



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Dinámica de la superficie agrícola y la población en el entorno de Aleppo entre 2000-2016 a partir del análisis multitemporal de imágenes Landsat

Agricultural surface's dynamics and population in Aleppo's surroundings during 2000-2016 from Landsat images multitemporal analysis

Autor

Andrés Beltrán Gracia

Director

Juan de la Riva Fernández

Facultad de Filosofía y Letras
2017

RESUMEN

Siria ha albergado durante los últimos años importantes cambios sociales, ambientales, económicos y políticos y se ha convertido en un escenario de relevancia internacional por el conflicto que se inició en 2011, el cual se vio precipitado por las consecuencias de la sequía de 2007-2010. Las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) o la teledetección, son herramientas idóneas para realizar el estudio multitemporal de cuantificación y cartografía de los impactos producidos tanto por la sequía como por la guerra en la agricultura mediante índices espectrales como el NDVI o los ejes de brillo, humedad o verdor de la Transformación Tasseled Cap. El presente trabajo tiene por objetivo realizar este tipo de análisis espacial en el entorno de la ciudad de Aleppo entre los años 200 y 2016, para estimar los impactos de la sequía y la guerra sobre la agricultura, en relación con los movimientos de población producidos.

Palabras clave: *Siria, Aleppo, agricultura, población, refugiados, desplazados, Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), teledetección, Sistemas de Información Geográfica (SIG), NDVI, Tasseled cap.*

ABSTRACT

Syria has housed during the last years important social, environmental, economics and politics changes and has become an international relevant scenario due to the conflict that started in 2011, whose was hastened after the 2007-2010 drought. Geographical Information Technologies (GIT), such as Geographical Information Systems (GIS) and remote sensing, are adequate tools to make a multitemporal quantification and cartography analysis of the impacts made after the war on the agriculture after spectral indexes as NDVI or the Tasseled Cap Transformation brightness, wetness and greenness. This work is aimed to make this kind of spatial analysis in Aleppo's surroundings between 2000 and 2016, to estimate drought's and war's impacts on the agriculture, relating with the population's movements caused.

Palabras clave: *Syria, Aleppo, agriculture, population, refugees, displaced, Geographical Information Technologies (GIT), Remote Sensing, Geographical Information Systems (GIS), NDVI, Tasseled cap.*

Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Aproximación a la República Árabe Siria y su agricultura	1
1.2. Introducción de la teledetección para el análisis del territorio y de los conflictos bélicos.....	4
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	6
2.1. Justificación del tema de estudio	6
2.2. Objetivos.....	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
3.1. Localización y aproximación del área de estudio.....	8
3.2. Materiales	11
3.2.1. Imágenes Landsat utilizadas	11
3.2.2. Revisión bibliográfica.....	12
3.2.3. Análisis SIG.....	13
3.3. Métodos	13
4. RESULTADOS.....	16
5. DISCUSIÓN	23
6. CONCLUSIÓN.....	28
7. BIBLIOGRAFÍA	29
8. ANEXOS	32
8.1. Anexo I – NDVI	33
8.2. Anexo II – Brillo.....	40
8.3. Anexo III – Verdor	47
8.4. Anexo IV – Humedad.....	54

Índice de figuras

Figura 1 Área de estudio.....	9
Figura 2 Usos de suelo en el área de estudio (Siria).....	10
Figura 3 Valores medios \pm 1 desviación estándar de NDVI en primavera y verano para secano y regadío.....	18
Figura 4 Valores medios \pm 1 desviación estándar del eje Brillo en primavera y verano para secano y regadío.....	19
Figura 5 Valores medios \pm 1 desviación estándar del eje Verdor en primavera y verano para secano y regadío.....	20
Figura 6 Valores medios \pm 1 desviación estándar del eje Humedad en primavera y verano para secano y regadío.....	21
Figura 7 Media NDVI estival en las zonas de regadío durante la guerra siria.....	17
Figura 8 Dinámica poblacional en el área de estudio (Siria).....	22
Figura 9 Evolución del NDVI en verano 2000-2016.....	24

Índice de tablas

Tabla 1 Imágenes utilizadas.....	12
Tabla 2 Coeficientes de la transformación Tasseled Cap para Landsat 5.....	14
Tabla 3 Coeficientes de la transformación Tasseled Cap para Landsat 7.....	14
Tabla 4 Coeficientes de la transformación Tasseled Cap para Landsat 8.....	14

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Aproximación a la República Árabe Siria y su agricultura

La República Árabe Siria es un país de Oriente Próximo de la costa oriental mediterránea, localizado entre el Líbano y Turquía, que se extiende sobre una superficie de aproximadamente 185.000 km² y actualmente se encuentra sumida en guerra desde 2011. Fisiográficamente se puede dividir en 4 regiones: la región costera, un área montañosa paralela a la costa mediterránea, el interior al este del área montañosa que incluye diferentes llanuras (Damasco, Homs, Hama, Aleppo, Hassakeh y Dara) y el desierto al sureste del país limitando con Jordania e Irak.

El clima del país se encuentra mayoritariamente bajo la influencia climática del Mediterráneo, contando con la influencia continental. Esto significa que cuenta con inviernos fríos y lluviosos, y veranos secos y calurosos, con dos estaciones cortas de primavera y otoño. La precipitación varía en las diferentes regiones fisiográficas mencionadas. Al noreste se cuentan entre 100 y 150 mm anuales, mientras que las regiones centrales y del sur aumentan sus precipitaciones hasta 150-200 mm, Las llanuras por su parte cuentan con mayores precipitaciones aún, del orden de 300-600 mm, que se incrementa en la región costera donde se cuentan 800-1.000 mm anuales (FAO, 2008).

Durante la primera década del siglo XXI en Siria es importante destacar la sequía de 2007-2010, que se produjo en el noreste del país. Esta sequía, acrecentada por la mala gestión de los recursos hídricos y la política agrícola, puso los antecedentes de la Guerra Siria que comenzó en 2011 (Kelley et al., 2015). Esta guerra, que continua a día de hoy, se ha convertido en un drama humano por la destrucción del país y la migración forzada de millones de personas.

En el año 2011, antes del estallido de la guerra, había aproximadamente 21,5 millones de personas en Siria (OCHA ROSC, 2011), aunque tras el inicio de la misma la población comenzó a disminuir hasta contar con 18,6 millones a finales de 2016 (OCHA ROSC, 2016). Hasta 2011 la población creció a un ritmo del 3,3% anual durante las cuatro últimas décadas del siglo XX y del 2,5% durante la primera del siglo XXI (Rocchi et al., 2013), situándose mayoritariamente a lo largo de la costa del Mediterráneo y en torno a las ciudades de Damasco, Aleppo y Homs.

A nivel económico, durante las últimas cuatro décadas del siglo XX, Siria experimentó un crecimiento anual del PIB del 4,6% y, en la primera del siglo XXI, este crecimiento fue del 4,9%. Aunque el sector agrícola fuese tradicionalmente el sector principal de la economía siria, desde mediados de la década de 1970 se produjo el crecimiento de la minería, el comercio y la industria a mayor ritmo (Rocchi et al., 2013). De esta forma se desplazó al sector agrícola a

posiciones secundarias aunque continuó siendo un sector económico importante, aportando más de un quinto del PIB nacional (22,9%) antes del inicio del conflicto y haciendo que la economía nacional fuera altamente dependiente de la agricultura, a pesar de las limitaciones que la escasez de recursos hídricos que padece el territorio, y llegando a ocupar al 25,8% de la población (Berman y Wihbey, 2000; Ali, 2010; Rocchi et al., 2013).

En la República Árabe Siria el área cultivable suponía en 2005 el 32% de la superficie del país, de la cual el 97% estaba realmente siendo cultivada (FAO, 2008). A pesar de la diversificación de la agricultura siria en términos de variedad de productos, el trigo, la cebada y el algodón jugaban un papel dominante en el sector, ocupando el 34%, el 27% y el 1,3% del suelo agrícola respectivamente (Cafiero et al., 2009).

Durante la última mitad del siglo XX el sector agrícola se modernizó y duplicó la superficie irrigada entre 1985 y 2010, pasando de 651.000 ha a entre 1,5-1,35 millones ha (Jaafar et al., 2015; De Châtel, 2014; Barnes, 2009). La expansión de tierras agrícolas y, en concreto, del regadío, que produjo un aumento de tierras irrigadas desde 1985 y el paso de 135.000 pozos a 213.000 entre 1999 y 2007, hizo aumentar la presión sobre los recursos hídricos, junto con el crecimiento del turismo y la industria, además del propio incremento poblacional (De Châtel, 2010; Barnes, 2009). El aumento de tierras irrigadas respondía a las políticas de seguridad alimentaria, a fin de satisfacer la demanda de una población cuyos ritmos de crecimiento se encontraban entre los más altos del mundo, que comenzaba a cambiar su dieta aumentando la superficie necesaria y dedicar cultivos a la exportación (Fiorillo y Vercueil, 2003; Barnes, 2009). El aumento superficial se relacionaría no solo con el aumento del cultivo de trigo destinado a la producción del pan, que era el producto básico, sino también con la expansión de cultivos forrajeros como la cebada, destinados a la producción cárnica que se encontraba en aumento previo a la guerra.

Los sistemas y canales de regadío poseían, además, pérdidas de entre el 10% y el 60%. Añadiendo el uso de métodos de riego ineficientes, basándose el 80% en métodos tradicionales como el de inundación, y la procedencia subterránea del agua cercana al 50%, siendo extraída a un ritmo insostenible (Gleick, 2014; De Châtel, 2014). Por ello, la agricultura siria padecía unos problemas estructurales considerables en su conjunto en la primera década del siglo XXI. La ampliación constante y rápida de tierras de cultivo se hizo a expensas de recursos hídricos no renovables a escala humana, con sistemas de regadío ineficientes y para abastecer a una población en constante crecimiento y cambio, a lo que haría falta añadir el descenso de las precipitaciones, lo que conduciría a una mayor dependencia de los recursos no renovables como los pozos.

En las primeras 2 décadas del siglo XXI en la que, como se ha mencionado antes, se destacarían la sequía del 2007-2010 y la guerra que continúa librándose, se han producido grandes desplazamientos de población. Con la sequía se produjeron 1,5 millones de desplazados, junto con los refugiados de la Segunda Guerra del Golfo y que constituían, antes del estallido del conflicto, el 20% de la población urbana siria (Kelley et al., 2015) y principalmente ocuparon las ciudades de Damasco, Alepo y Homs (Gleick., 2014; Ali, 2010). A causa de la sequía y debido a la alta dependencia de la economía siria del sector agrícola se paró el crecimiento económico y se provocaron profundos cambios demográficos, problemas sociales y sanitarios (Ali, 2010). El crecimiento rápido de las ciudades produjo una serie de asentamientos ilegales, sobrepoblación, infraestructuras deficientes, paro y crimen que sirvieron a la inestabilidad del país previa a la guerra que el gobierno no pudo solventar (Gleick, 2014; Kelley et al., 2015; De Châtel, 2014).

Esto se vio acentuado por las estrategias económicas llevadas a cabo por el gobierno sirio. Estas se basaban en detener el subsidio agrícola y medidas liberales, que abrieron el mercado, permitieron la entrada de bienes agrícolas más baratos, la destrucción del mercado local y la reducción de los salarios (Cemgil y Hoffmann, 2016), en un mundo rural donde la influencia política es considerable.

En 2011, el inicio de las protestas que derivaron en la actual Guerra Siria en la que juegan roles importantes dos polos imperialistas globales como son EEUU-UE y Rusia, y potencias regionales como Turquía, Israel, Arabia Saudí o Qatar y en la que se combinan diferentes facciones dentro del conflicto como kurdos, leales y opositores al gobierno de Al-Assad y grupos islamistas entre los que se encuentran grupos terroristas como el Daesh y Al-Nusra. Esta amalgama de facciones e intereses dificulta la salida pacífica del conflicto por las disputas diplomáticas entre los diferentes actores del conflicto (Laborie Iglesias, 2014).

Los actores internacionales del conflicto EEUU-UE y Rusia defienden sus propios intereses, financiando, armando o dando apoyo militar directo, a los actores que mejor convenga. Así Rusia apoya al gobierno del único socio comercial y militar que tiene en la zona, manteniendo una salida al Mediterráneo a través del puerto de Tartús, en una zona de clara hegemonía de dominio estadounidense reflejada en la OTAN. Luego EEUU por su parte actúa en defensa de su aliado clave regional Israel, apoyando la oposición a fin de restar la capacidad de Siria e Irán en su aplicación de políticas antisionistas y contra el colonialismo israelí.

En este conflicto el agua juega un papel muy importante, como lo es en toda la región de Oriente Próximo como demostraría la ocupación de Israel de los altos del Golán y territorios palestinos (Bassil, 2011). En el caso sirio, las relaciones con países vecinos como Turquía han sido dominadas por el control de los recursos hídricos del Éufrates, del que Siria, Irak y Turquía

extraen agua para regadío. De aquí, Turquía tiene una mejor posición, al situarse aguas arriba del río y donde se genera el 88% de su caudal (Berman y Wihbey, 2000; Bassil, 2011).

Según el IDMC (Internal Displacement Monitoring Center) y ACNUR (Alto Comisionado de las Naciones Unidas por los Refugiados), el presente conflicto ha forzado el desplazamiento de más de 10 millones de personas, de las cuales 6,6 son desplazados interiores y 4,8 refugiados en los países limítrofes (IDMC, 2016; ACNUR, 2016). La mayoría de la población desplazada es rural y dependía de la agricultura, lo que ha provocado un descenso severo de la producción agrícola (Jaafar et al., 2015). La producción de cereales, frutales y vegetales ha caído a la mitad de los valores previos a la guerra por la destrucción de las infraestructuras de regadío, la escasez de carburantes y la dificultad al acceso de productos agrícolas como semillas y fertilizantes, además de la inseguridad propia de un conflicto armado (FAO, 2013).

1.2. Introducción de la teledetección para el análisis del territorio y de los conflictos bélicos

La teledetección se define como la ciencia que sirve para obtener información sobre un objeto, área o fenómeno de interés por un dispositivo que registra las propiedades espectrales de su superficie sin tener contacto con el mismo. Esto le ha permitido tener una larga historia de uso en los cambios de ocupación de suelo, como es la degradación del suelo y los cambios en la vegetación, entre otras muchas aplicaciones (Al-doski et al., 2013).

La teledetección para conocer el uso del suelo y su evolución sirve sin duda para entender los patrones del paisaje, cambios e interacciones de las actividades humanas, lo que sirve para adecuar la gestión del suelo y la toma de decisiones (Rawat y Kumar, 2015). Las imágenes satelitales, junto con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser una potente herramienta para detectar cambios en los usos del suelo al ofrecer datos multispectrales y multitemporales a bajo costo, lo que ayuda a comprender las evoluciones en los patrones en los usos del suelo al construirse conjuntos de datos sobre los mismos.

Además de esto, las imágenes satelitales y la teledetección permiten en muchos casos superar las restricciones de acceso que un conflicto supone para periodistas, extranjeros y observadores internacionales. Esto permite comprobar la extensión geográfica y la escala de los ataques y los impactos que se producen durante y después de la guerra algo que, en principio, los testigos visuales con los que se pueda tener contacto, no permite (Prins, 2008). Desde la Primera Guerra del Golfo en 1991 la teledetección ha servido como herramienta para conocer los impactos de la guerra sobre los cambios en los usos del suelo, el desplazamiento en masa de la población local y los impactos de la violencia bélica en general (Al-doski et al., 2013).

De la misma forma, permite a los medios de comunicación y, por extensión, a la sociedad en general el acceso a imágenes, datos y estudios que permitan tener una imagen a partir de la cual estar informados de cualquier conflicto o incluso violación de los derechos humanos que se esté llevando a cabo en el mundo (Prins, 2008).

Estudios previos para conocer el impacto de la guerra en el sector primario a través de imágenes de satélite han utilizado diferentes índices de vegetación (Witmer, 2008; Schimmer, 2008; Jaafar et al., 2015; Jaafar y Woertz, 2016). Para los cultivos de regadío, por la infraestructura y mano de obra necesaria, el abandono de las parcelas se ha detectado por un descenso en los índices de vegetación. Por el contrario, los índices de vegetación en las parcelas abandonadas de secano exhiben mayores índices de vegetación, al contrario que en las imágenes previas a la guerra, a causa de la falta de desbroce en las mismas (Witmer, 2008).

Asimismo existen antecedentes de la aplicación de imágenes de resolución moderada (10-100 m) en diferentes conflictos. En distintos estudios se han utilizado imágenes de bajo presupuesto como las series Landsat que se utilizan en este Trabajo Fin de Grado (TFG) para comprobar la destrucción de pueblos en Darfur (Prins, 2008), región de Sudán en conflicto desde 2003 y en la que, debido a que el conflicto perdura, en 2014 más de 600.000 personas se vieron obligadas a dejar su hogar (ACNUR, 2014), a las que habría que añadir aquellas que pasaron a ser refugiadas en los 10 años anteriores. También en el mismo conflicto de Darfur se ha utilizado la teledetección para comprobar el desplazamiento de la población a través de los cambios en índices de vegetación, tanto por el abandono de tierras de cultivo como de pastoreo (Schimmer, 2008).

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1. Justificación del tema de estudio

La Guerra Siria se ha convertido, desde sus inicios, en uno de los temas internacionales más difundidos desde los medios de comunicación, tanto por la crisis humanitaria que ha desencadenado a las puertas de Europa, como por las batallas que se han librado en las ciudades de Damasco, Homs y Aleppo, reduciéndolas a escombros. También por el aumento del terrorismo por grupos terroristas como el Daesh tanto en el interior del país, amenazando a sus habitantes, como fuera, en países vecinos como Irak o Turquía o países europeos como Francia o Bélgica, además de la destrucción del patrimonio cultural y arqueológico sirio en la cuna de la civilización.

La mayoría de los impactos conocidos en la sociedad europea se han reducido a las personas refugiadas que se han visto obligadas a salir de Siria por el peligro que quedarse en un país en guerra conlleva para sus vidas y a los ámbitos urbanos y la destrucción de hogares, hospitales, escuelas, vías de comunicación y en definitiva todo aquello que permite el desarrollo económico y social de un país. Sin embargo, no existe desde la conciencia colectiva una visión de los impactos que la guerra ha significado en los medios rurales de Siria, donde también se han producido desplazados internos y refugiados, en parte a causa del acceso más difícil que estas áreas suponen para los periodistas y observadores internacionales durante un conflicto.

De esta forma, este trabajo tiene la intención precisamente de dar una visión de qué es lo que ha pasado en el medio rural sirio entre los años 2000-2016, teniendo en cuenta asimismo los acontecimientos que se han producido en Siria, en el que se conjugan crisis política climática, social y medioambiental, de las que se destacan la guerra, la sequía, el aumento de población y la sobreexplotación de recursos hídricos, que son esenciales para comprender el presente conflicto.

2.2. Objetivos

El principal objetivo del presente trabajo es analizar la evolución temporal de la actividad agrícola en el entorno de la ciudad de Aleppo durante el período comprendido entre los años 2000 y 2016. Se persigue con ello valorar el impacto que sobre la población rural ha tenido la historia reciente siria, marcada por la sequía y la guerra, que se sigue desarrollando en la actualidad. A este objetivo temático, se suma otro de carácter metodológico, que puede definirse por la utilización de técnicas de teledetección, mediante análisis multitemporal y mutiestacional de imágenes Landsat, para el análisis de la dinámica de ocupación del espacio agrícola. Se parte de la hipótesis, por tanto, de que los cambios producidos en las superficies cultivadas –

analizadas mediante teledetección– constituyen indicadores adecuados para valorar y localizar los desplazamientos poblacionales ligados a los dos hitos históricos señalados, obviamente en el contexto de las políticas agrarias llevadas a cabo por el Gobierno sirio.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización y aproximación del área de estudio

El área de estudio (Fig. 1) del presente trabajo se encuentra en la zona noroeste del país, en la región fronteriza con Turquía, abarcando zonas de las gobernaciones de Aleppo e Idleb. De esta forma, el entorno de la ciudad de Aleppo, la costa noroeste del lago salino Jabbul y el noreste de la ciudad de Idleb, quedan dentro del área de estudio, abarcándose un área total de aproximadamente 7.500 km² y una población de aproximadamente 3,5 millones de personas.

Las gobernaciones de Aleppo e Idleb, situadas al norte del país, haciendo ambas frontera con Turquía, albergaban en 2005 el 21% y el 6% de la superficie cultivada de Siria respectivamente (FAO, 2008; Cafiero et al., 2009). Luego, en cuanto a la distribución de cultivos de secano y regadío, a finales de la primera década del siglo XXI, la superficie irrigada era de aproximadamente el 16 % en ambas gobernaciones (Cafiero et al., 2009). Esto significa un aumento desde 2004, puesto que entonces, la superficie irrigada en la Gobernación de Aleppo, significaba el 13,15% (FAO, 2008). Asimismo la gobernación de Aleppo es responsable de buena parte de la producción de trigo y cebada de Siria y supone el 73% de la producción de cultivos invernales (Jaafar y Woertz, 2016). A la vez, la gobernación de Idleb es productora principalmente de trigo, el cual ocupa el 28% de las tierras cultivadas en la región (Cafiero et al., 2009). En ambas gobernaciones se producen más de la mitad de lentejas, garbanzos, olivas y pistachos del cómputo nacional. De esta forma en el área de estudio en el que se enmarca el presente trabajo el uso del suelo era aproximadamente un 67% agrícola, siendo un 12% de éste irrigado (Fig. 2).

En el área de estudio la población activa se concentraba antes de la guerra en el sector agrícola, sobre todo en el noroeste y al sureste, a excepción de los centros urbanos, donde los sectores secundario y terciario tenían más importancia. En la ciudad de Aleppo tenían así mayor importancia los sectores industria y servicios y se constituía como el motor económico de la zona, junto con la zona localizada entre Aleppo e Idleb, donde también la industria era un sector pujante de la economía.

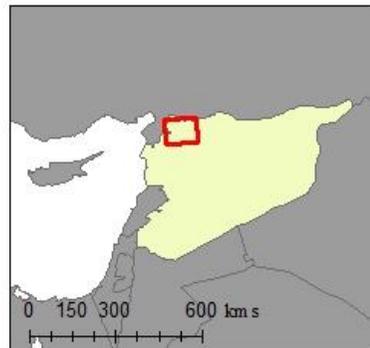
Al sureste de la ciudad de Aleppo se encuentra el lago salino de Jabbul el cual, desde 1979, alberga cultivos de regadío en sus orillas al norte y al oeste a través de canales procedentes del Éufrates y de donde proceden la mayoría de ingresos de los pueblos de la zona (Serra et al., 2006; Jaubert et al., 2006). En esta zona, la población se dedicaba principalmente a la agricultura gracias a la extensión de cultivos irrigado siendo que variaba el porcentaje de trabajadores en el sector primario entre el 65% y el 45% aproximadamente.

