En Honduras, el análisis de rentabilidad del recurso agua debería incluir su costo. Al analizar la productividad aparente del agua, se determinó que el tabaco bruto es el cultivo más rentable por cada unidad de agua (m<sup>3</sup>) utilizada en su producción con 2.68 \$/m<sup>3</sup> y el arroz con cáscara es el menos rentable con 0.12 \$/m<sup>3</sup> de agua. A partir de estos valores, el agricultor podría determinar que cultivos producir desde el punto de vista económico del valor del agua. Aunque ésta selección no es socialmente aceptable ya que reduce la soberanía alimentaria del país, es una manera de valorar el agua que se utiliza en la producción, tomando en cuenta los demás factores productivos.
- En su programa de exportación, Honduras no cuantifica plenamente su capacidad hídrica, ya que de acuerdo a su HH utiliza alrededor de 6% de los 95.93 km<sup>3</sup> de recursos hídricos que el país posee, en la producción de frutas y vegetales. Aunque se debería determinar el valor de HH de la producción total, para optimizar éste recurso y tener un manejo eficiente de la producción.

## 5. RECOMENDACIONES

- Estimar la huella hídrica (HH) para todos los productos agropecuarios que se producen en Honduras no solamente los 15 cultivos en estudio, incluyendo aquellos que se importan, para determinar el uso de agua total nacional.
- Reducir la HH en áreas con escasa agua incrementando la productividad ( $m^3/ton$ ) como la llave para reducir la presión sobre los recursos de agua en áreas pobres.
- Reducir la HH gris del crecimiento del cultivo, aplicando menos químicos optimizando el tiempo y técnica. Reemplazando con productos orgánicos, aplicando fertilizantes o compost de tal forma que sean fácilmente asimilables.
- Aunque en la producción agrícola de Honduras no se paga por el agua, el gobierno podría promover la sostenibilidad de los cultivos que se adapten al clima local para reducir la demanda de riego. Apoyar con proyectos de sistemas de riego y técnicas para conservar el agua, establecer un precio al agua y promover que los agricultores utilicen menos fertilizantes, pesticidas e insecticidas.
- Para evitar la pérdida de evaporación de agua, se podría optar por riego por goteo, escoger cultivos o variedades que se adapten mejor al clima regional, mejorando los tiempos y volúmenes utilizando el calendario de riego.
- Las compañías que producen y procesan productos agrícolas, podrían estimar su HH ya que el agua además de presentarse dentro de sus ganancias y pérdidas, posicionarían sus marcas al tener un tratamiento y uso sostenible del uso de agua en la cadena de valor de sus productos y/o servicios; de ésta manera asumen un papel de liderazgo como un tema crítico global.
- El comercio del agua virtual puede contribuir a reducir y mitigar los efectos de los ciclos de sequía, al controlar los productos que son exportados e importados al país.

## 6. LITERATURA CITADA

Allan, J.A. 2003. Virtual Water-the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor? The Strand, London, United Kingdom. Water Research Group, Water International. Vol 28 No 1.

Allen, R.G; Pereira, L.S; Raes, D. y Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.

BCH (Banco Central de Honduras). 2011. Exportaciones FOB de mercancías generales: Sector externo (en línea). Tegucigalpa, Honduras. Consultado 21 feb. 2011. Disponible en <http://www.bch.hn/exportaciones.php>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 1978. Effective rainfall in irrigated agriculture. Rome, Italy. FAO Irrigation and Drainage Paper.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia. Estudio FAO de riego y drenaje 56.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2011. AQUASTAT (Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el Medio Rural de la FAO). Caso Honduras. Disponible en <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2011a. CLIMWAT base de datos (en línea). Roma, Italia. Consultado 9 feb. 2011. Disponible en [www.fao.org/ag/AGL/aglw/climwat.stm](http://www.fao.org/ag/AGL/aglw/climwat.stm).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2011b. CROPWAT “decisión support system” (en línea). Roma, Italia. Consultado 21 feb. 2011. Disponible en [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html)

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2011c. FAOSTAT base de datos (en línea). Roma, Italia. Consultado 26 ene. 2011. Disponible en Rome <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2011d. Información de países: Honduras. (en línea) Roma. Italia. Consultado 3 mar. 2011. Disponible en <http://www.fao.org/countries/55528/en/hnd/>

Garrido, A; Llamas, M.R.; Ortega, C.V; Novo, P; Casado, R.R; Aldaya, M.A. 2010. Water footprint and Virtual Water Trade in Spain: Resource Management and Policy. Fundación Marcelino Botín. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. Springer. 153 p.

GWP (Global Water Partnership). 2011. Situación de los recursos hídricos en Centro América: hacia una gestión integrada. Tegucigalpa, M.D.C., Honduras.