Área de estudio

Leyenda

- Área de estudio
- Límites estatales
- Límites provinciales
- Zonas urbanas

Localización área de estudio:



Autor: Andrés Beltrán Gracia
Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017
Fuentes: USGS (imagen satelital)
<https://data.humdata.org/> (capas vectoriales)
Datum: WGS 1984
Proyección: UTM 37N

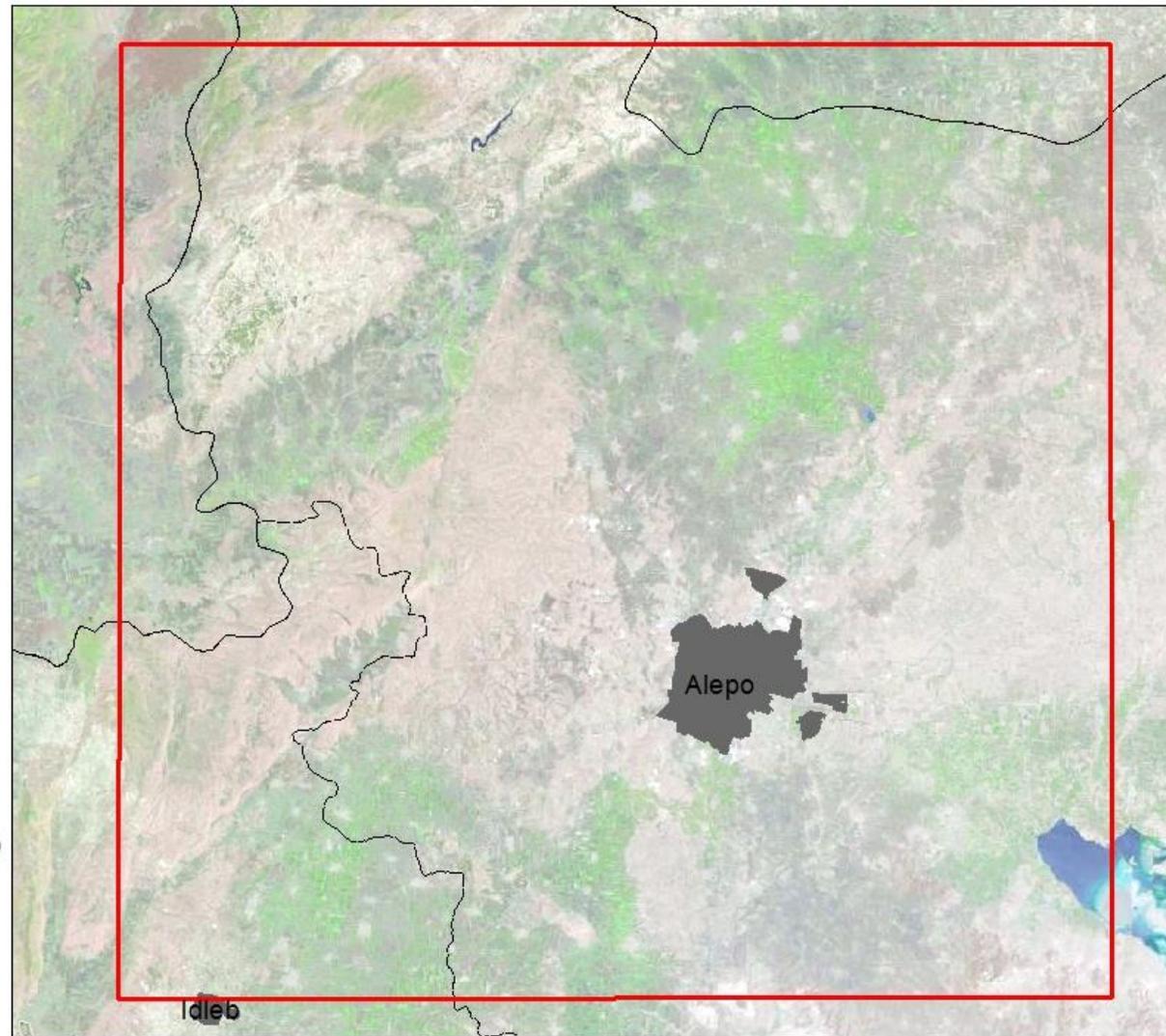
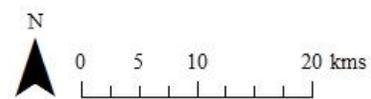


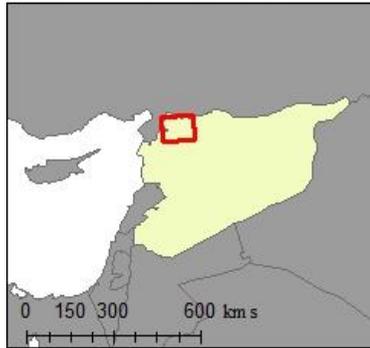
Figura 1 Área de estudio.

Usos de suelo en el área de estudio (Siria)

Leyenda

-  Área de estudio
-  Límites provinciales
-  Límites estatales
-  Cultivo de secano
-  Cultivo de regadío
-  Zonas urbanas
-  Suelo improductivo

Localización área de estudio:



Autor: Andrés Beltrán Gracia
Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017
Elaboración propia

Datum: WGS 1984
Proyección: UTM 37N

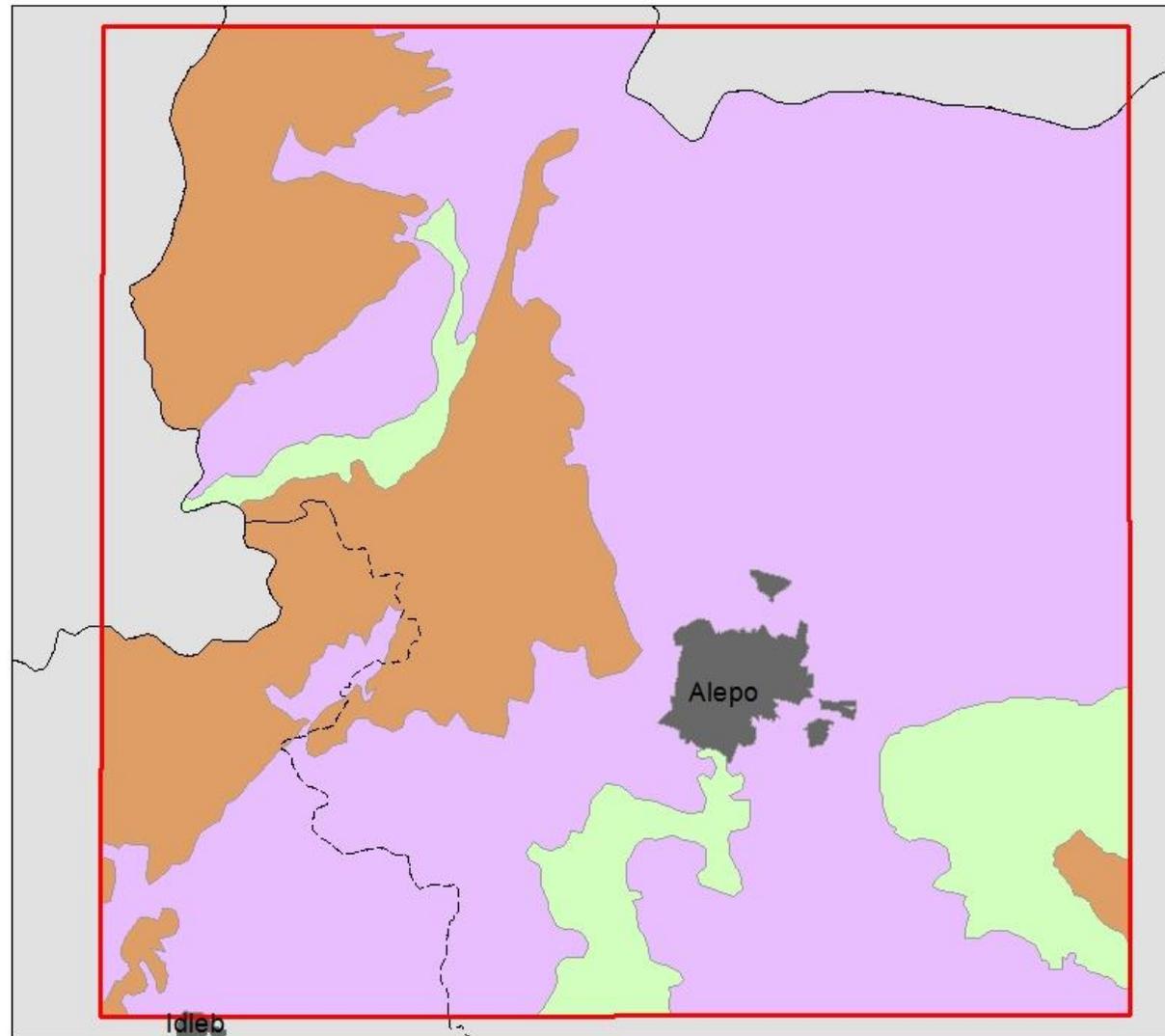
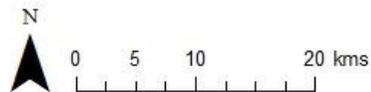


Figura 2 Usos de suelo en el área de estudio (Siria).

El río Quwaiq localizado también en la zona de estudio divide la ciudad de Aleppo en dos, aunque nace en Turquía y desaparece 50-60 kilómetros al este de la ciudad, a medida que discurre a lo largo del país. A mediados del siglo XX el río provocaba inundaciones a las actuales periferias de la ciudad pero su caudal se vio reducido por los planes de irrigación de Turquía. A pesar de ello, sirve para irrigar las zonas al sureste de Aleppo, a través de una red de canales que permiten irrigar zonas a varios cientos de metros de distancia del curso del río. En este caso la población ocupada en el sector primario oscilaba en torno al 60% y el 35%.

El río Afrin, también presente en el área de estudio, nace en Turquía, entra en territorio del Kurdistán sirio (Rojava) y vuelve a entrar en Turquía antes de desembocar en el lago Amik, a partir del cual continúa fluyendo como afluente del río Orontes. En su curso, se localiza el embalse del 17 de Abril, a partir del cual, se abastece la zona de agua de regadío para el cultivo principal de trigo. Aquí la población agrícola era mucho mayor ocupando a más del 60% de la población trabajadora.

3.2. Materiales

Para la consecución de los objetivos de este trabajo se han empleado imágenes de los satélites Landsat 5, 7 y 8, previamente corregidas, descargadas desde el servidor del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés). También se contó con numerosos artículos, cuya lectura permitió el análisis y comprensión de los hechos acontecidos durante los últimos años en Siria. Asimismo se obtuvieron datos poblacionales que facilitó la valoración de los efectos que sobre todo la guerra había tenido en la zona alrededor de Aleppo. Por último, mediante software SIG, se trataron las imágenes obteniendo imágenes derivadas (NDVI y ejes de la transformación Tasseled Cap) y cartografía temática del área de estudio.

3.2.1. Imágenes Landsat utilizadas

Las imágenes Landsat utilizadas y extraídas del USGS (Tabla 1) han sido recortadas en función del área de estudio y después tratadas a fin de aplicar diferentes índices como el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) y los 3 primeros ejes de la transformación Tasseled Cap.

De las imágenes disponibles se seleccionaron aquellas que por la ausencia de cubierta nubosa, permitían visualizar sin problemas la superficie de estudio. De la misma forma, para apreciar la fenología vegetal, por cada año se seleccionaron 2 imágenes, una de primavera y otra de verano, a fin de que el contraste entre ambas fuera mayor y por tanto facilitar el análisis e interpretación posterior. Dentro de la serie temporal objeto de estudio (2000-2016) es necesario aclarar que se

prescindió de aquellas imágenes Landsat 7 que, a causa de un fallo en el sistema sensor ETM+ desde primavera del 2003, dejaban de mostrar el 22% de los datos.

Tabla 1 Imágenes utilizadas

Año	Fecha primavera (sensor)	Fecha verano (sensor)
2000	29-may (Landsat5 – TM)	09-ago (Landsat7 – ETM+)
2001	24-may (Landsat7 – ETM+)	28-ago (Landsat7 – ETM+)
2002	11-may (Landsat7 – ETM+)	15-ago (Landsat7 – ETM+)
2003	28-abr (Landsat7 – ETM+)	10-ago (Landsat5 – TM)
2006	30-may (Landsat5 – TM)	18-ago (Landsat5 – TM)
2007	01-may (Landsat5 – TM)	21-ago (Landsat5 – TM)
2009	22-may (Landsat5 – TM)	26-ago (Landsat5 – TM)
2010	23-abr (Landsat5 – TM)	13-ago (Landsat5 – TM)
2011	25-mar (Landsat5 – TM)	16-ago (Landsat5 – TM)
2013	01-may (Landsat8 – OLI)	21-ago (Landsat8 – OLI)
2014	04-may (Landsat8 – OLI)	24-ago (Landsat8 – OLI)
2015	07-may (Landsat8 – OLI)	27-ago (Landsat8 – OLI)
2016	09-may (Landsat8 – OLI)	29-ago (Landsat8 – OLI)

3.2.2. Revisión bibliográfica

Además del uso de las imágenes, la interpretación posterior se vio favorecida por la lectura de artículos científicos y la revisión de datos poblacionales. Con esto se permitió un análisis geográfico transversal de aquello que resultaba interesante y abarcable para y en el presente TFG. Los temas que se revisó bibliografía han sido sobretodo de Siria, como su agricultura y las demandas de agua en el sector, la política nacional e internacional siria, la guerra que se continúa desarrollando en la actualidad y sus efectos derivados, con especial interés en la población desplazada a través de informes de Organizaciones No Gubernamentales (ONG), como ACNUR o IDMC. Por último destacar la lectura de artículos y manuales de teledetección para la comprensión de los índices y ejes de la transformación Tasseled Cap (brillo, verdor y humedad), así como la utilización de esta tecnología para el análisis de la evolución de las superficies agrícolas tras y durante conflictos armados como aquellos de Bosnia o Darfur (Sudán).

3.2.3. Análisis SIG

A través de software SIG se trataron las imágenes que se descargaron a fin de transformarlas en información útil y legible para el presente TFG. Además se generó cartografía de diversos tipos con datos extraídos de agencias internacionales y de las propias imágenes satélite para facilitar la interpretación y localización de los datos.

3.3. Métodos

El índice NDVI, como todos los índices de vegetación, se sirve del peculiar comportamiento radiométrico de la vegetación para mejorar la discriminación entre dos cubiertas con comportamiento reflectivo muy distinto en las bandas del espectro visible (especialmente la banda roja, de 0,6 a 0,7 μm) y el infrarrojo cercano (0,7 a 1,1 μm). De esta forma, mientras en la región visible los pigmentos de la hoja de la vegetación sana absorben la mayor parte de la energía que reciben, estas sustancias apenas afectan al infrarrojo cercano, que muestra mayor respuesta reflectiva en la medida en que el vigor vegetal aumenta.

Por esta razón, se produce un notable contraste espectral entre la baja reflectividad de la banda roja del espectro y la del infrarrojo cercano, lo que permite separar la vegetación sana de otras cubiertas. Cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés (por ejemplo, por plagas o sequías), su reflectividad será inferior en el infrarrojo cercano, aumentando en el rojo, con lo que el contraste entre ambas bandas será mucho menor. Cuanto mayor sea el contraste entre las reflectividades de la banda infrarroja y roja, mayor vigor presentará la cubierta observada. Bajos valores de contraste indican una vegetación enferma o senescente, hasta llegar a las cubiertas sin vegetación, que ofrecen un contraste muy pequeño. El NDVI sirve entonces para seguir las condiciones de la cubierta vegetal en la superficie terrestre y que además permite comparaciones estacionales e interanuales en la actividad y el crecimiento de la vegetación, lo que lo hace muy útil de cara a este trabajo (Chuvioco, 2010).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR Próximo} - \text{Rojo}}{\text{IR Próximo} + \text{Rojo}}$$

La transformación Tasseled Cap, por su parte, tiene como objetivo obtener nuevas bandas en un contexto multivariante, para poder realzar algunos rasgos de interés de las cubiertas. Esta función consiste en reducir las seis bandas reflectivas del sensor a tres nuevas bandas que, en el espacio multispectral original representan el brillo o albedo (participación positiva de la reflectividad de todas las bandas), el verdor (relación de contraste entre canales visibles e infrarrojo próximo) y la humedad (otorgando al infrarrojo medio de onda corta una participación contrapuesta al resto de bandas reflectivas) (Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4). Así cada

una de estas bandas reflejaría nueva información que no estaba presente en las bandas originales de la imagen.

- Brillo: reflejaría los cambios en la reflectividad de la escena, por lo que aparecería como una imagen pancromática. Es la suma ponderada de todos los canales, excluido el térmico.
- Verdor: indica el contraste entre las bandas visibles y el infrarrojo próximo, por lo que es muy similar al NDVI, siendo muy útil a la hora de reflejar los dominios vegetales de las imágenes.
- Humedad: refleja el contenido de agua en la vegetación y en el suelo y se manifiesta con mayor claridad la absorción del agua.

La combinación de estos ejes permite distinguir varios planos de variación de gran interés para el estudio detallado de suelos y vegetación. En este sentido, suelen distinguirse tres planos: el de vegetación, formado por el eje de brillo y de verdor, el de suelos, formado por el eje de brillo y la humedad, y el de transición, formado por la humedad y el verdor (Chuvieco, 2000; Chuvieco y Huete, 2010).

Tabla 2 Coeficientes de la transformación Tasseled Cap para Landsat 5 (Liang, 2004).

Landsat 5	B1	B2	B3	B4	B5	B7
Brillo	0,2909	0,2493	0,4806	0,5568	0,4438	0,1706
Verdor	-0,2728	-0,2174	-0,5508	0,7221	0,0733	-0,1648
Humedad	0,1446	0,1761	0,3322	0,3396	-0,621	-0,4186

Tabla 3 Coeficientes de la transformación Tasseled Cap para Landsat 7 (Huang et al., 2002).

Landsat 7	B1	B2	B3	B4	B5	B7
Brillo	0,3561	0,3972	0,3904	0,6966	0,2286	0,1596
Verdor	-0,3344	-0,3544	-0,4556	0,6966	-0,0242	-0,263
Humedad	0,2626	0,2141	0,0926	0,0656	-0,7629	-0,5388

Tabla 4 Coeficientes de la transformación Tasseled Cap para Landsat 8 (Baig, 2014).

Landsat 8	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Brillo	0,3029	0,2786	0,4733	0,5599	0,508	0,1872
Verdor	-0,2941	-0,243	-0,5424	0,7276	0,0713	-0,1608
Humedad	0,1511	0,1973	0,3283	0,3407	-0,7117	-0,4559

Con el uso de las imágenes y los índices mencionados se diferenciaron los usos de suelo del área de estudio. Con los valores de cada píxel para cada índice se obtuvieron los valores estadísticos (media, desviación estándar, valor máximo y valor mínimo) de cada una de las zonas de uso de suelo homogéneo, diferenciándose aquellas porciones donde el cultivo de secano era mayoritario y aquellas donde predominaba el regadío, para comprobar tanto la tendencia de la agricultura en el área de estudio como su variabilidad dentro en función de las características del cultivo.

4. RESULTADOS

En este apartado se dividen los resultados en dos partes diferenciadas. Por un lado se exponen los resultados estadísticos de las imágenes derivadas del área de estudio y por otro se exponen aquellos extraídos del análisis SIG de los datos poblacionales. Para los resultados estadísticos se han presentado de forma que queden presentados de forma individual dependiendo del tipo de cultivo (secano o regadío) y de la fecha (primavera o verano), pero agrupados en un mismo conjunto en función del eje o índice que se representaba (Págs. 21, 22, 23 y 24). Asimismo en los Anexos a este trabajo se encuentran las imágenes derivadas de cada uno de los índices y ejes tanto de primavera como de verano (Anexo I, II, III y IV).

En cuanto al análisis de los datos estadísticos, a fin de facilitar la lectura de los datos se han presentado en gráficas diferentes las medias y desviaciones estándar dependiendo de su época (verano y primavera), su tipo de cultivo (secano o regadío) y su índice o eje de transformación Tasseled Cap (NDVI, brillo, verdor y humedad).

Primero señalar la tendencia difusa y desigual que siguen los valores de las escenas correspondientes a las fechas de primavera en todos los índices y ejes de transformación tanto en fechas de primavera como de verano (Figs. 3, 4, 5 y 6). No se produce lo mismo en las escenas de verano, donde se pueden establecer tendencias.

Luego, las áreas de secano y de regadío no comparten la misma evolución. En las fechas de primavera apenas existen diferencias entre ambas, alternándose momentos en los que las zonas de secano tienen valores superiores y momentos en los que las mismas zonas tienen valores inferiores que las zonas de regadío (Figs. 3, 4, 5, y 6). Sin embargo en las fechas de verano no sucede lo mismo ya que el regadío mantiene valores superiores que el secano en el NDVI y en los ejes de verdor y humedad.

El NDVI (Fig. 3) estival en la zona de secano sigue una tendencia estable, ligeramente creciente a lo largo del periodo de estudio aunque se mantiene siempre en valores bajos, inferiores a 0,2. Sucede lo contrario en las zonas de regadío, donde los valores crecen a medida que pasan los años, pero cambian de tendencia al descender a partir de 2011.

El eje de la transformación Tasseled Cap del brillo por su parte (Fig. 4), mantiene una tendencia estable a lo largo de todo el periodo, con un ligero incremento en las zonas de regadío en las fechas de verano a partir de 2011. En las fechas de primavera mantiene la tendencia desigual que se ha comentado previamente.

Con el eje de verdor (Fig. 5) sucede lo mismo que con el NDVI, creciendo los valores estivales, tanto en verano como en primavera, desde 2000 hasta el 2011, donde comienzan a decrecer.

Habría que añadir también el repunte que se produce en las zonas de secano a partir de 2011, que a diferencia del NDVI no se aprecia.

Por último el eje de humedad (Fig. 6) tiene un crecimiento en verano entre 2002 y 2003 que luego se estabiliza para volver a decrecer a partir de 2011. Luego en primavera se aprecia una tendencia creciente a lo largo de los años entre 2001 y 2007, que tras estabilizarse decrece al igual que el verdor y la humedad a partir del 2011.

Esta progresión en las zonas de regadío en las que tanto en verdor, humedad y el NDVI, decrece a partir de 2011, no es similar para todas ellas (Fig. 7), produciéndose una reducción drástica a partir de 2013 en todos los índices en el entorno del lago Jabbul y el río Quwaiq. Esta tendencia sin embargo no es compartida en los cultivos de regadío del río Afrin, donde no se aprecian cambios de tendencia en los valores y por lo tanto se presupone la continuación de la agricultura a pesar del conflicto armado.

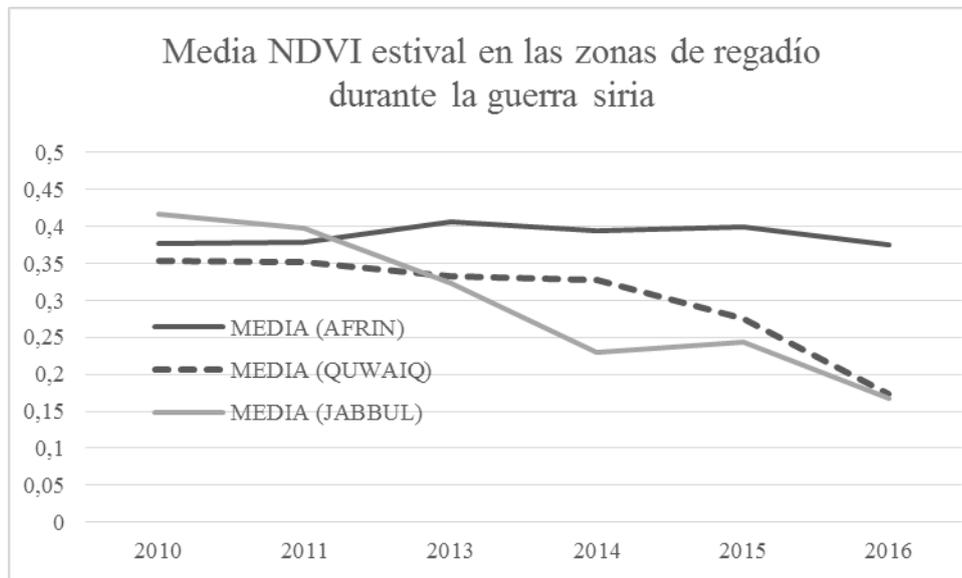


Figura 3 Media NDVI estival en las zonas de regadío durante la guerra siria.

Es interesante destacar asimismo la evolución de las pocas superficies de cultivo de Turquía que se enmarcan dentro del área de estudio. En estas parcelas, la agricultura no solo ha seguido en curso al encontrarse el país en una situación de relativa paz, manteniendo los niveles previos al estallido de la Guerra Siria, sino que además éstas han visto crecer sus índices.

En cuanto a la evolución de la población entre 2004 y 2017 (Fig. 8) se ven evoluciones diferentes en el área de estudio. Las mayores pérdidas de población se encuentran en Aleppo y en las poblaciones al sur y al este de la misma, en las zonas de río Quwaiq y el lago Jabbul. La población se ha incrementado sin embargo en las zonas fronterizas con Turquía del norte y el oeste de Aleppo. Lo mismo sucede en la zona de regadío del río Afrin.

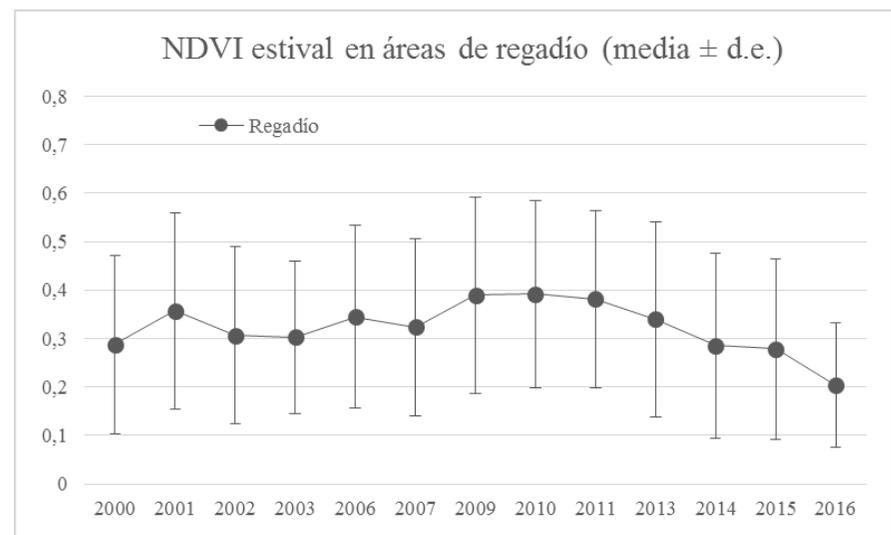
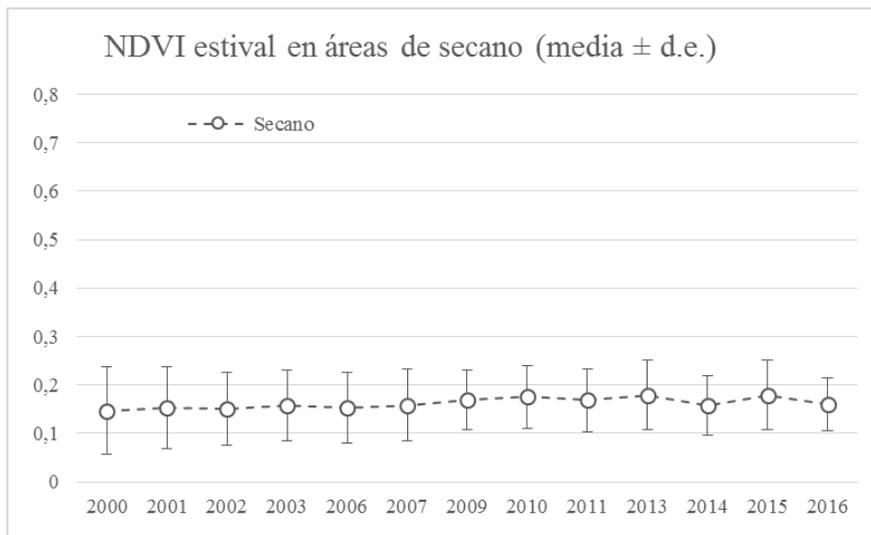
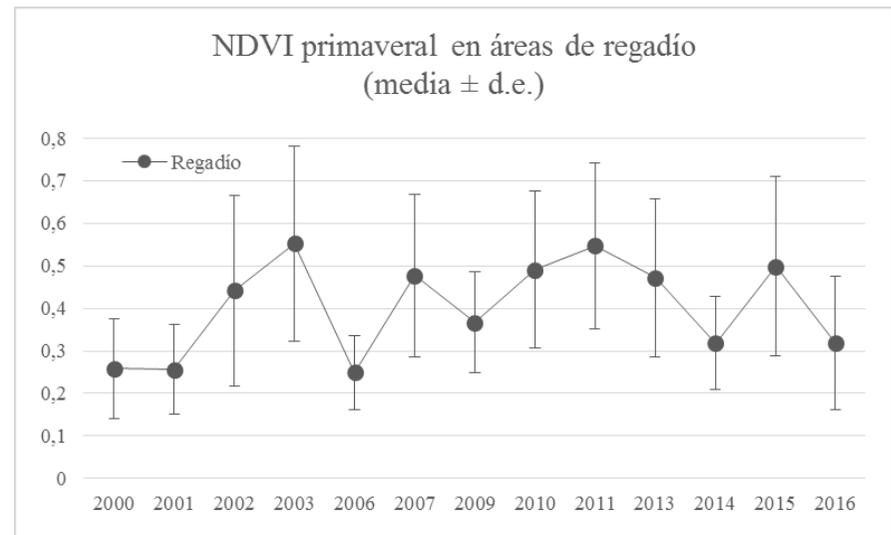
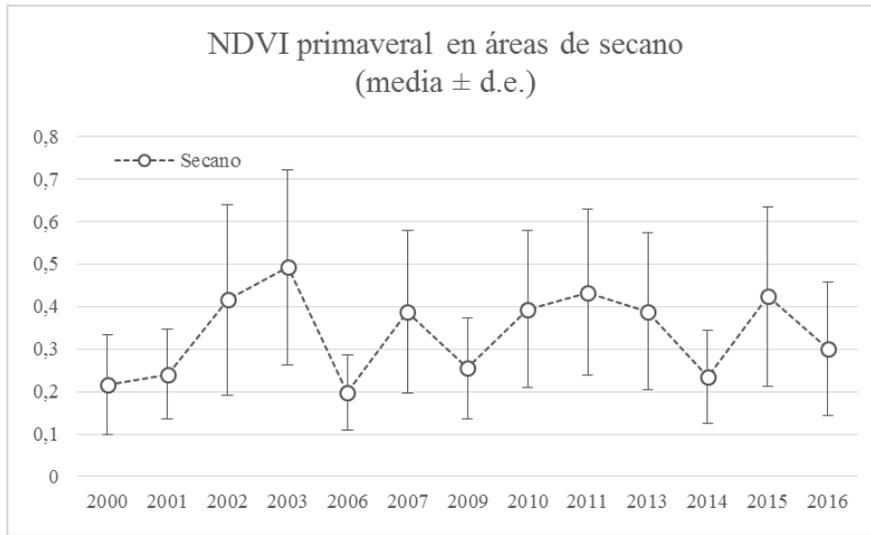


Figura 4 Valores medios \pm 1 desviación estándar de NDVI en primavera y verano para secano y regadío.

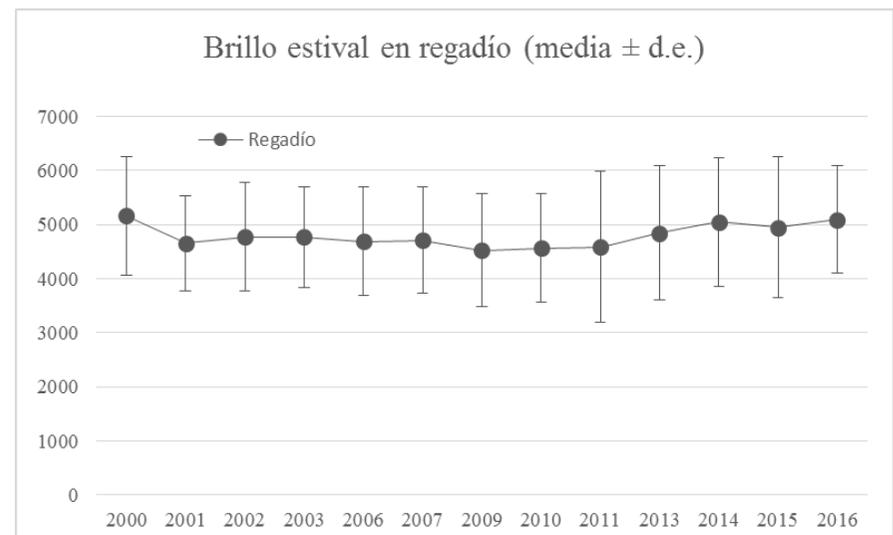
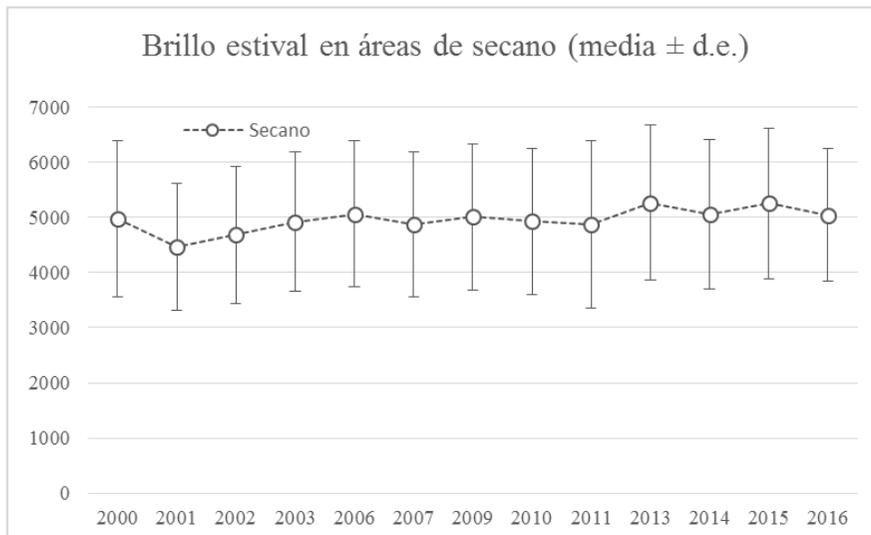
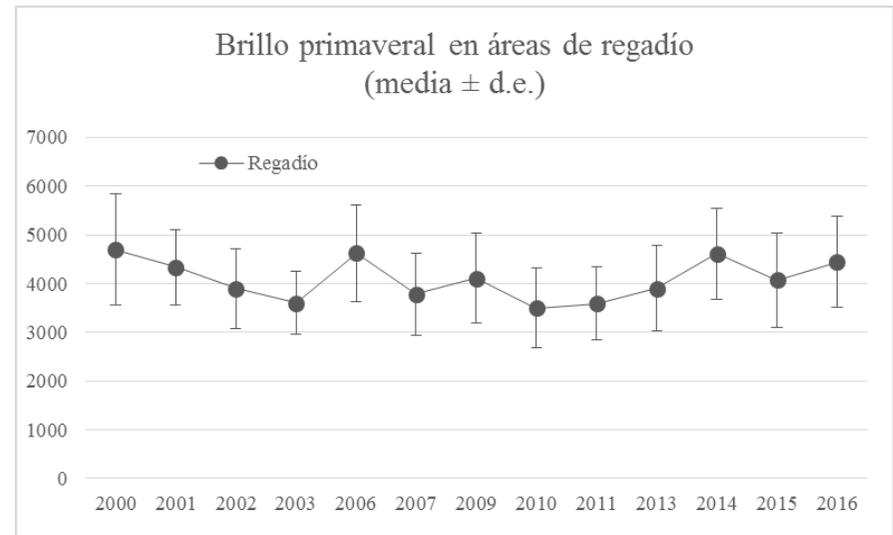
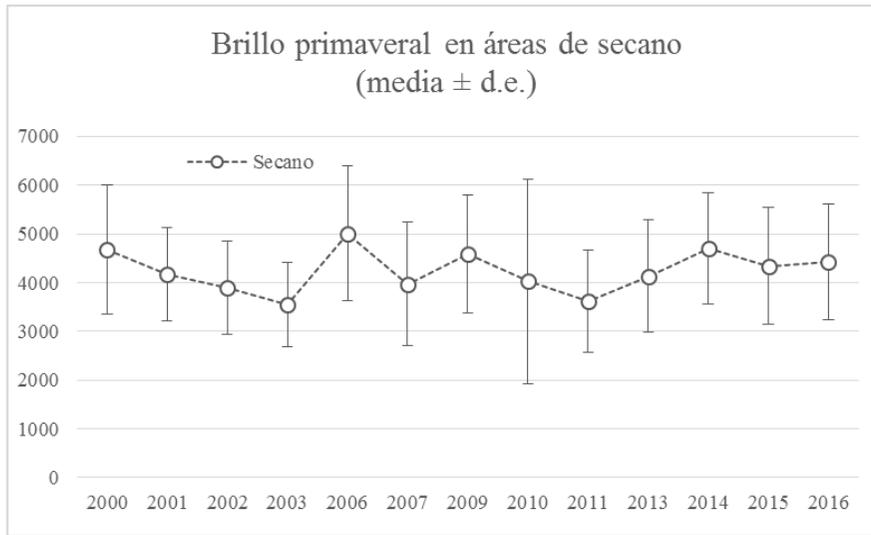


Figura 5 Valores medios \pm 1 desviación estándar del eje Brillo en primavera y verano para secano y regadío.

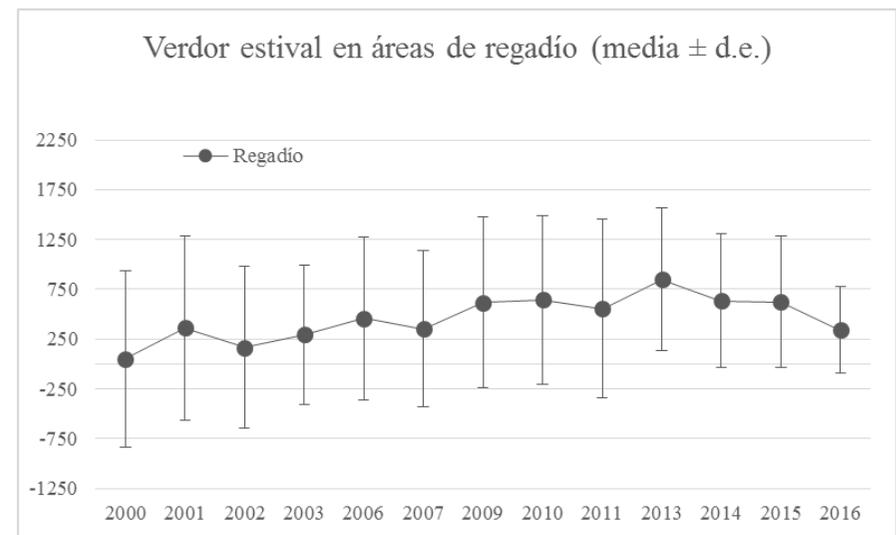
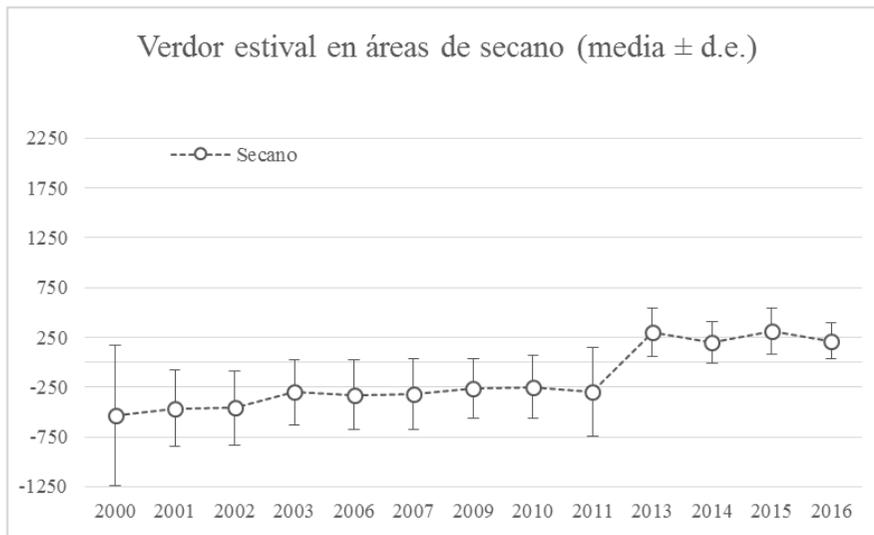
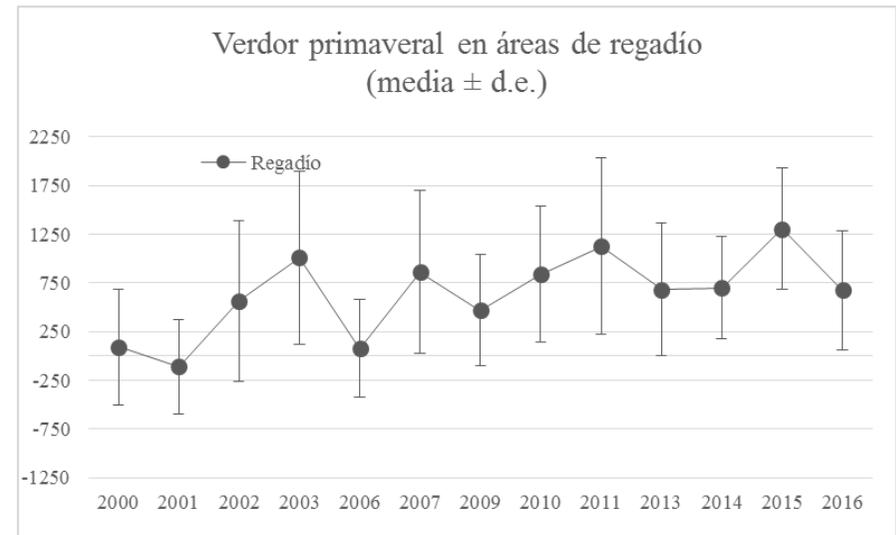
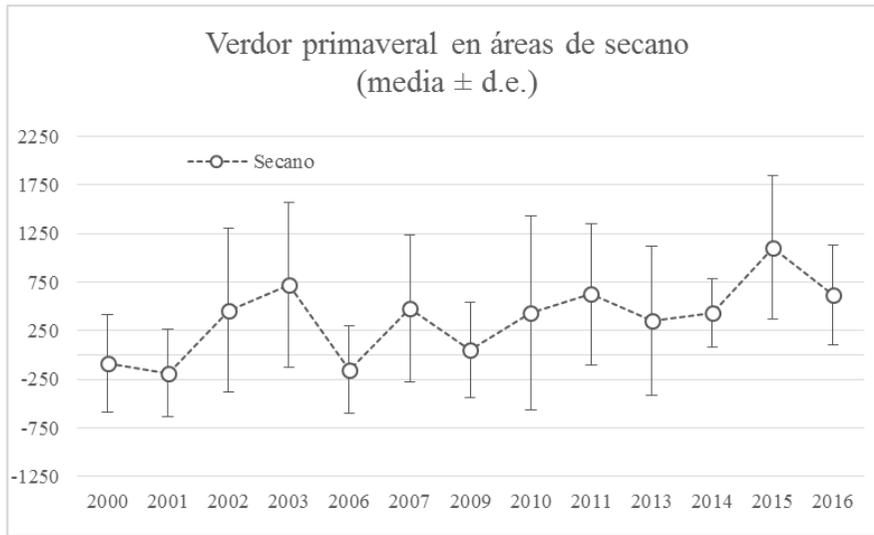


Figura 6 Valores medios \pm 1 desviación estándar del eje Verdor en primavera y verano para secano y regadío.

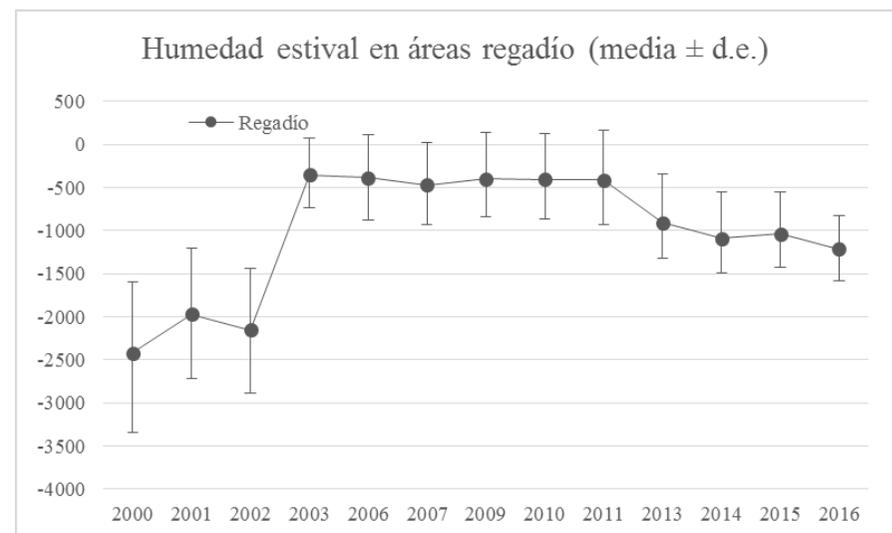
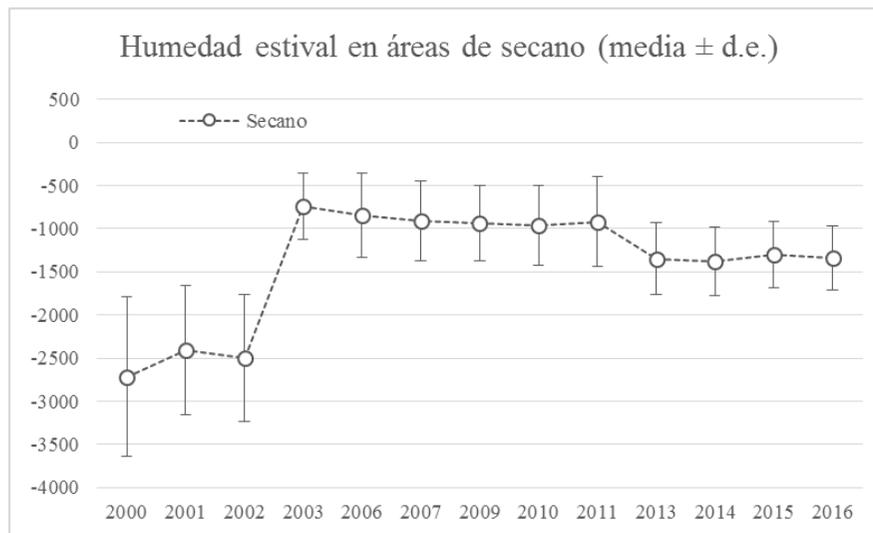
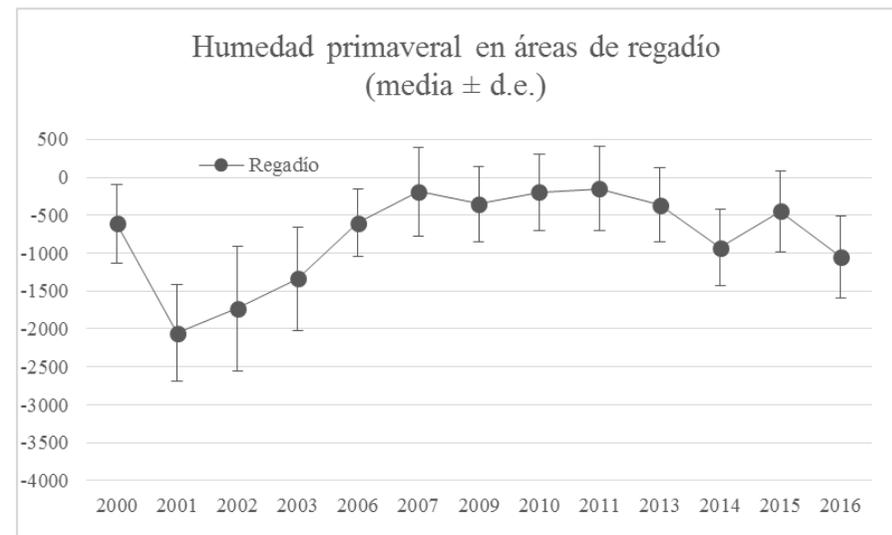
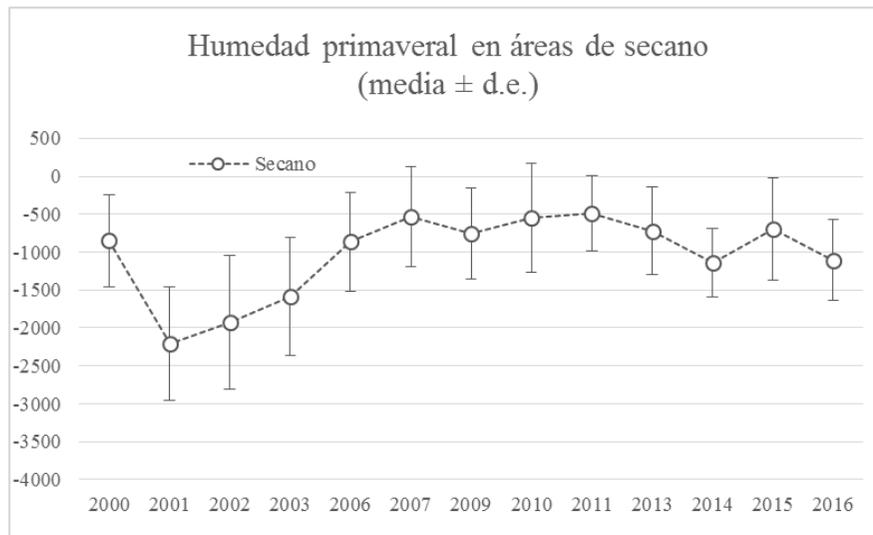


Figura 7 Valores medios \pm 1 desviación estándar del eje Humedad en primavera y verano para secano y regadío.

Dinámica poblacional en el área de estudio (Siria)

Leyenda

Dinámica poblacional



Autor: Andrés Beltrán Gracia
Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017
Fuentes: Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios (ONU)

Datum: WGS 1984
Proyección: UTM 37N

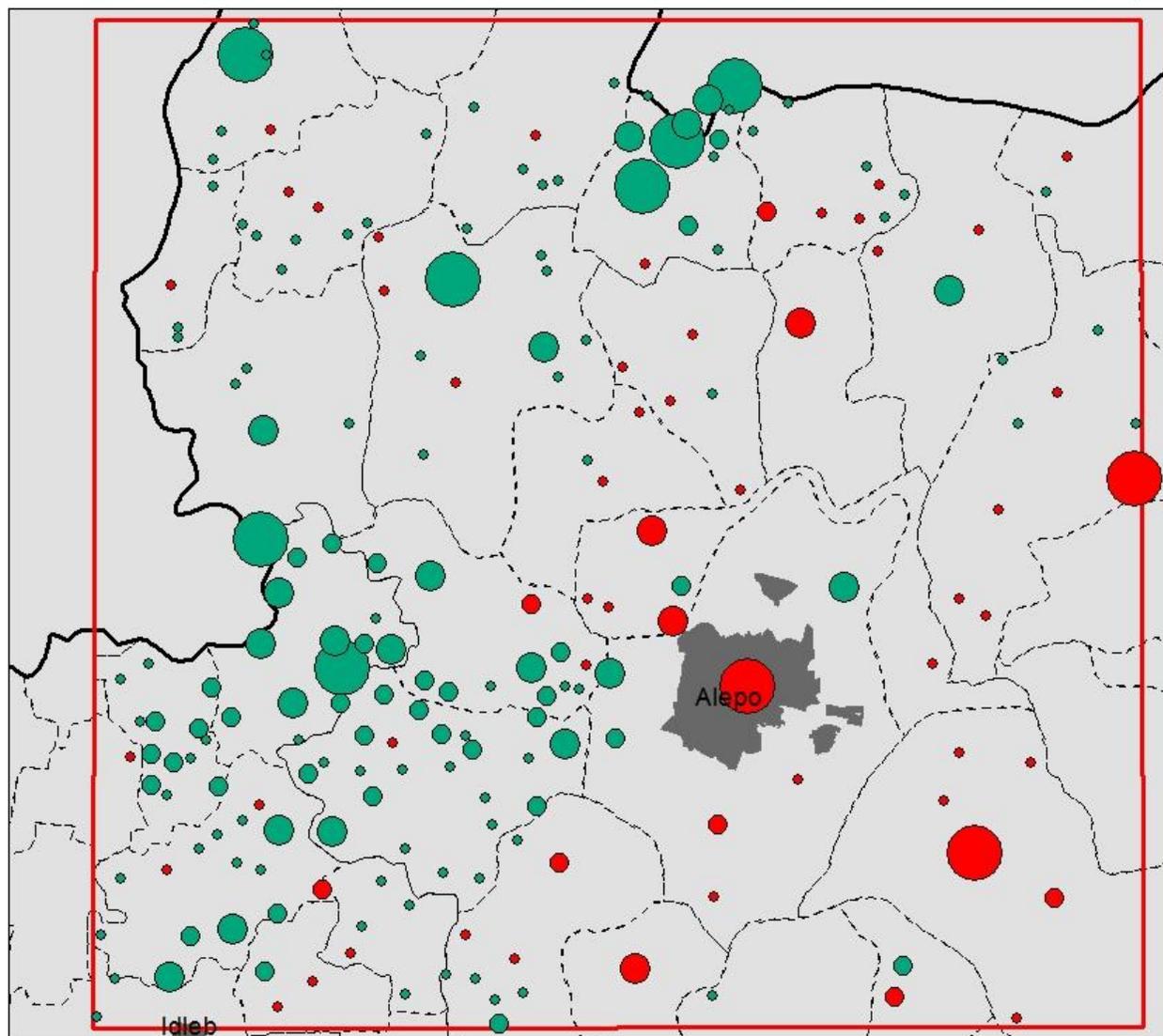
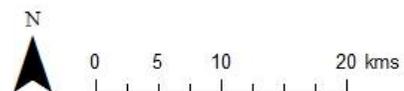


Figura 8 Dinámica poblacional en el área de estudio (Siria).