Hoekstra, A.Y; Chapagain, A.K. 2008. Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. . Oxford, United Kingdom. Blackwell Publishing. 151 p.

Hoekstra, A.Y; Chapagain, A.K; Aldaya, M.M; Mekonnen, M.M. 2011. The water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. London. United Kingdom. Earthscan. 203 p.

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2011. Agricultura (en línea). Tegucigalpa, Honduras. Consultado 3 mar. 2011. Disponible en <http://www.ine.gob.hn/drupal/>

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. 2010. The green. blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Delft, Netherlands. UNESCO-IHE. Value of Water Research Report Series No. 47.

Salmoral, G; Aldaya, M.M; Chico, D; Garrido, A; Llamas, M.R. 2010. The water footprint of olive oil in Spain. Papeles del agua virtual, número 7. Madrid, España. Fundación Marcelino Botín. CEIGRAM.

SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente). 2010. Cartografía Ambiental: Suelos según Simmons (en línea). Honduras, CA. Consultado 20 mar. 2011. Disponible en <http://www.serna.gob.hn/cartografia.htm>

Valverde, J.C. 2007. Riego y Drenaje. Universidad Estatal a Distancia. EUNED. San José, Costa Rica. 1 ed.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Rendimiento de los principales productos agrícolas de Honduras.

Departamento	<sup>1</sup> Maiz	<sup>1</sup> Frijol	<sup>2</sup> Banano	<sup>2</sup> Caña de azúcar	<sup>2</sup> Tomate	<sup>2</sup> Naranja	<sup>2</sup> Melón	<sup>2</sup> Plátano	<sup>2</sup> Palma aceitera	<sup>2</sup> Café verde	<sup>2</sup> Piña tropical	<sup>2</sup> Sandía	<sup>2</sup> Pepino y pepinillo
Choluteca	1.75	0.87	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Valle	1.75	0.87	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Francisco Morazán	1.80	1.36	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
El Paraíso	1.80	1.36	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
La Paz	3.85	1.72	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Comayagua	3.85	1.72	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Intibucá	3.85	1.72	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Lempira	2.82	1.83	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Cortes	5.21	1.69	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Santa Bárbara	5.21	1.69	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Yoro	5.21	1.69	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Atlántida	4.18	1.72	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Colón	4.18	1.72	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Olancho	5.08	1.60	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Copan	2.82	1.83	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24
Ocotepeque	2.82	1.83	28.9	80.45	27.09	15.86	30.18	8.76	17.37	0.80	33.41	28.63	41.24

Fuente: Rendimientos extraídos del INE (2011) y FAOSTAT (FAO 2011c), adaptado por el autor.

<sup>1</sup>Periodos 2009-2009

<sup>2</sup>Datos totales del periodo 2007-2008

Anexo 2. Promedios de los datos climáticos de los departamentos de Honduras necesarios para la obtención del ETo

<b>Departamentos</b>	<b>Temp Mínima</b> °C	<b>Temp Máxima</b> °C	<b>Humedad</b> %	<b>Viento</b> km/día	<b>Insolación</b> horas	<b>Rad</b> MJ/m <sup>2</sup> /día
Choluteca	23.4	34.3	71	261	8.0	20.5
Valle	23.0	35.3	68	215	8.0	20.4
Francisco Morazán	16.7	27.9	70	316	6.9	18.8
El Paraíso	17.8	28.7	73	202	6.7	18.5
La Paz	18.8	29.5	76	293	11.9	26.0
Comayagua	18.4	30.6	68	95	6.7	18.4
Intibucá	12.7	23.1	75	254	11.8	25.9
Lempira	15.4	25.1	83	293	11.9	25.9
Cortes	22.1	32.3	81	271	6.0	17.3
Santa Bárbara	19.8	31.8	79	63	6.2	17.6
Yoro	19.2	31.9	71	45	6.2	17.7
Atlántida	21.3	29.8	86	179	6.0	17.3
Colon	24.2	30.4	73	204	11.9	25.8
Olancho	19.9	30.3	76	230	6.7	18.4
Copan	15.4	25.1	83	246	6.6	18.3
Ocotepeque	15.2	32.4	81	293	11.9	26.0

Fuente: Basado en el modelo CLIMWAT 2.0 (FAO 2011a), adaptado por el autor.

Anexo 3. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) en mm/día de los departamentos de Honduras.