5. DISCUSIÓN

De los resultados se pueden extraer diferentes aspectos interesantes. El primero de ellos es el reflejo en los resultados de la política de expansión agrícola que se había realizado durante las últimas décadas en Siria, con la que se consiguió alcanzar la soberanía alimentaria, a pesar de un sistema centralizado y unas características climáticas áridas en buena parte de su territorio como se demuestra con las tendencias crecientes del NDVI, el verdor y la humedad desde el 2000 hasta el 2011.

Es necesario en este punto también aclarar las diferentes tendencias que se siguen según las imágenes correspondan a los meses de primavera o a los meses de verano. El ritmo desigual de las escenas de primavera puede explicarse a la mayor o menor cercanía a la estación seca, lo que explicaría los ritmos de los índices de NDVI y los ejes de la transformación Tasseled Cap.

También se aprecia la práctica invisibilización de los efectos de la sequía en el área de estudio, ya que afectó principalmente a otras regiones del país situadas al noreste, como Hasaka, Al Raqa y Deir er- Zor. En este caso, el área de estudio se convirtió en destino de los desplazados de las zonas rurales de estas regiones. Sin embargo, en caso de haberse producido un desplazamiento de población rural en el área de estudio se podría suponer a partir del aumento de vegetación durante la sequía en la zona de secano, que se provocaría a causa del aumento de maleza en los campos que ya no estaban siendo labrados por el abandono poblacional.

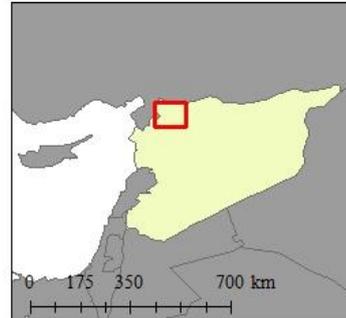
Luego, lo que más repercusión tiene a lo largo del siglo XXI en el área de estudio es sin duda la guerra que se viene librando en Siria desde el 2011. Desde ese momento, todos los índices reflejan un punto de inflexión, especialmente en la zona de regadío (Fig. 9). Esto hace presuponer un desplazamiento poblacional masivo a causa del abandono de los campos, que se refleja en los índices.

En estudios anteriores se había comprobado que la tendencia de los índices en zonas de secano seguía una tendencia creciente a causa del abandono de las parcelas y el crecimiento de vegetación en las mismas. De la misma forma, con la necesidad de mano de obra para el regadío, el abandono vendría representado de la forma contraria, es decir, con el descenso de los índices por la ausencia de vegetación durante la estación seca en los que se cultiva.

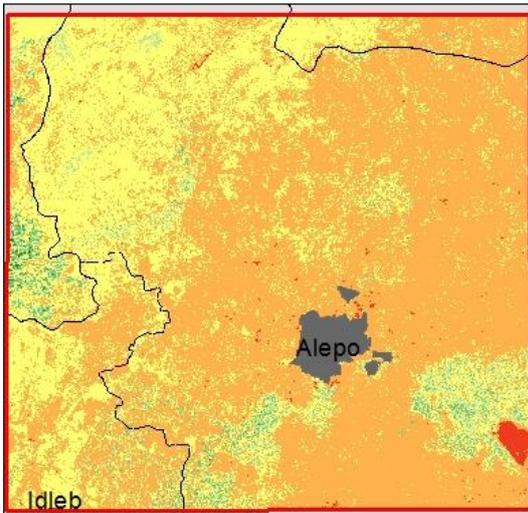
Entonces, a partir de esto, se basaría la progresión de la agricultura a partir de estas tendencias. Es decir, en el caso de apreciar un descenso en los índices en áreas de cultivo de regadío se supondría un descenso de la agricultura y una migración de las personas que allí vivían. Y de la misma forma, en caso de aumentar los índices en zonas de cultivo de secano, se derivarían los mismos resultados.

NDVI estival en 2000, 2010 y 2016 en el área de estudio

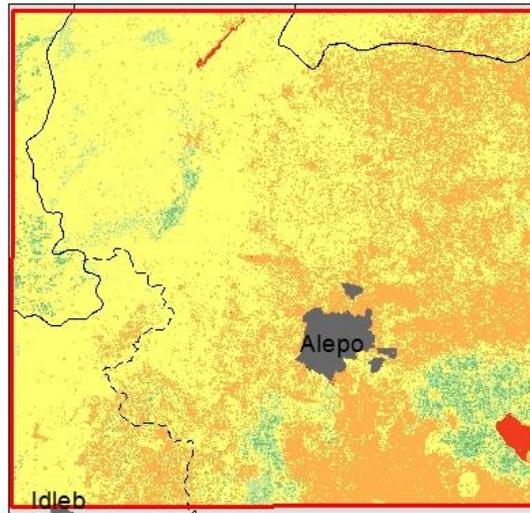
Localización área de estudio:



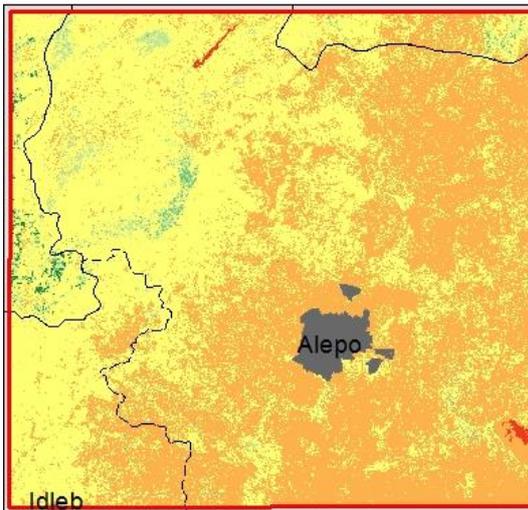
2000



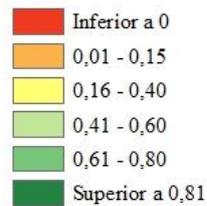
2010



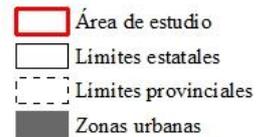
2016



NDVI



Otros



Autor: Andrés Beltrán Gracia
 Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017
 Elaboración propia
 Datum: WGS 1984
 Proyección: UTM 37N

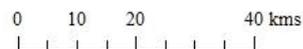


Figura 9 Evolución del NDVI en verano 2000-2016.

Uno de los aspectos más interesantes, sin duda, de los resultados es cómo el descenso de la producción agrícola es desigual en el área de estudio. En este caso las zonas al sur de Aleppo, la del lago Jabbul y la del río Quwaiq, han descendido mientras que al norte, en la zona de Afrin, esta ha aumentado (Fig. 9). Esto tiene una relevancia política sobre todo en una región como es Rojava, donde la agricultura ha sido un factor de dominación por parte de Siria y el gobierno de Al-Assad, ya que mantenía su tierra infrautilizada, únicamente desarrollada para cultivos estratégicos como el trigo y utilizando población kurda sin tierra como mano de obra barata. La pérdida de control de los territorios kurdos por parte del gobierno sirio, permitió a las provincias de Rojava ganar autonomía y en la actualidad la agricultura se ha convertido en objetivo preferente a fin de mantener sus esfuerzos en ganar la independencia, a través de la colectivización de las tierras de cultivo y su diversificación (Cemgil y Hoffmann, 2016).

En 2013, en Rojava, el Partido de Unión Democrática (PYD por sus siglas en kurdo) el cual está hermanado con el Partido de los Trabajadores del Kurdistán (PKK), comenzó a administrar territorios bajo su control y creó su propia administración autónoma, dividida en 3 cantones: Jazira, Kobane y Afrin (Belanche, 2017). Las nuevas autoridades redujeron la producción de cereales y algodón que se incluían en los planes gubernamentales de autosuficiencia alimentaria y exportación, para así poder alcanzar no solo la autosuficiencia, sino la diversificación agrícola y distribuyó las tierras estatales en cooperativas organizadas por y para los campesinos sin tierra, a través también de agricultura intensiva en invernaderos.

De la misma forma la zona de Afrin es una de las que han incrementado su población, al igual que muchas otras comunidades del área de estudio. Buena parte de este incremento poblacional se localiza al oeste de Aleppo, que ante la ofensiva gubernamental por recuperar Aleppo en poder de las fuerzas de la oposición y el Daesh, se vieron forzadas a huir de la ciudad por riesgo a perder su vida. También se observa un aumento de población al norte del área de estudio que respondería seguramente al flujo migratorio hacia Turquía. Esta zona, al estar localizada cerca de la frontera, es la ruta de salida de Siria.

Por supuesto, el aumento poblacional puede no ser una situación generalizada en toda la franja fronteriza con Turquía u otros países vecinos, pues en algunos casos, como en el cantón de Kobane en el Kurdistán sirio, la situación ha sido diferente. En este caso la población kurda se enfrentó al Daesh, en una batalla que duró varios meses, con gran repercusión mediática en Occidente y que provocó el desplazamiento forzado de miles de personas, a pesar de que finalmente las milicias kurdas recuperaron la ciudad.

Luego, precisamente donde se localizan las ciudades con mayores pérdidas de población son aquellas localizadas en las zonas de regadío de Quwaiq y el lago Jabbul, lo que justificaría el descenso de la productividad agrícola desde el inicio de la guerra. Estas áreas, precisamente, se

localizan bajo control del terrorismo salafista del Daesh. También existen ciudades que también se encontraban bajo control del Daesh, donde buena parte de la población se convirtió en desplazada a medida que avanzó el conflicto.

Según los datos de la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de la ONU en Siria (OCHA ROSC, por sus siglas en inglés) el 34% de la población siria (6.325.978 personas de 18.619.964 según las estimaciones) se ha convertido en desplazada, habiendo dejado su hogar a causa de la guerra pero sin todavía haber abandonado Siria. Esta población desplazada ha huido donde ha podido y según el avance del conflicto. Así, el 30,3% de los desplazados han huido hacia el campo, donde la población es 4 veces más vulnerable que en las ciudades.

El exilio de la población agrícola es de especial relevancia pues sustenta de alimento al resto del país. Esto provoca, que cuando la productividad agrícola a causa de la guerra desciende, y por tanto la producción de alimentos, el país depende únicamente de la ayuda humanitaria y que en caso de que el conflicto sea de especial dureza no siempre se puede asegurar esta asistencia. Es por ello que con la migración de la población dedicada al sector primario se alienta al exilio del resto, por la situación de hambruna que esta puede provocar y multiplicando así la situación de gravedad humanitaria que cualquier guerra produce.

A raíz de que los resultados observados en las zonas turcas localizadas en el área de estudio, no hay que obviar como un recurso básico y clave para el ser humano se ha convertido en un objeto de altísimo valor geoestratégico. En el caso de Siria se aprecia no solo por la ocupación de los Altos del Golán por parte de Israel, de la misma forma que realiza sobre Palestina, sino que además se puede apreciar con el papel que juega Turquía antes y durante el conflicto sirio.

Las relaciones entre Siria y Turquía antes de la guerra estaban determinadas desde hacía tiempo por la gestión del agua en las cuencas compartidas, que en el caso del Éufrates también discurre por Irak. Los planes de regadío turcos habían venido limitando el volumen de los recursos hídricos, ya escasos en relación a la demanda, y el caudal de los ríos que luego atraviesan la frontera entrando en Siria, por lo que las relaciones diplomáticas habían trabajado siempre en esa dirección. Sin embargo con Siria sumida en guerra e incapaz de reclamar los recursos hídricos, estos podrían ser acaparados por Turquía para aumentar su producción agrícola aguas arriba de la frontera, tal y como demostrarían las imágenes y los índices utilizados.

En cualquier análisis que se haga sobre la historia de Siria en el siglo XXI no se puede obviar la mención de la población que se ve obligada a dejar sus hogares a causa de la guerra. Desde 2011 más de 6 millones de personas se han convertido en refugiadas, un drama humano en el cual ninguna autoridad está actuando a la altura. Ni desde aquí en Europa, ni en los países vecinos, donde en ambos sitios, aquí y allá, las personas refugiadas son maltratadas institucional

y socialmente por activa a través de encarcelamientos, agresiones y maltratos o por pasiva por su invisibilización y deshumanización.

Esto último se refleja con toda la población exiliada desde Siria a los países vecinos como Turquía o Líbano, ya no únicamente de población siria, si no personas que ya huyeron de la guerra antes, como población palestina o iraquí. Esas personas llevan huyendo de la guerra buena parte de sus vida, cuando no toda, teniendo en cuenta todos los niños y menores de edad que se ven obligados a abandonar sus casas con su familia o solos, cuando son ellos los primeros que parten en busca de un sitio seguro para el resto de sus familiares.

Asimismo es necesario mencionar la caracterización de población que se ve forzada a dejar sus casas, ya no por la guerra, como el caso sirio podría ser el máximo exponente en la actualidad por la mediatización del conflicto, sino de refugiados climáticos como lo fueron las personas que emigraron del noreste de Siria a las grandes ciudades durante la sequía. Es decir, gente que por causas climáticas, ante el descenso de la precipitación y la imposibilidad de continuar su forma de vida y obtener alimento a través de la agricultura, se ve forzada a dejar su hogar en busca de un lugar donde poder alimentarse. Si en la actualidad ni las instituciones ni la sociedad responden de forma eficaz, nada hace pensar que se hará en el futuro, cuando las condiciones climáticas se espera que agraven la situación económica y de vida de cientos de millones de personas y les obliguen a convertirse en refugiadas.

En todo caso el análisis descriptivo de las consecuencias de un conflicto no deben ser las únicas conclusiones de un trabajo como este. La historia siria es la historia de toda la sociedad durante el siglo XXI, en la que se cuentan la sobreexplotación de los recursos condenando el desarrollo socioeconómico, los impactos del clima sobre la población y el beneficio de unos en detrimento de otros. Esto se refleja en la expansión agrícola siria sobre unos recursos limitados, en la influencia que jugó la sequía en el presente conflicto sirio y población desplazada a causa de la misma y los beneficios agrícolas que extrae Turquía a partir de la guerra en Siria.

Evidentemente la magnitud del conflicto, en el que otras potencias juegan un papel relevante como EEUU, la Unión Europea o Rusia, además de Israel, Arabia Saudí o Irán, y el volumen y características de la población exiliada, complican un análisis veraz del conflicto y sus causas. Sin embargo con el presente trabajo se ha pretendido dar una visión diferente, y en parte desconocida, sobre Siria, a partir del cual poder entender más fácilmente que ha pasado y que está pasando en un conflicto de gran interés geopolítico y cuyo análisis no se puede limitar únicamente a sus consecuencias, sino a aquello que lo origina.

6. CONCLUSIÓN

Del trabajo realizado se pueden extraer varias conclusiones en relación con los objetivos que se habían marcado al inicio del estudio. En primer lugar se aprecia, gracias a la teledetección, la evolución de la agricultura en el entorno de Aleppo, donde siguió una trayectoria ascendente, siguiendo la tónica de años anteriores, en la que la población mantenía una tendencia creciente a la vez que aumentaba la superficie dedicada al cultivo irrigado a través de las políticas agrarias.

Durante los años de la sequía esto no afectó al área de estudio seleccionada, no así durante la guerra, en la que tanto la población como la agricultura interrumpieron el crecimiento de las décadas anteriores, como es lógico, lo que se aprecia analizando las imágenes utilizadas para los años 2000-2016. Las poblaciones rurales del sur de Aleppo han sido las más afectadas durante la guerra por pérdida de población en términos cuantitativos, como se ha observado por el descenso de la productividad agrícola, mientras zonas al oeste de la ciudad han sido el destino de gente desplazada, debido en parte a su cercanía con la frontera turca.

Con el desplazamiento de millones de personas dedicadas a la agricultura, se agravan las necesidades humanitarias de toda la población que dependen de la misma para alimentarse. El desplazamiento de la población rural y agrícola favorece el exilio del resto de sectores poblacionales por el descenso de la productividad agraria, añadiendo la hambruna al resto de necesidades humanitarias y falta de servicios básicos como sanidad, agua potable o educación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Al-doski, J., Mansor, S. B., y Shafri, H. Z. M. (2013). War impacts studies using remote sensing. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics*, 1(2), 11-15.
- Ali, M. (2010). Years of drought: A report on the effects of drought on the Syrian peninsula. *Heinrich-Böll-Stiftung-Middle East Office*.
- Alto Comisionado de la Naciones Unidas para los Refugiados - ACNUR. (2016). *Informe de Resultados. Crisis Siria/Mediterráneo*. [en línea] Disponible en https://eacnur.org/files/reports/file/informe_siria_mediterraneo_junio_2016.pdf [último acceso el 20 de Febrero de 2017]
- Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados - ACNUR. (2014). *Mundo en Guerra*. [en línea] Disponible en http://acnur.es/portada/slider_destacados/img/PDF_141015184925.pdf [último acceso el 14 de Febrero de 2017]
- Baig, M. H. A., Zhang, L., Shuai, T., y Tong, Q. (2014). Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance. *Remote Sensing Letters*, 5(5), 423-431.
- Barnes, J. (2009). Managing the waters of Ba'ath country: The politics of water scarcity in Syria. *Geopolitics*, 14(3), 510.
- Bassil, Y. (2012). Water geopolitics in the Middle East. *Journal of Science (JOS)*, 2(3), 156-165.
- Belanche, F. (2017). *The Kurdish Path to Socialism in Syria*. [en línea] Disponible en <http://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/view/the-kurdish-path-to-socialism-in-syria> [último acceso el 31 de Mayo de 2017]
- Berman, I., Wihbey, P. M. (2000). *The Geopolitics Of Water*. [en línea] Disponible en <http://www.ilanberman.com/6514/the-geopolitics-of-water> [último acceso el 5 de Mayo de 2017]
- Cafiero, C., Atiya, B., Grad, S., Al-Ashkar, H., y Sadiddin, A. (2009). Supply and demand prospects for the major Syrian agricultural products. *FAO Project GCP/SYR/006/ITA, the National Agricultural Policy Center (NAPC)*,
- Cemgil, C., Hoffmann, C. (2016). The 'Rojava revolution' in Syrian Kurdistan: A model of development for the Middle East? *IDS Bulletin*, 47(3)
- Chuvieco Salinero, E. (2000). *Fundamentos de teledetección espacial* (3a rev, reimp corr ed.). Madrid: Rialp.
- Chuvieco Salinero, E., y Huete, A. (2010). *Fundamentals of satellite remote sensing*. Boca Raton: Crc.
- De Châtel, F. (ed.) (2010). *Out of its Depth. Focus on Water*. [en línea] Disponible en http://francescadechatel.com/wp-content/uploads/2014/05/Out_of_its_Depth.pdf [último acceso el 26 de Enero de 2017 de]
- De Châtel, F. (2014). The role of drought and climate change in the Syrian uprising: Untangling the triggers of the revolution. *Middle Eastern Studies*, 50(4), 521-535.
- Fiorillo, C., y Vercueil, J. (2003). *Syrian agriculture at the crossroads*. Food & Agriculture Org.

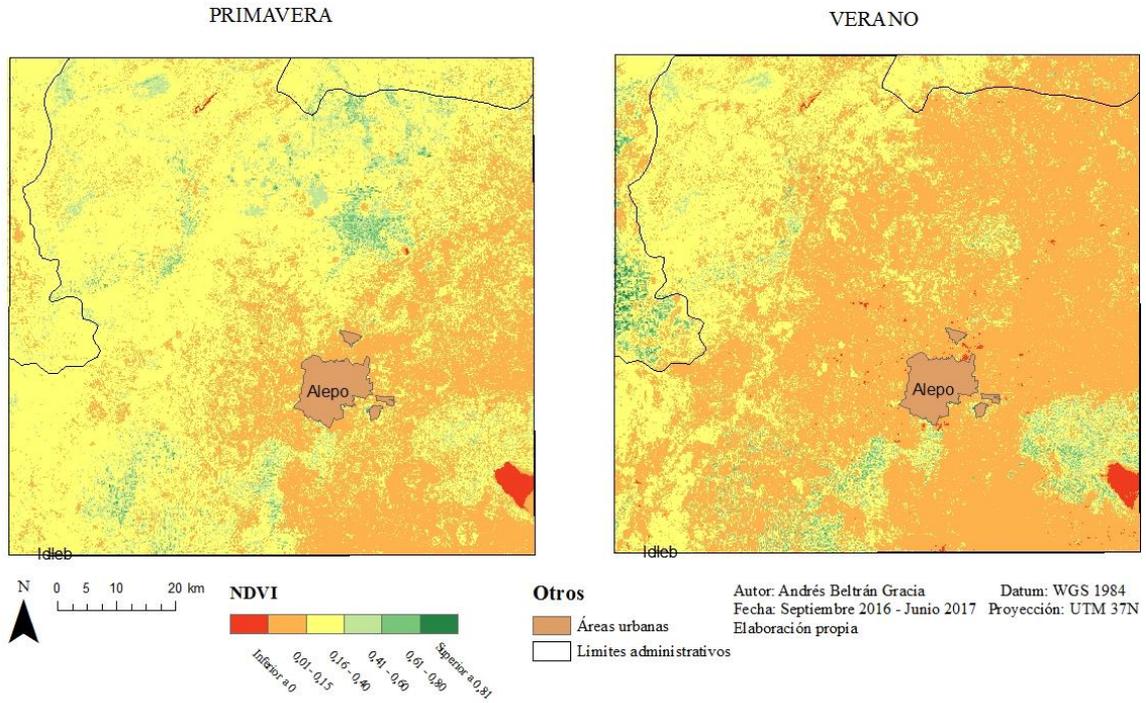
- Food and Agriculture Organization - FAO. (2013). *Syrian agricultural production drops massively as conflict continues*. [en línea] Disponible en <http://www.fao.org/news/story/en/item/168676/icode/> [último acceso el 5 de Mayo de 2017]
- Food and Agriculture Organization - FAO. Aquastat. (2008). *Syrian Arab Republic*. [en línea] Disponible en http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/SYR/index.stm [último acceso el 6 de Enero de 2017]
- Gleick, P. H. (2014). Water, drought, climate change, and conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*, 6(3), 331-340.
- Huang, C., Wylie, B., Yang, L., Homer, C., y Zylstra, G. (2002). Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 23(8), 1741-1748.
- Internal Displacement Monitoring Centre. (2016). *Global Report on Internal Displacement*. [en línea] Disponible en <http://www.internal-displacement.org/globalreport2016/pdf/2016-global-report-internal-displacement-IDMC.pdf> [último acceso el 20 de Febrero de 2017]
- Jaafar, H. H., y Woertz, E. (2016). Agriculture as a funding source of ISIS: A GIS and remote sensing analysis. *Food Policy*, 64, 14-25.
- Jaafar, H. H., Zurayk, R., King, C., Ahmad, F., y Al-Outa, R. (2015). Impact of the Syrian conflict on irrigated agriculture in the Orontes basin. *International Journal of Water Resources Development*, 31(3), 436.
- Jaubert, R., Al-Dbiyat, M., y Debaine, F. (2006). Chapitre 9—Transformation des régions cultivées: Différenciation des exploitations et extension de l'irrigation. *Travaux De La Maison De l'Orient Et De La Méditerranée*, 43(1), 167-188.
- Kelley, C. P., Mohtadi, S., Cane, M. A., Seager, R., & Kushnir, Y. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(11), 3241-3246.
- Laborie Iglesias, M. A. (2014). *Panorama geopolítico de los conflictos 2014*
- Liang, S. (2004). *Quantitative remote sensing of land surfaces* (Vol. 30). John Wiley & Sons.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs Regional Office for the Syria Crisis - OCHA ROSC (2011) *Syrian Arab Republic - Population Statistics*. [en línea] Disponible en <https://data.humdata.org/dataset/syrian-arab-republic-other-0> [último acceso el 18 de Mayo de 2017]
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs Regional Office for the Syria Crisis - OCHA ROSC (2016) *2017 Humanitarian Needs Overview. Syrian Arab Republic*. [en línea] Disponible en <http://hno-syria.org/#more-information> [ultimo acceso el 28 de Mayo de 2017]
- Prins, E. (2008). Use of low cost Landsat ETM to spot burnt villages in Darfur, Sudan. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 1207-1214.
- Rocchi, B., Romano, D., & Hamza, R. (2013). Agriculture reform and food crisis in Syria: Impacts on poverty and inequality. *Food Policy*, 43, 190.
- Ryan, J., Masri, S., & Qadir, M. (2006). Nutrient monitoring of sewage water irrigation: Impacts for soil quality and crop nutrition. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37(15-20), 2513-2521.