Mes	ET <sub>o</sub> mm/día															
	Choluteca	Valle	Francisco Morazán	El Paraíso	La Paz	Comayagua	Intibucá	Lempira	Cortes	Santa Bárbara	Yoro	Atlántida	Colon	Olancho	Copan	Ocotepeque
Enero	6.86	6.19	4.03	3.63	5.16	3.85	3.65	3.27	3.28	2.88	2.85	2.90	3.99	3.59	2.69	5.58
Febrero	7.37	6.66	4.94	4.30	5.24	4.11	4.52	4.08	3.95	3.37	3.50	3.49	4.58	4.36	3.33	5.66
Marzo	7.01	6.88	5.78	5.08	5.45	4.98	5.48	5.03	4.92	4.22	4.38	4.08	5.75	5.49	4.28	5.97
Abril	6.48	6.54	6.00	5.35	6.86	4.78	5.13	5.56	5.16	4.38	4.44	4.19	6.15	5.30	4.35	7.13
Mayo	5.29	5.43	5.39	5.02	5.77	4.62	5.00	5.49	5.23	4.51	4.48	4.08	6.42	5.26	4.44	6.01
Junio	4.68	4.82	4.40	4.09	5.52	4.14	4.85	5.18	4.68	4.09	3.96	3.71	6.30	4.49	3.97	6.26
Julio	5.45	5.55	4.61	4.23	5.99	4.12	4.86	4.97	4.52	4.16	4.03	3.81	6.45	4.30	3.83	6.01
Agosto	4.93	5.40	4.82	4.11	5.92	4.25	4.73	5.03	4.47	4.24	4.08	3.72	6.22	4.46	3.86	6.01
Septiembre	4.17	4.49	4.34	3.91	5.38	3.93	4.37	4.84	4.28	3.89	3.78	3.63	6.45	4.19	3.62	5.70
Octubre	4.16	4.33	4.09	3.73	4.87	3.49	3.89	4.12	3.89	3.25	3.25	3.29	5.50	3.83	3.10	5.21
Noviembre	4.60	4.91	3.76	3.43	4.21	3.06	3.78	3.40	3.66	2.79	2.79	3.29	4.17	3.31	2.63	4.72
Diciembre	5.90	5.43	3.81	3.35	4.33	3.11	3.65	3.09	3.33	2.62	2.61	2.98	4.01	3.32	2.49	4.84
Promedio	5.58	5.55	4.66	4.19	5.39	4.04	4.49	4.51	4.28	3.70	3.68	3.60	5.50	4.33	3.55	5.76

Fuente: Basado en el modelo CLIMWAT 2.0 (FAO 2011a), adaptado por el autor.

Anexo 4. Datos de precipitación mensual en milímetros por departamento.

Mes	Precipitación en mm															
	Choluteca	Valle	Francisco Morazán	El Paraíso	La Paz	Comayagua	Intibucá	Lempira	Cortes	Santa Bárbara	Yoro	Atlántida	Colon	Olancho	Copan	Ocotepeque
Enero	2	1.0	5.3	35.0	0.0	8.0	1.5	1.5	72.0	48.0	16.0	259.0	124.4	42.4	39.9	0
Febrero	5	1.0	4.7	24.0	4.8	7.0	0.8	0.8	59.6	47.0	20.0	207.0	54.3	26.3	29.2	4.8
Marzo	9	11.0	9.9	14.0	1.0	7.0	0.8	0.8	32.0	18.0	15.0	116.0	25.7	20.5	24.1	1
Abril	36	37.0	42.9	35.0	6.9	62.0	139.1	139.1	32.1	39.0	55.0	83.0	12.6	37.5	43.6	6.8
Mayo	292	264.0	143.5	111.0	294.4	110.0	29.5	29.5	62.9	90.0	153.0	81.0	35.5	137.2	153.5	294.3
Junio	320	307.0	158.7	234.0	287.8	183.0	266.9	266.9	142.4	205.0	251.0	147.0	46.9	245.4	288.4	287.7
Julio	164	145.0	82.3	140.0	214.3	87.0	171.9	171.9	110.2	127.0	171.0	203.0	73.2	234.0	210.7	214.3
Agosto	220	162.0	88.5	159.0	192.7	112.0	362.1	362.1	105.7	131.0	191.0	230.0	40.2	184.5	215.8	192.7
Septiembre	374	311.0	177.2	188.0	186.1	175.0	296.1	296.1	151.7	187.0	214.0	232.0	67.3	198.9	295.6	186.1
Octubre	290	229.0	108.9	153.0	89.4	117.0	34.8	34.8	147.8	117.0	142.0	408.0	180.0	153.8	145.1	89.4
Noviembre	72	41.0	39.9	74.0	107.1	31.0	8.4	8.4	135.3	102.0	59.0	388.0	196.0	76.1	76.3	107.1
Diciembre	7	5.0	9.9	47.0	13.7	13.0	0.3	0.3	121.7	75.0	28.0	412.0	149.0	52.6	58.4	13.7
Total	1,791	1,514	871	1,214	1,398	912	1,312	1,312	1,173	1,186	1,315	2,766	1,005	1,409	1,580	1,397

Fuente: Basado en el modelo CLIMWAT 2.0 (FAO 2011a), adaptado por el autor.