- Schimmer, R. (2008). *Tracking the genocide in Darfur: Population displacement as recorded by remote sensing* Yale Center for International and Area Studies.
- Serra, G., Murdoch, D., Turkelboom, F., Travert, F., Mujawer, Y., y Scott, D. A. (2006). Sabkhat al-Jabbul, a threatened ramsar wetland in Syria. *Sandgrouse*, 28(2), 127.
- Witmer, F. D. (2008). Detecting war-induced abandoned agricultural land in northeast Bosnia using multispectral, multitemporal Landsat TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29(13), 3805-3831.

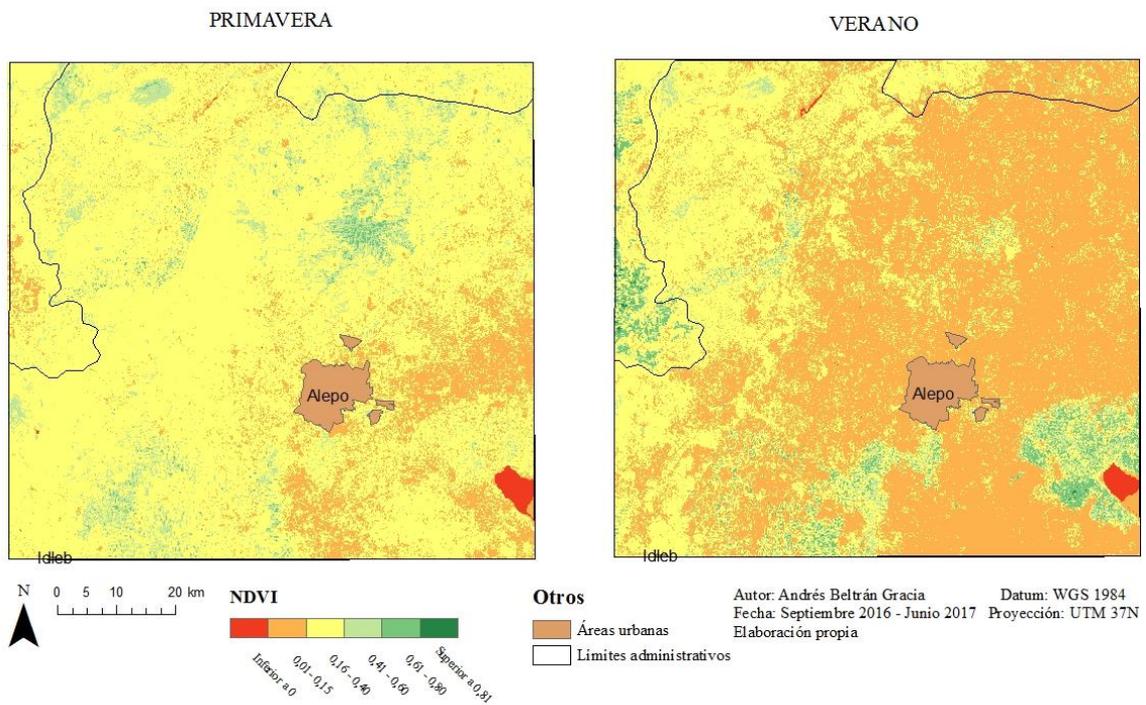
8. ANEXOS

8.1. Anexo I – NDVI

NDVI - 2000

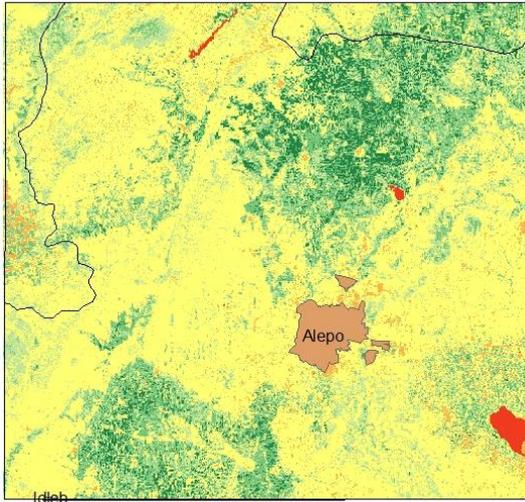


NDVI - 2001

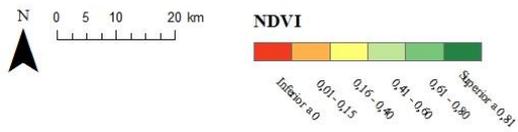
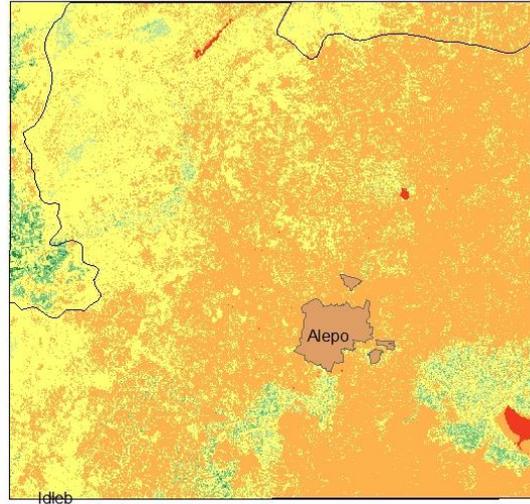


NDVI - 2002

PRIMAVERA



VERANO



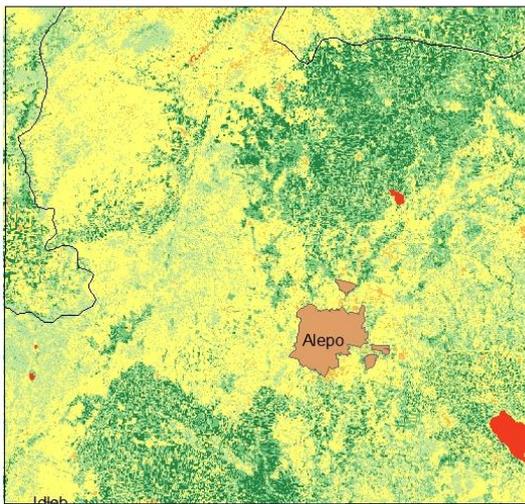
Otros

- Áreas urbanas
- Límites administrativos

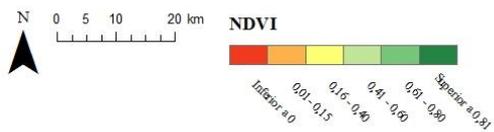
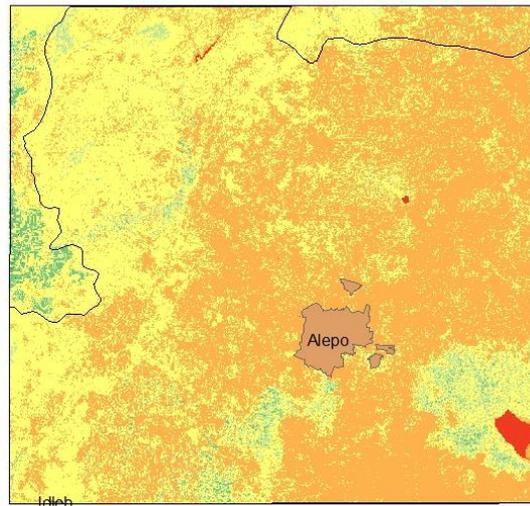
Autor: Andrés Beltrán Gracia Datum: WGS 1984
 Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017 Proyección: UTM 37N
 Elaboración propia

NDVI - 2003

PRIMAVERA



VERANO

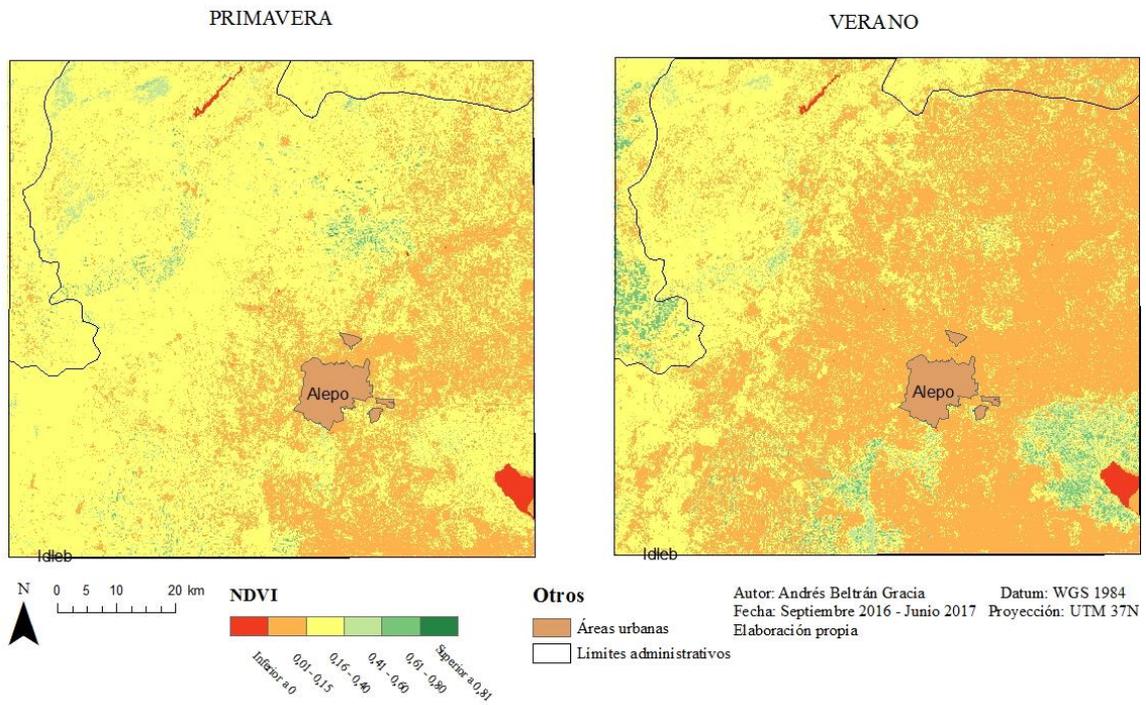


Otros

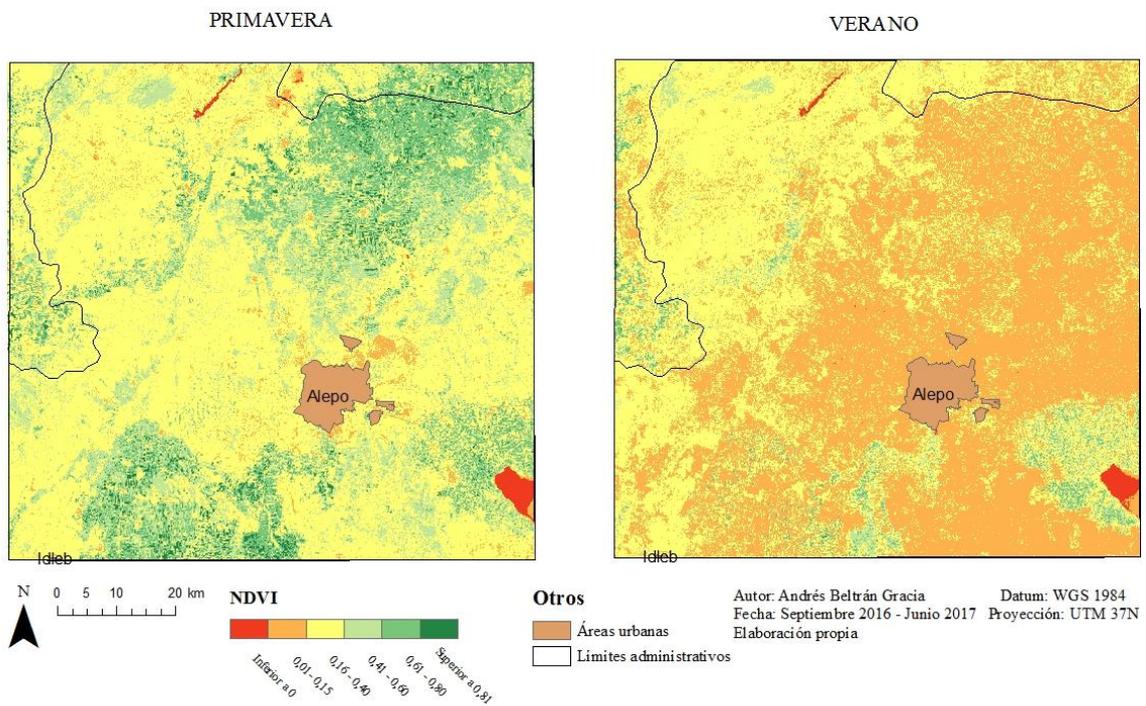
- Áreas urbanas
- Límites administrativos

Autor: Andrés Beltrán Gracia Datum: WGS 1984
 Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017 Proyección: UTM 37N
 Elaboración propia