Anexo 5. Datos de precipitación efectiva en milímetros por departamento.

Mes	Precipitación efectiva (mm)															
	Choluteca	Valle	Francisco Morazán	El Paraíso	La Paz	Comayagua	Intibucá	Lempira	Cortes	Santa Bárbara	Yoro	Atlántida	Colon	Olancho	Copan	Ocotepeque
Enero	2.0	1.0	5.3	33.0	7.9	15.6	1.5	1.5	63.7	44.3	15.6	155.5	99.6	39.5	37.4	0.0
Febrero	5.0	1.0	4.7	23.1	6.9	19.4	0.8	0.8	53.9	43.5	19.4	158.0	49.6	25.2	27.8	4.8
Marzo	8.9	10.8	9.7	13.7	6.9	14.6	0.8	0.8	30.4	17.5	14.6	144.1	24.6	19.8	23.2	1.0
Abril	33.9	34.8	40.0	33.0	55.8	50.2	108.1	108.1	30.5	36.6	50.2	97.3	12.3	35.3	40.6	6.7
Mayo	154.2	151.4	110.6	91.3	90.6	115.5	28.1	28.1	56.6	77.0	115.5	67.4	33.5	107.1	115.8	154.4
Junio	157.0	155.7	118.4	146.4	129.4	150.1	151.7	151.7	110.0	137.8	150.1	116.4	43.4	149.0	153.8	153.8
Julio	121.0	111.4	71.5	108.6	74.9	124.2	124.6	124.6	90.8	101.2	124.2	126.0	64.6	146.4	139.7	140.8
Agosto	142.6	120.0	76.0	118.6	91.9	132.6	161.2	161.2	87.8	103.5	132.6	135.0	37.6	130.0	141.3	133.3
Septiembre	162.4	156.1	127.0	131.4	126.0	140.7	154.6	154.6	114.9	131.0	140.7	137.2	60.1	135.6	154.6	130.7
Octubre	154.0	145.1	89.9	115.5	95.1	109.7	32.9	32.9	112.8	95.1	109.7	167.4	128.2	116.0	111.4	76.6
Noviembre	63.7	38.3	37.4	65.2	29.5	53.4	8.3	8.3	106.0	85.4	53.4	179.0	134.5	66.8	67.0	88.7
Diciembre	6.9	5.0	9.7	43.5	12.7	26.7	0.3	0.3	98.0	66.0	26.7	172.9	113.5	48.2	52.9	13.4
Total	1011.6	930.6	700.2	923.3	727.8	952.9	772.9	772.9	955.3	938.9	952.9	1656.0	801.5	1018.9	1065.4	904.2

Fuente: Basado en el modelo CLIMWAT 2.0 (FAO 2011a), adaptado por el autor.

## Anexo 6. Coeficientes de cultivos de la principal producción agrícola de Honduras.

Cultivo	Coeficiente de cultivo			h (m)
	Kc inicial	Kc medio	Kc final	
Maíz	0.3	1.2	0.6	2
Tomate	0.6	1.15	1.7	0.6
Melones	0.5	1.05	0.75	0.4
Frijoles secos	0.4	1.15	0.35	0.4
Caña de azúcar	0.4	1.25	0.75	3
Bananos	0.5	1.1	1	3
Plátano	1	1.2	1.1	4
Café verde	0.3	0.7	0.45	1.5-2
Palma aceitera	0.7	1	1	8
Piña tropical	0.5	0.5	0.5	0.6-1.2
Cítricos				
70% dosel	0.75	0.7	0.75	4
50% dosel	0.8	0.8	0.8	3
20% dosel	0.85	0.85	0.85	2
Sandía	0.4	1	0.75	0.4
Pepinos	0.5	1	0.9	0.3

Fuente: Allen *et al.* (1998) y FAO (2006).

## Anexo 7. Duración de las etapas del ciclo de los cultivos en días.

Cultivos	Etapa (días)				Total
	Inicial	Desarrollo	Medio	Fin de temporada	
Banana	120	90	120	60	390
Plátano	120	60	180	5	365
Frijoles secos	20	30	40	20	110
Maíz	20	35	40	30	125
Cítricos	60	90	120	95	365
Caña de azúcar	30	60	180	95	365
Melón	25	35	40	20	120
Tomate	30	40	45	30	145
Palma aceitera	140	30	150	45	365
Piña	60	120	600	10	790
Sandía	20	30	30	30	110
Pepinos	25	35	50	20	130

Fuente: Allen *et al.* (1998) Tabla 11 y 12 y FAO (2006).