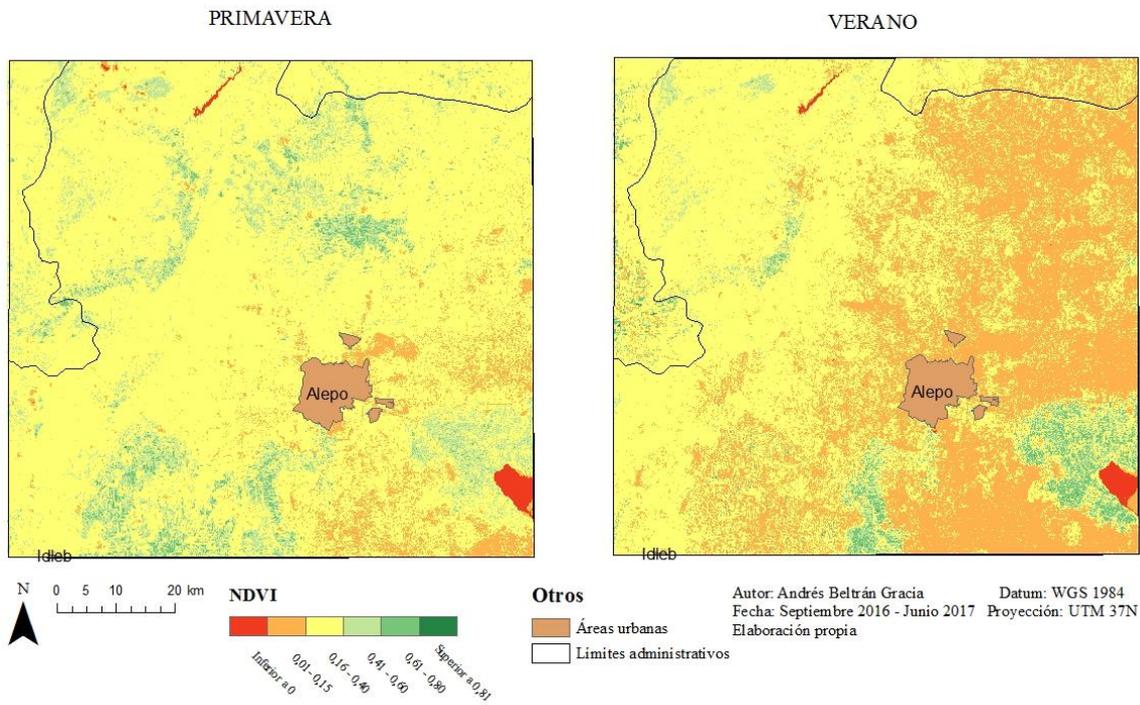
NDVI - 2006



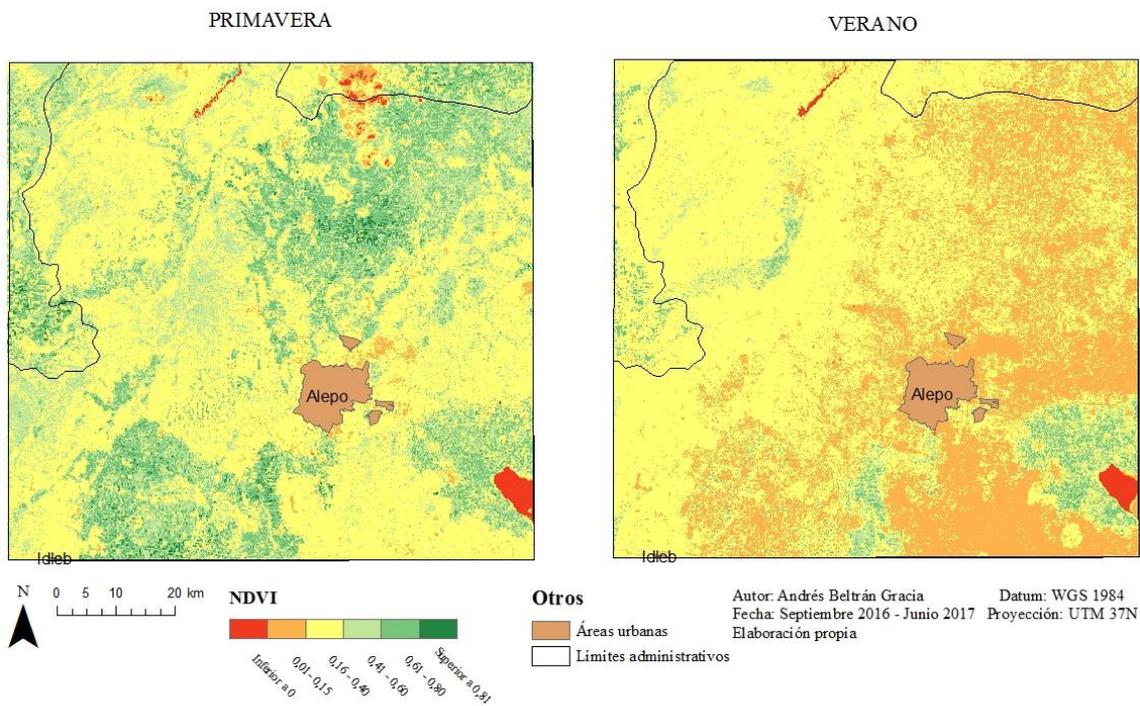
NDVI - 2007



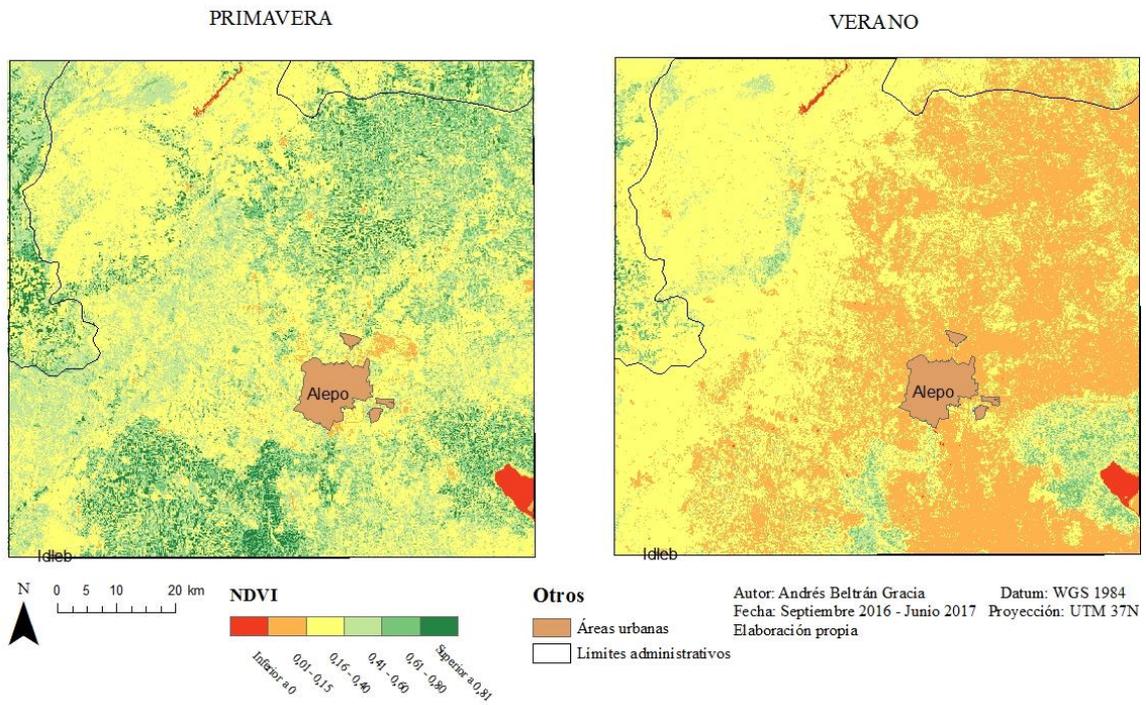
NDVI - 2009



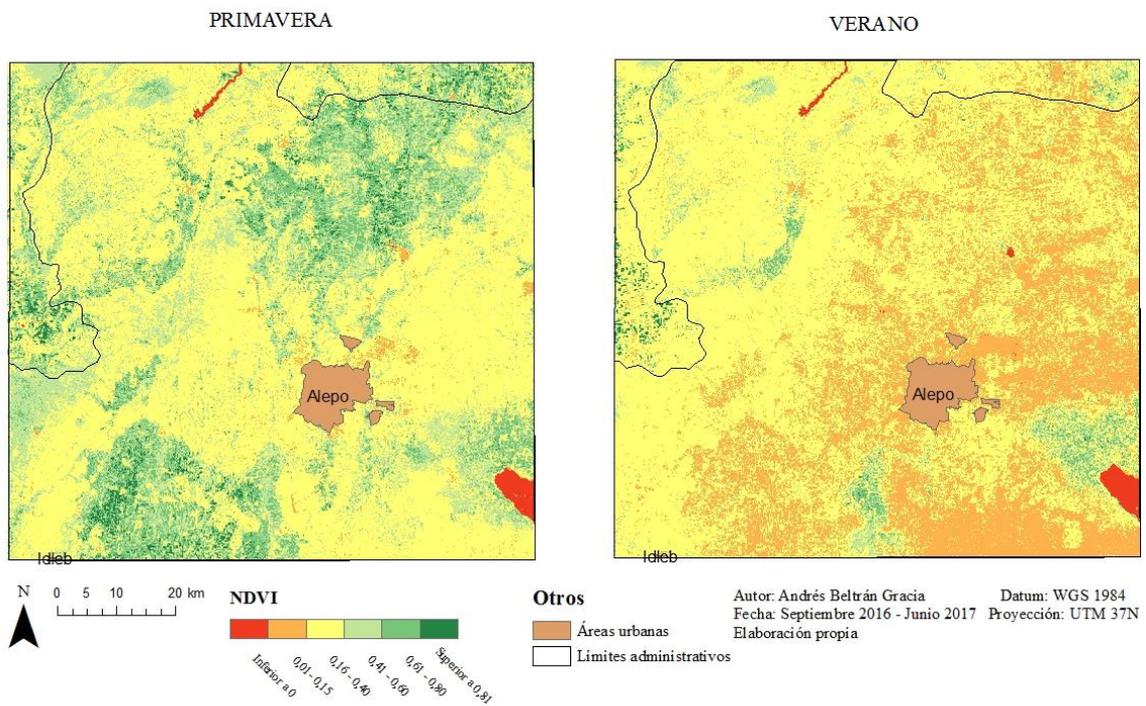
NDVI - 2010



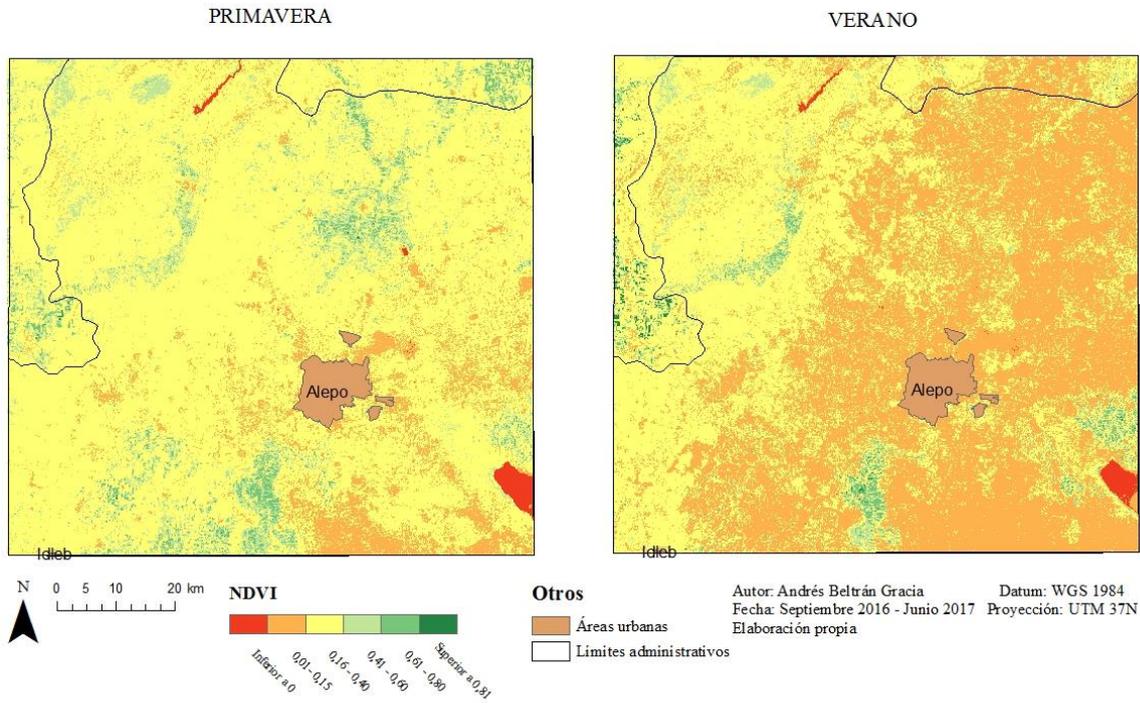
NDVI - 2011



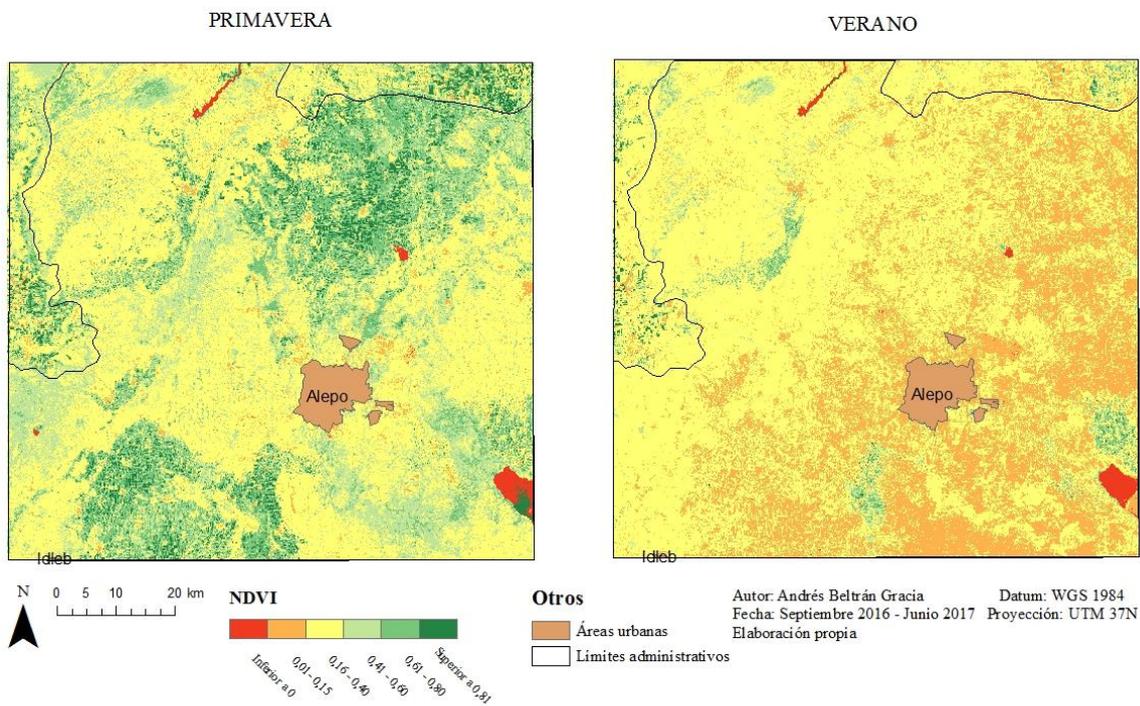
NDVI - 2013



NDVI - 2014



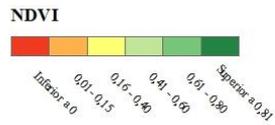
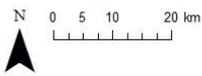
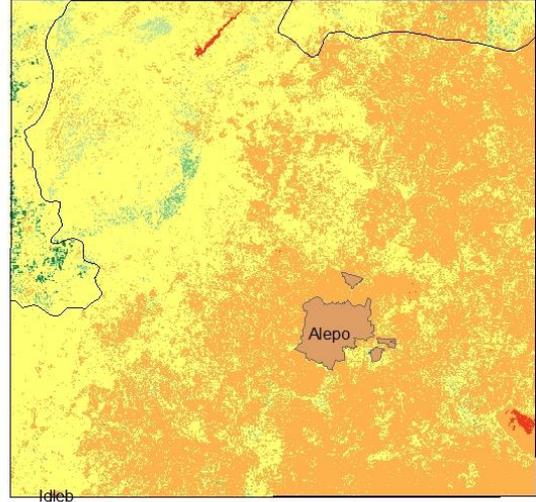
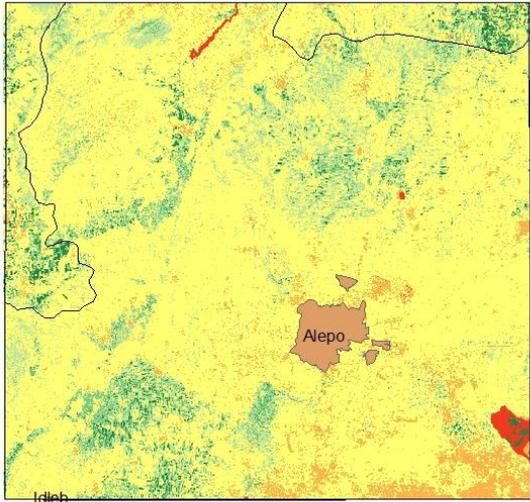
NDVI - 2015



NDVI - 2016

PRIMAVERA

VERANO



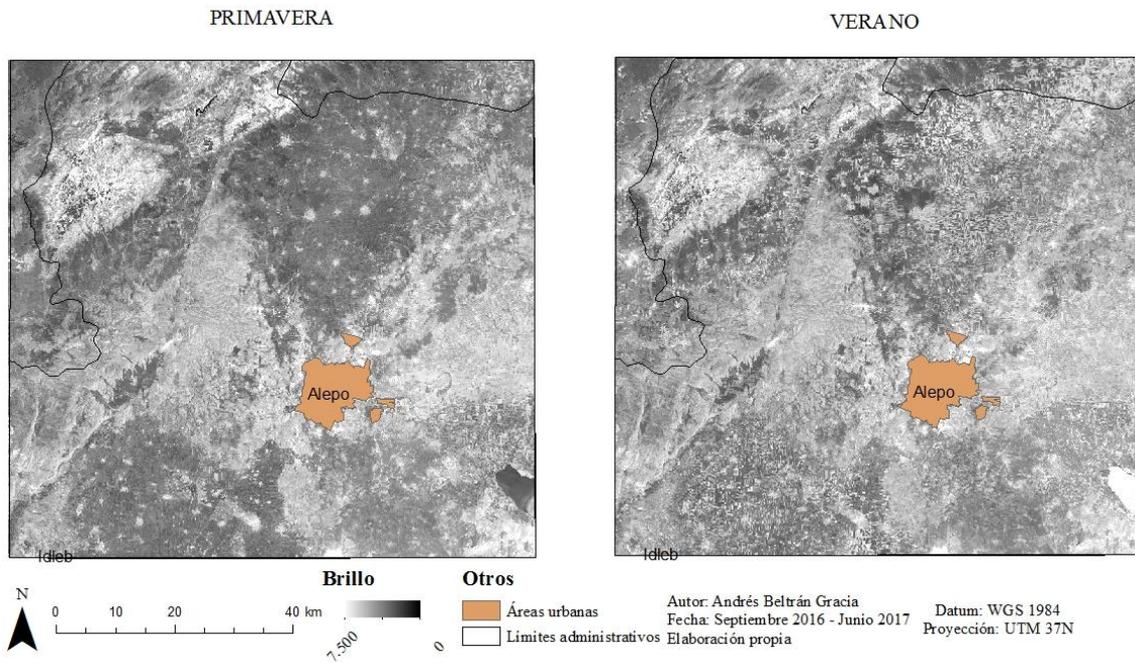
Otros

- Áreas urbanas
- Límites administrativos

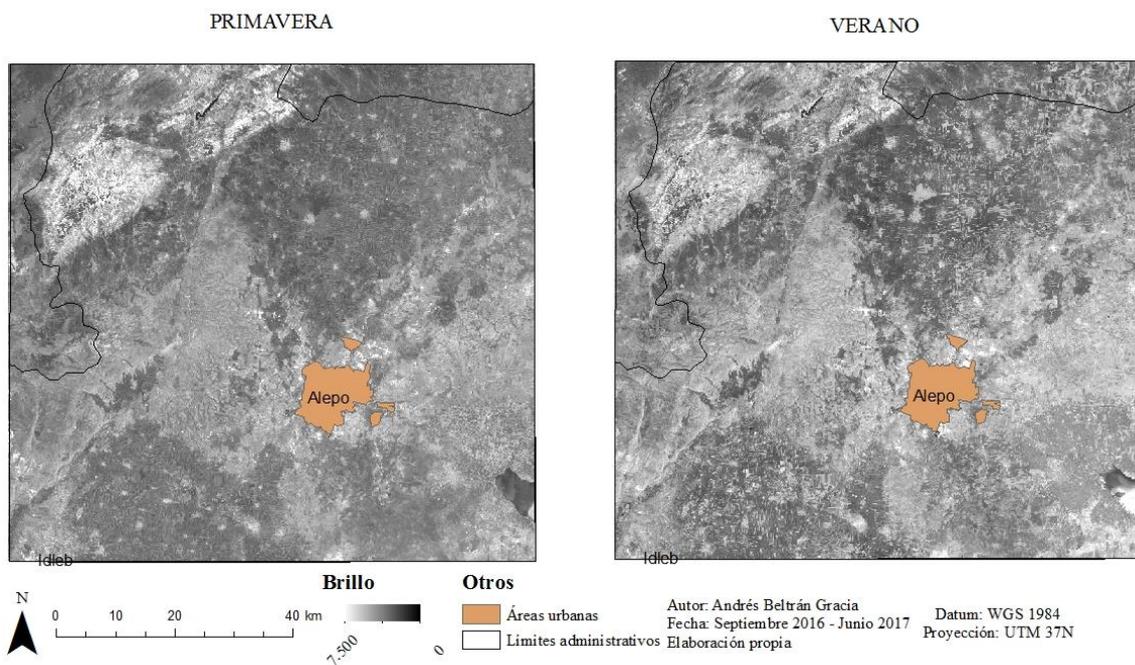
Autor: Andrés Beltrán Gracia Datum: WGS 1984
Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017 Proyección: UTM 37N
Elaboración propia

8.2. Anexo II – Brillo

BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2000



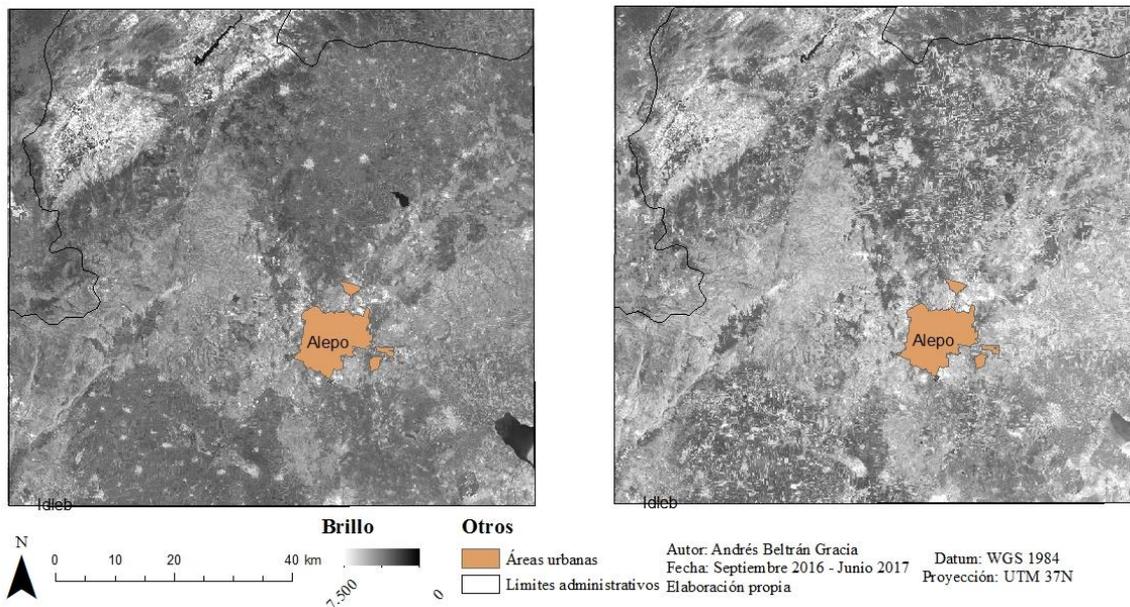
BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2001



BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2002

PRIMAVERA

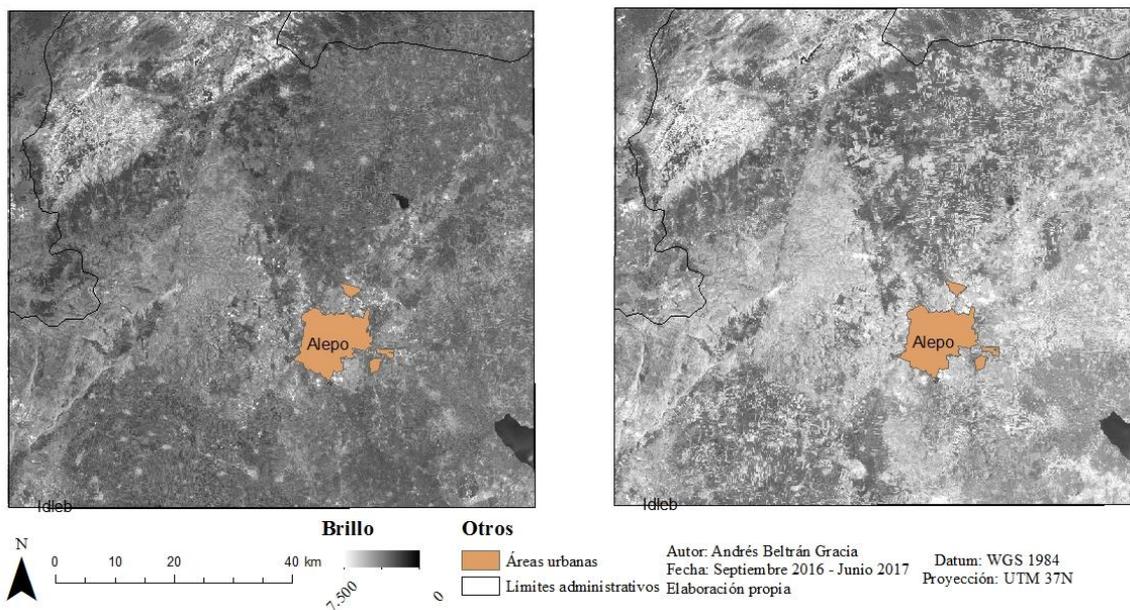
VERANO



BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2003

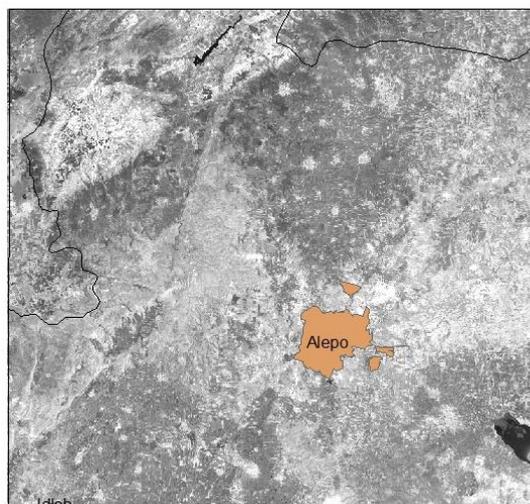
PRIMAVERA

VERANO

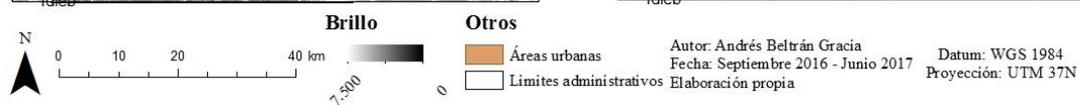
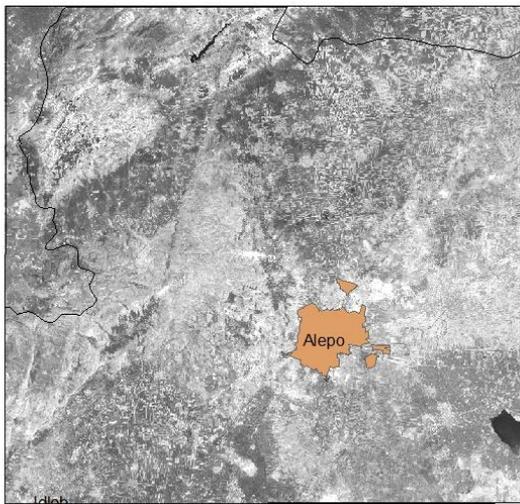


BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2006

PRIMAVERA

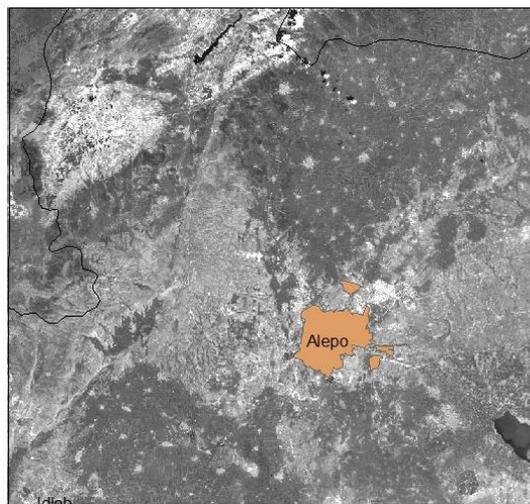


VERANO

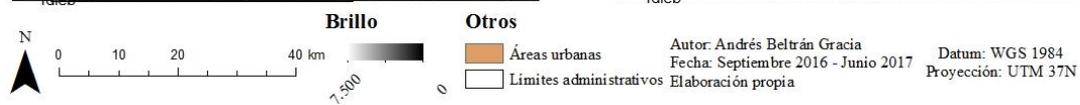
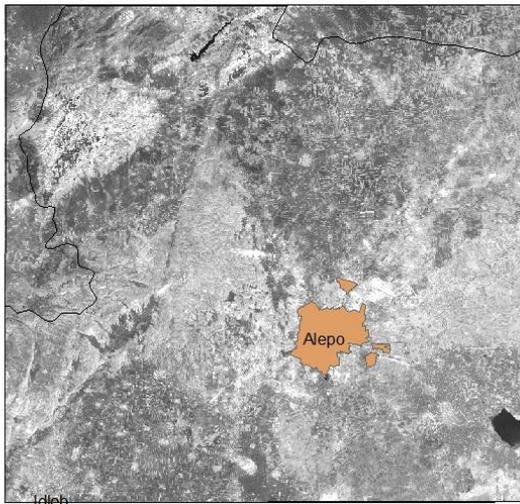


BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2007

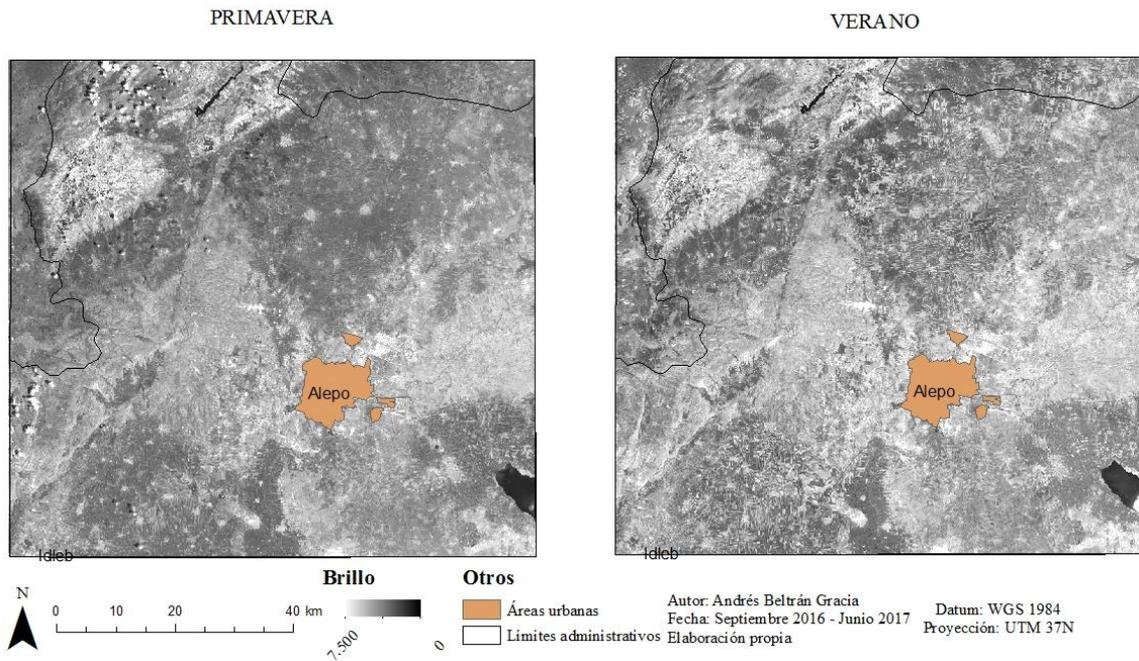
PRIMAVERA



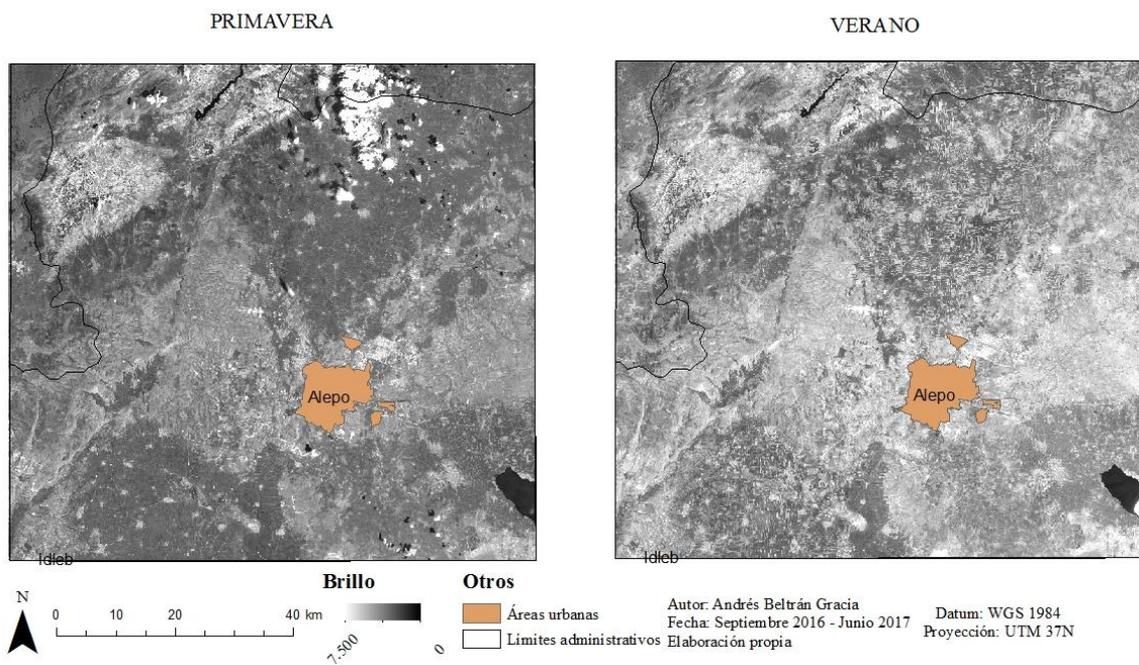
VERANO



BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2009

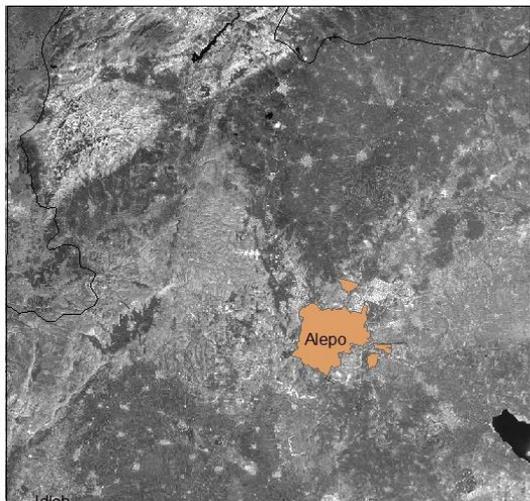


BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2010

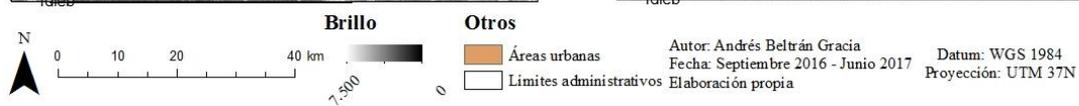
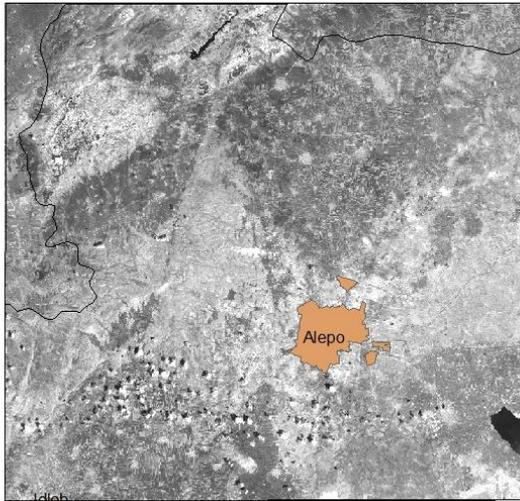


BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2011

PRIMAVERA

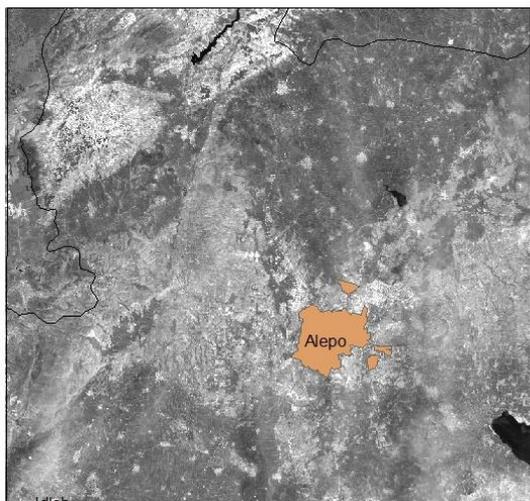


VERANO

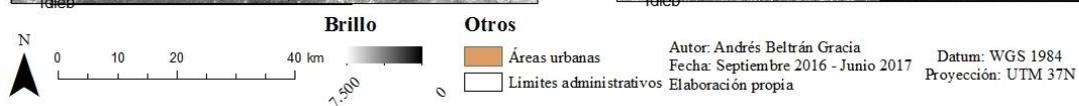
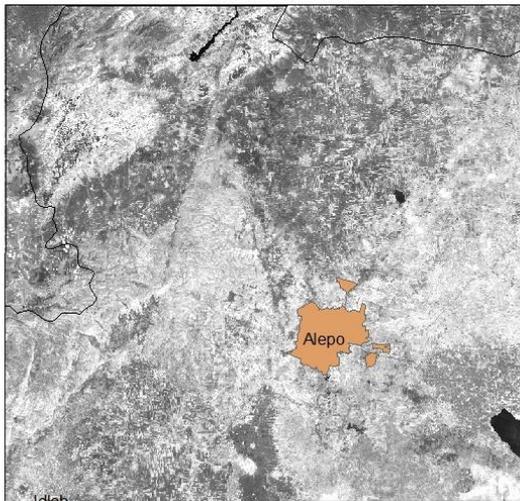


BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2013

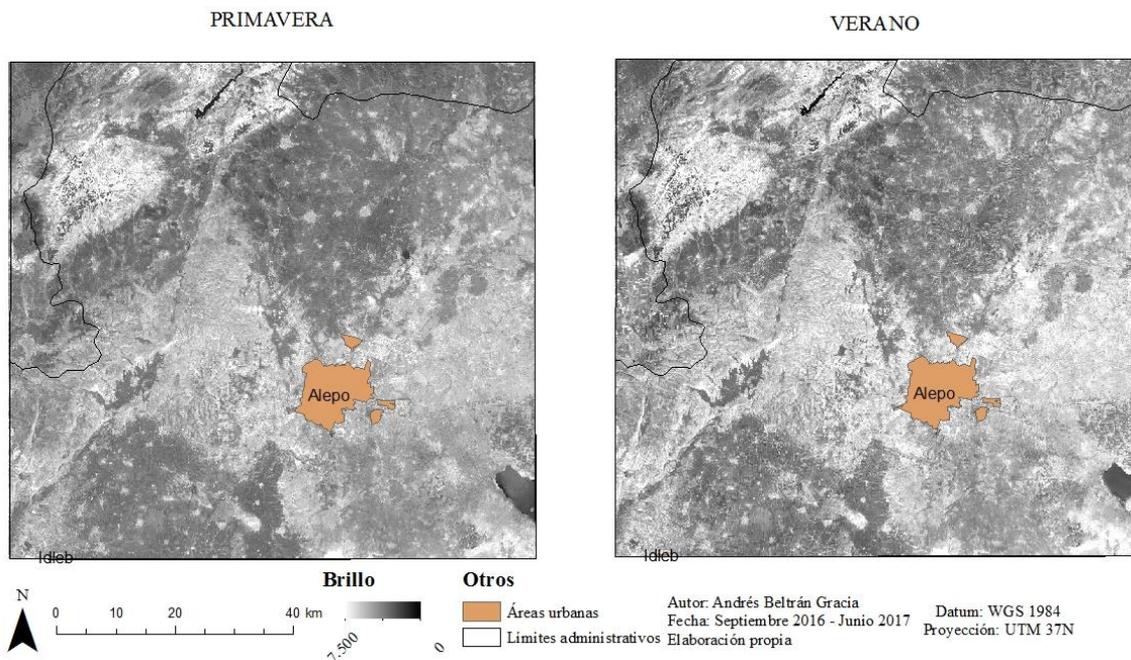
PRIMAVERA



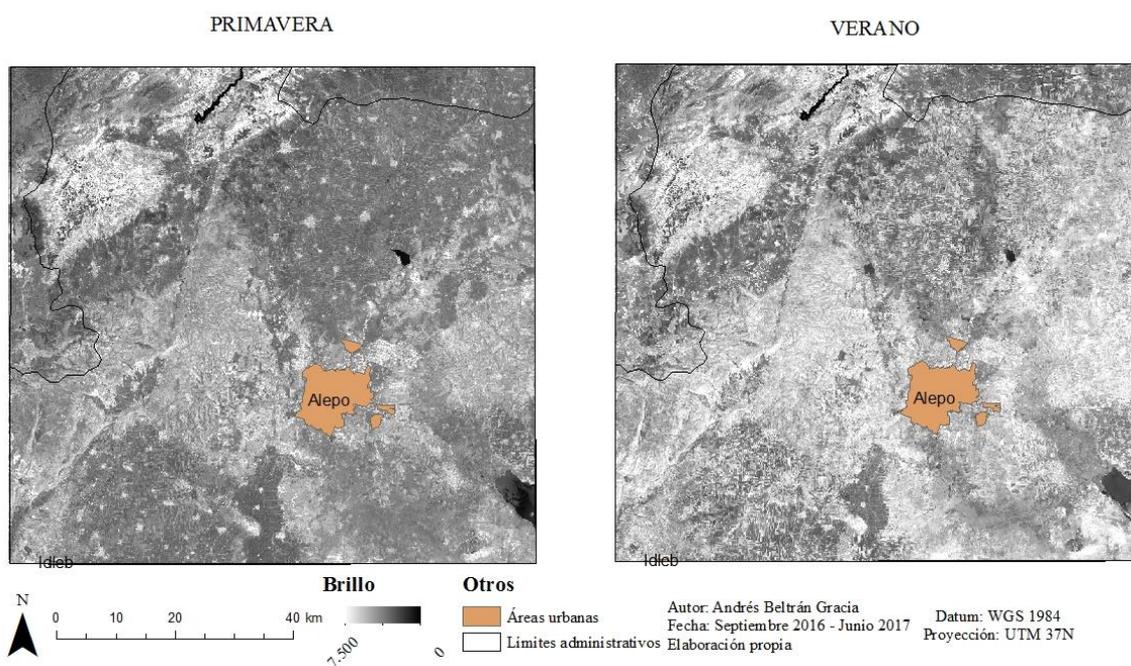
VERANO



BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2014



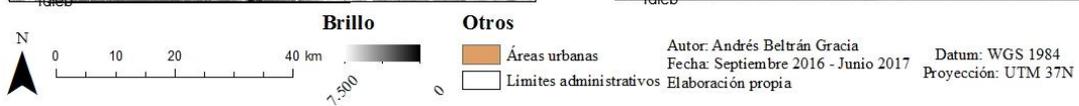
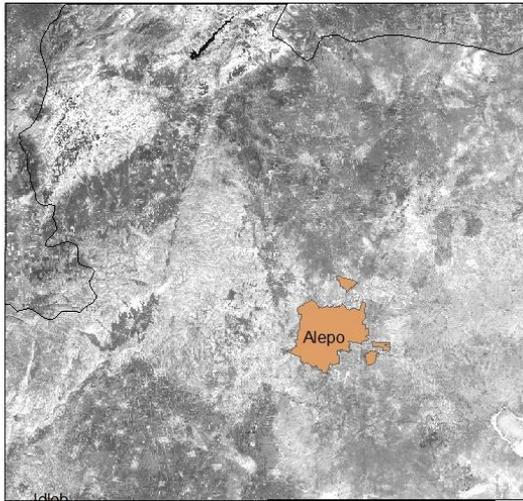
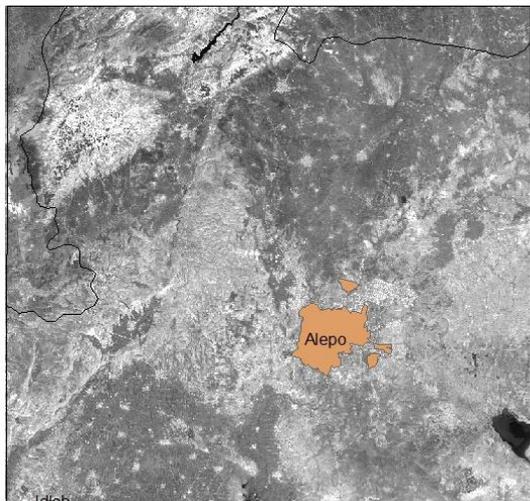
BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2015



BRILLO (Transformación Tasseled Cap) - 2016

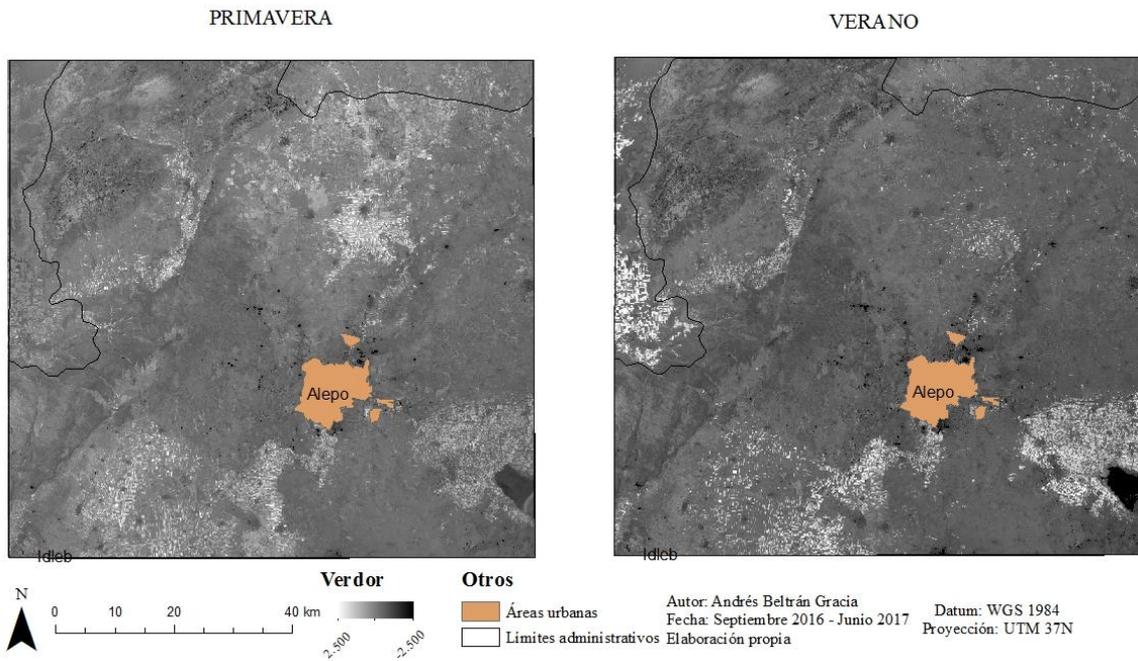
PRIMAVERA

VERANO

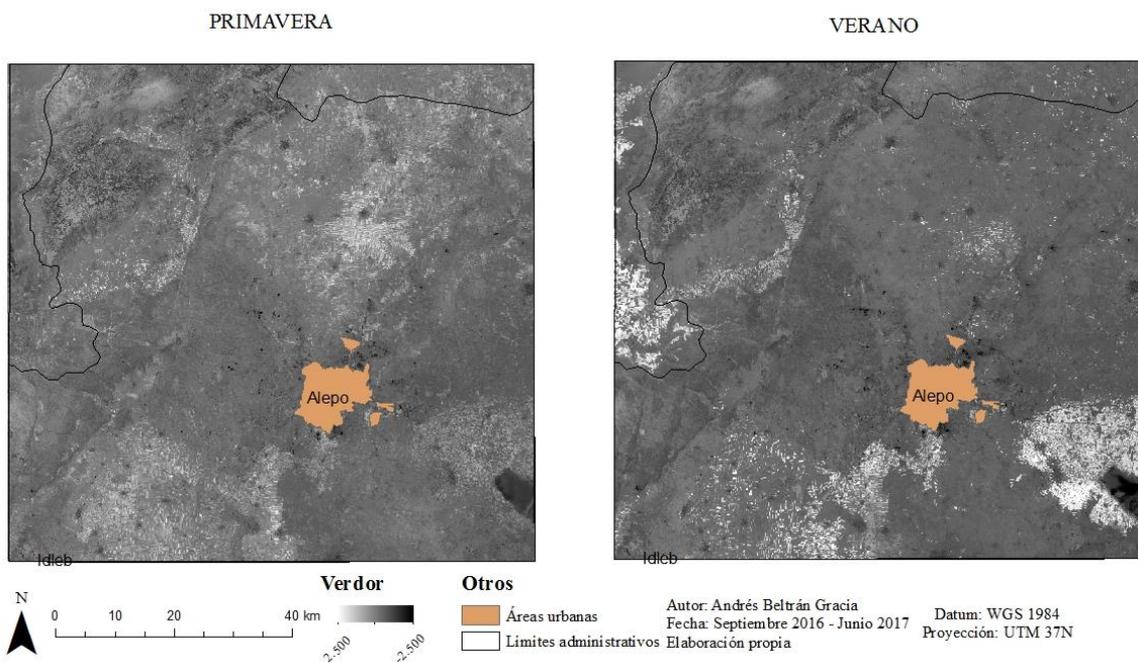


8.3. Anexo III – Verdor

VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2000

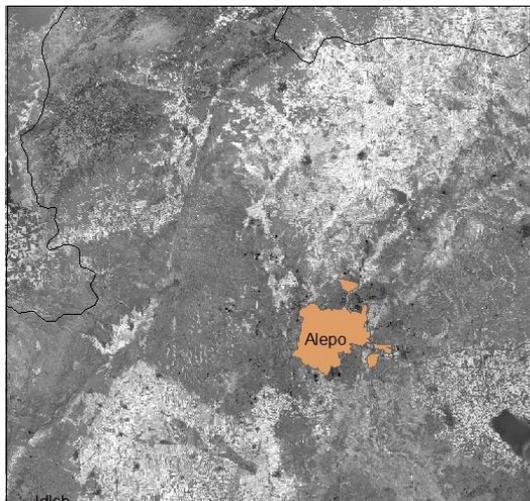


VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2001

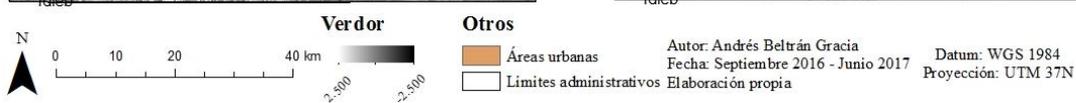
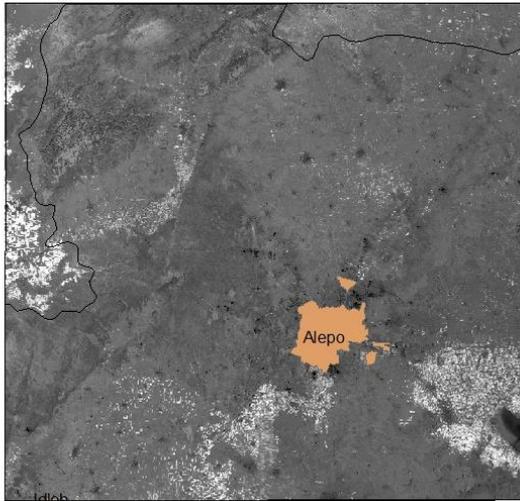


VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2002

PRIMAVERA

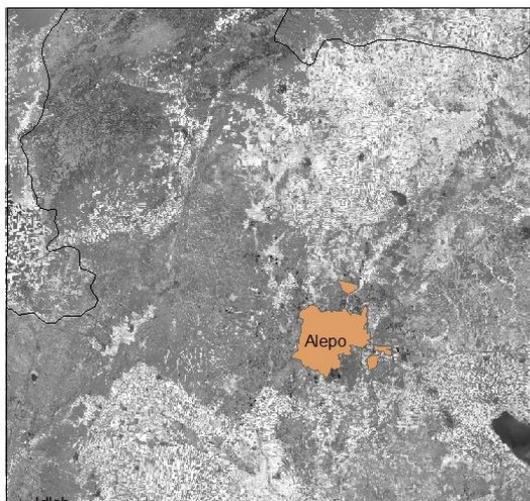


VERANO

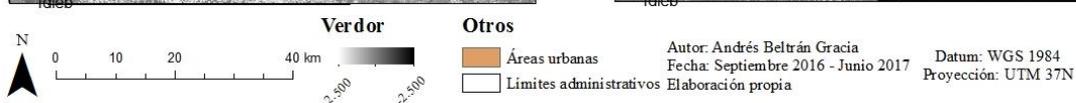
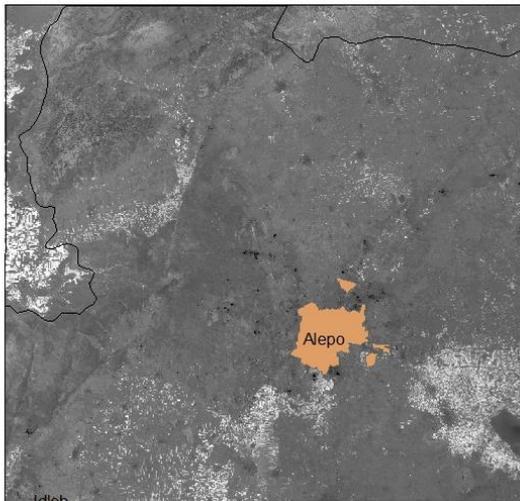


VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2003

PRIMAVERA



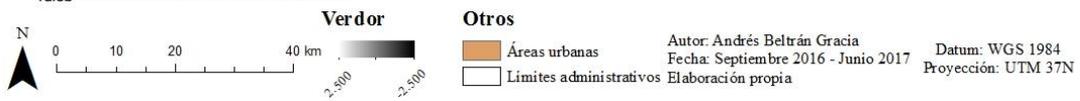
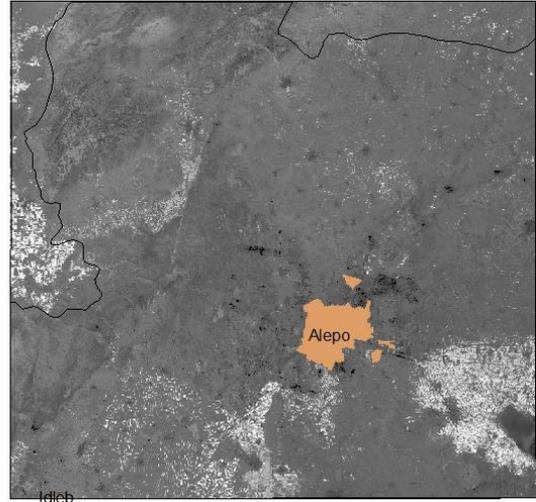
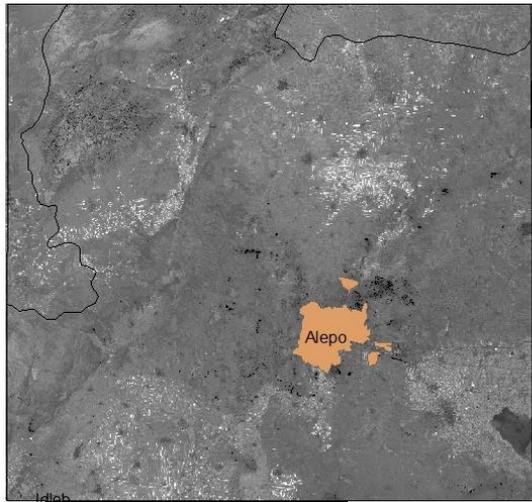
VERANO



VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2006

PRIMAVERA

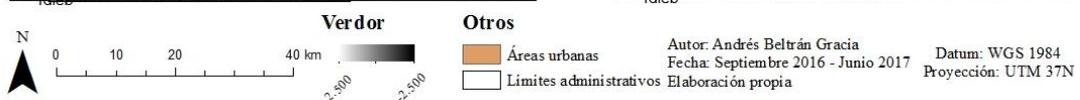
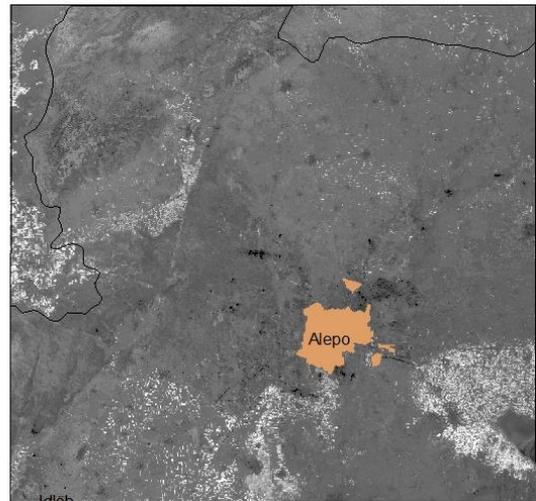
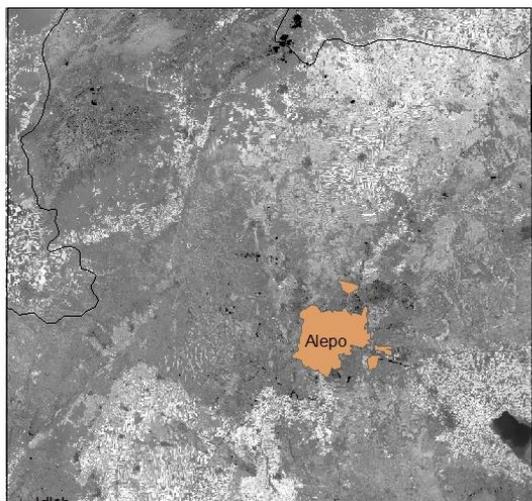
VERANO



VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2007

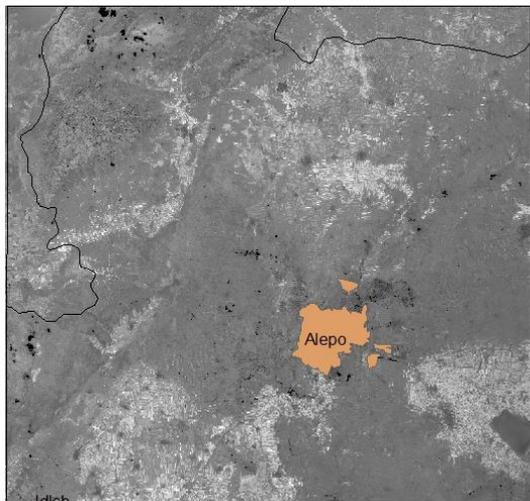
PRIMAVERA

VERANO

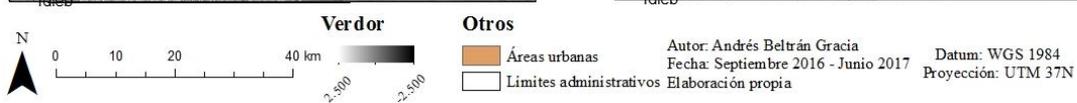
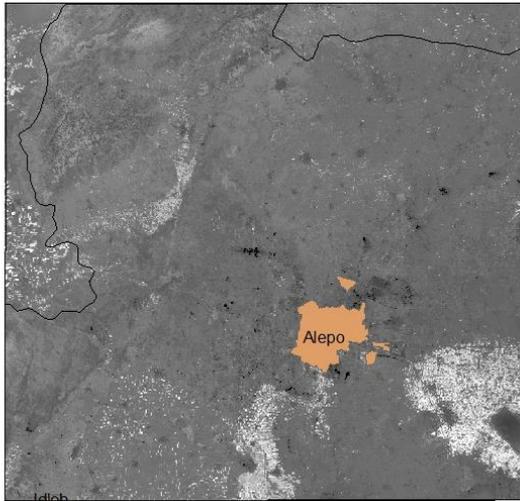


VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2009

PRIMAVERA

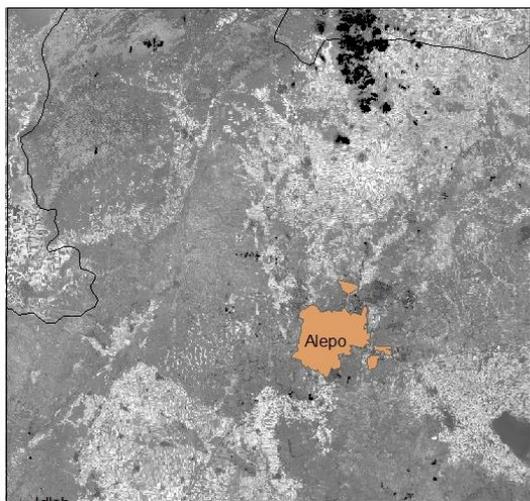


VERANO

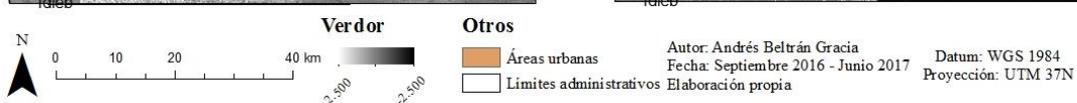
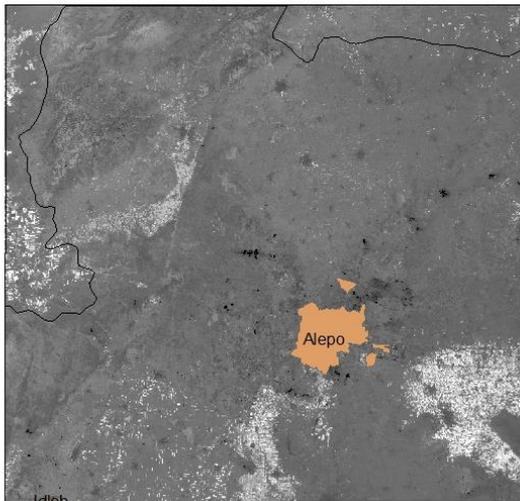


VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2010

PRIMAVERA



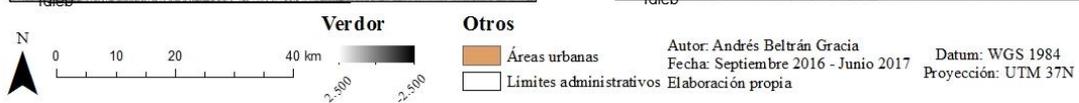
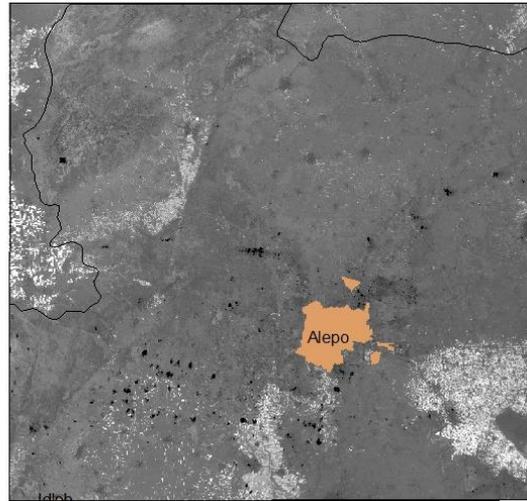
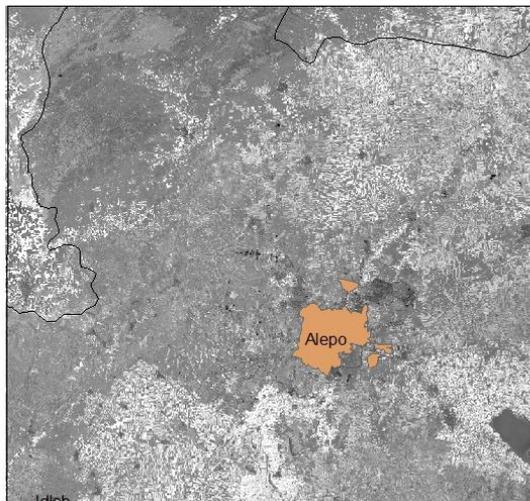
VERANO



VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2011

PRIMAVERA

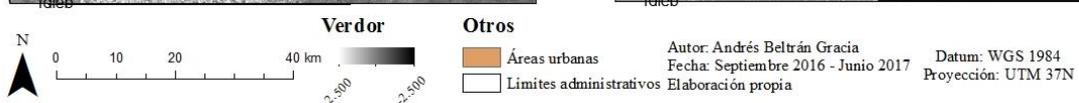
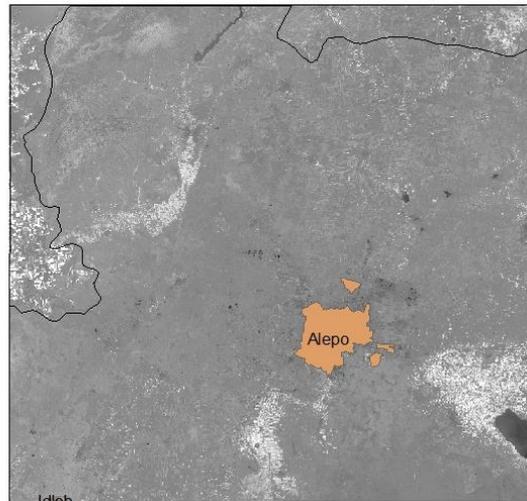
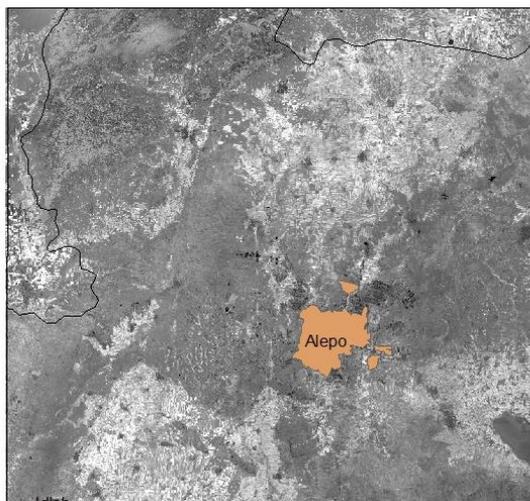
VERANO



VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2013

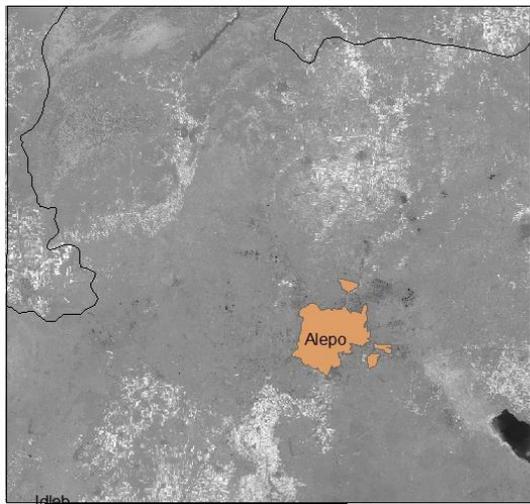
PRIMAVERA

VERANO

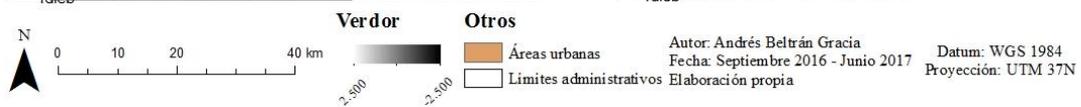
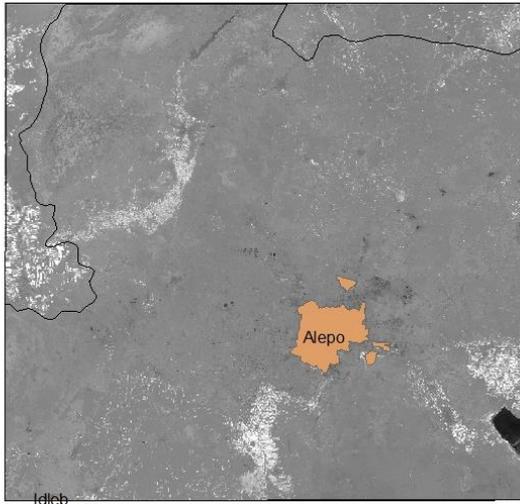


VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2014

PRIMAVERA

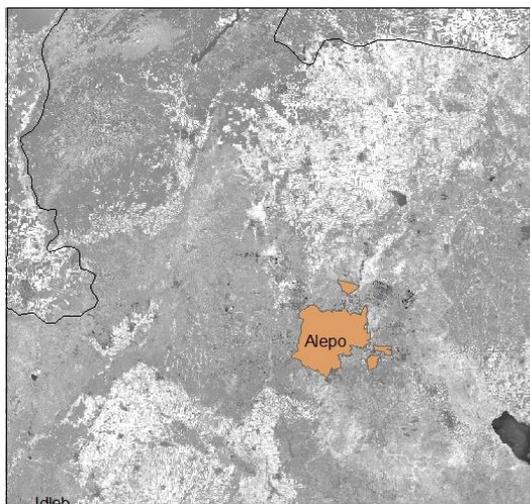


VERANO

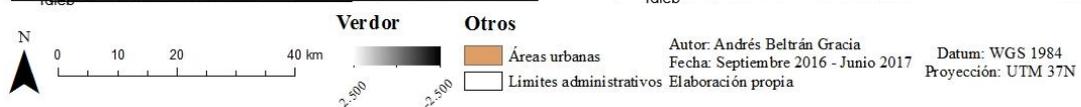
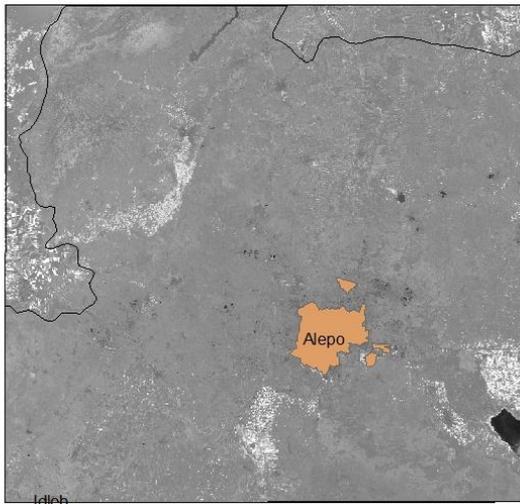


VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2015

PRIMAVERA



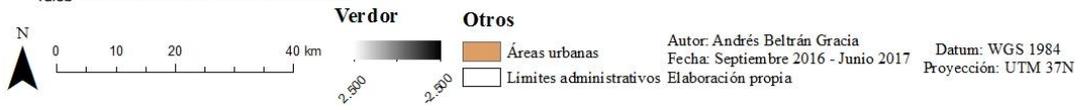
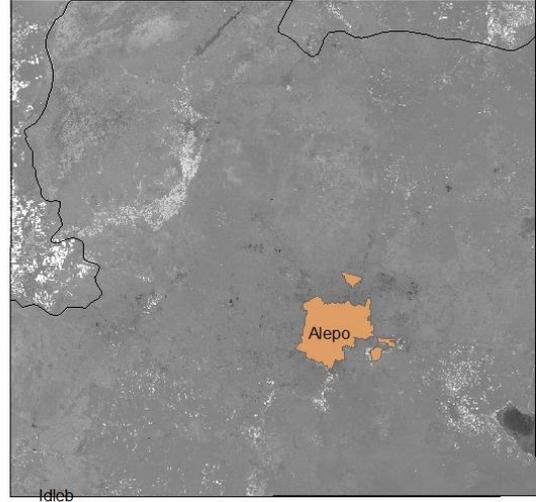
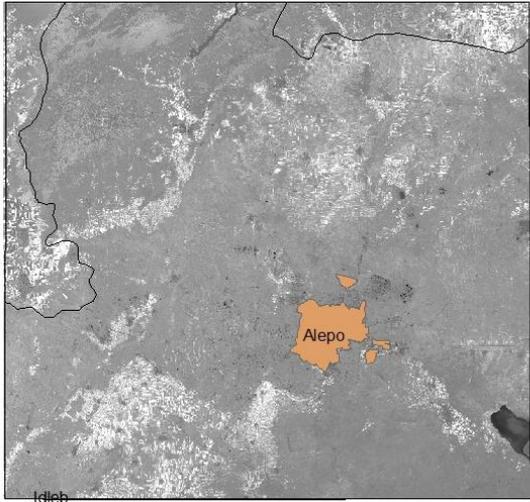
VERANO



VERDOR (Transformación Tasseled Cap) - 2016

PRIMAVERA

VERANO

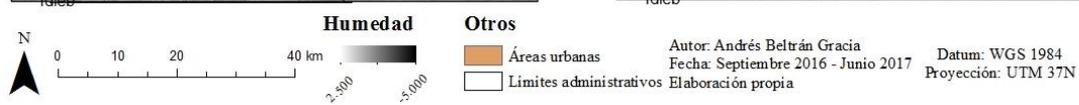
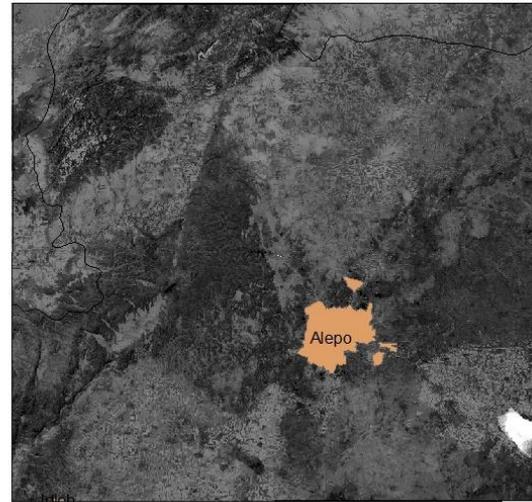
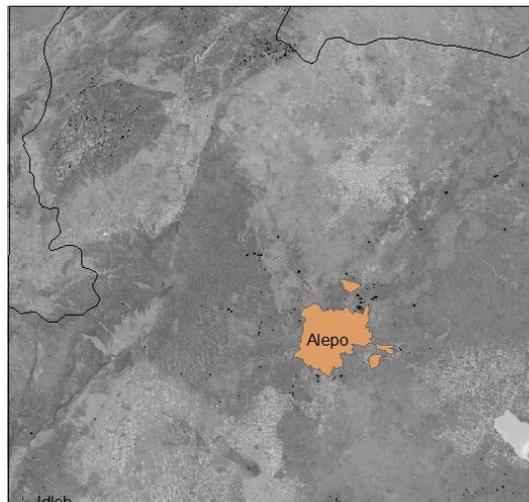


8.4. Anexo IV – Humedad

HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2000

PRIMAVERA

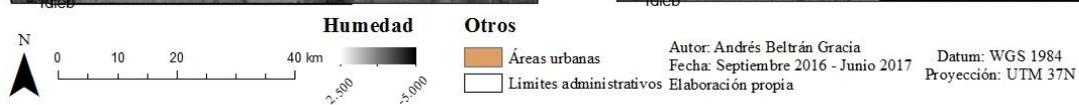
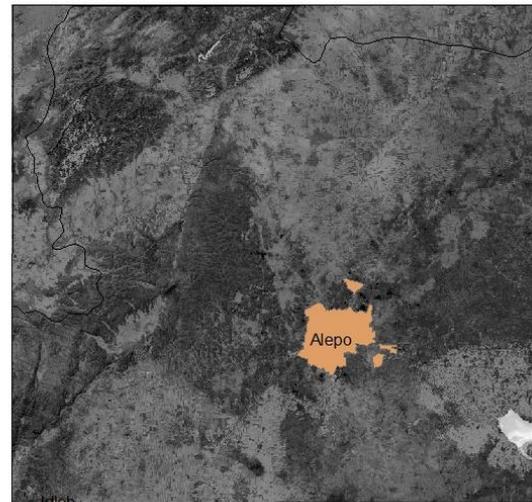
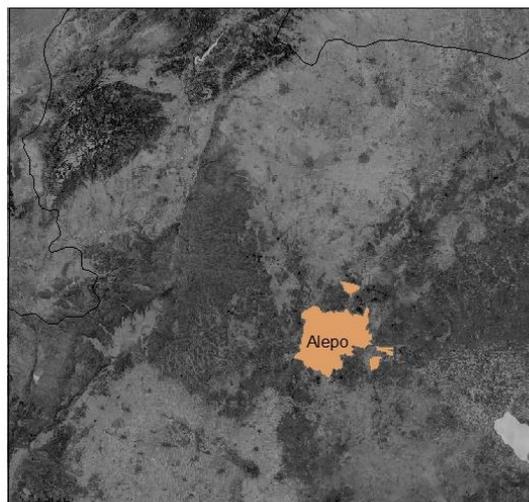
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2001

PRIMAVERA

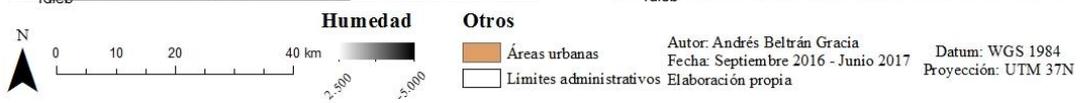
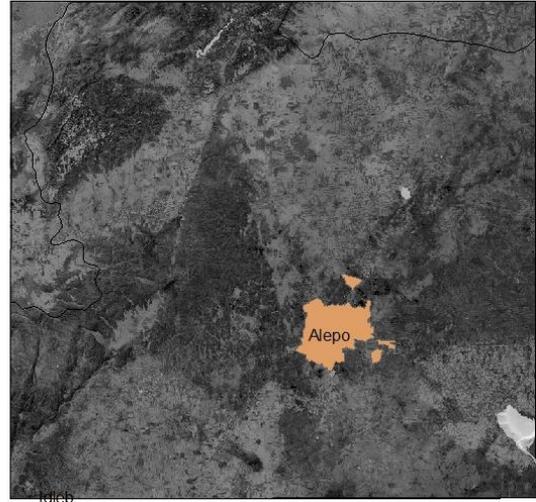
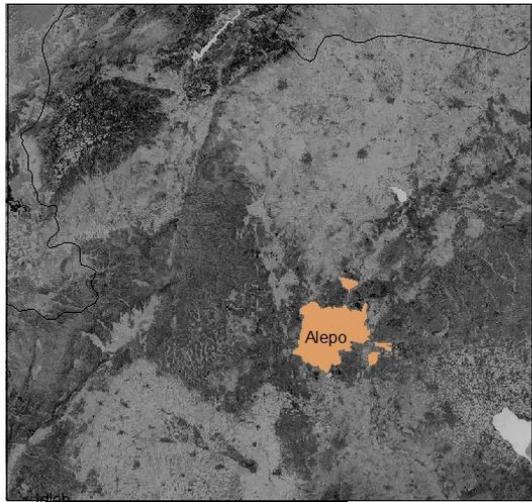
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2002

PRIMAVERA

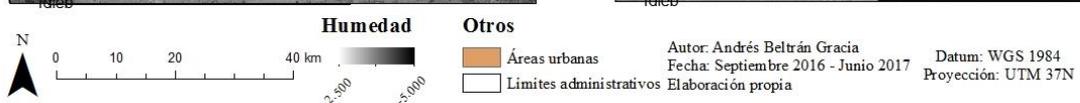
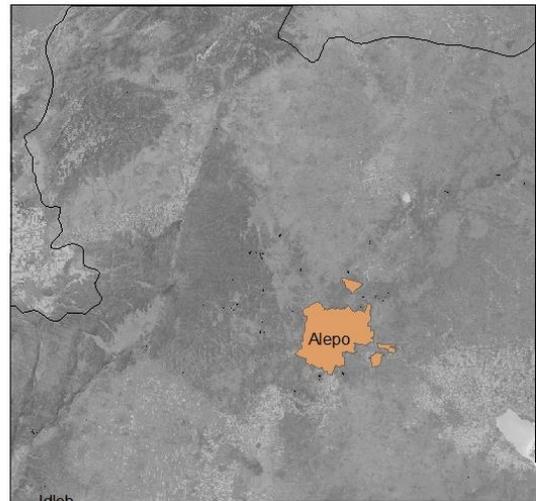
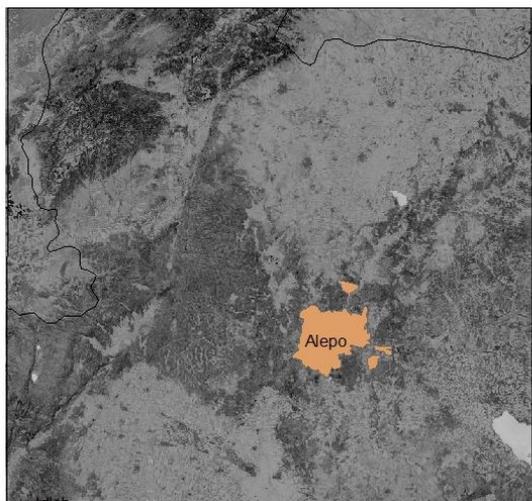
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2003

PRIMAVERA

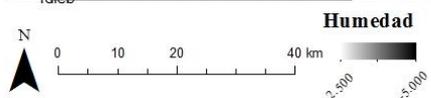
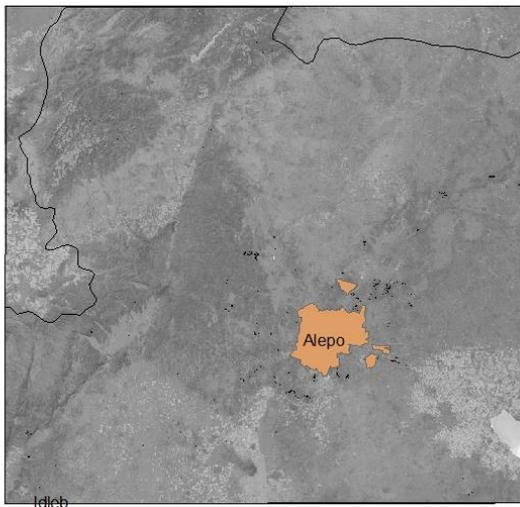
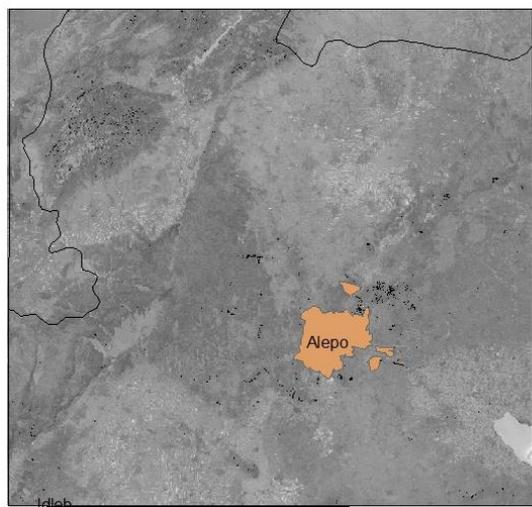
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2006

PRIMAVERA

VERANO



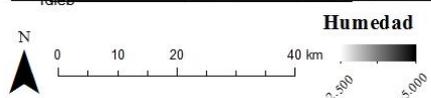
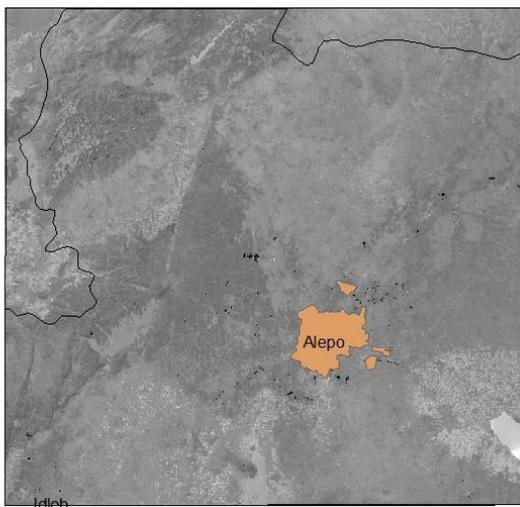
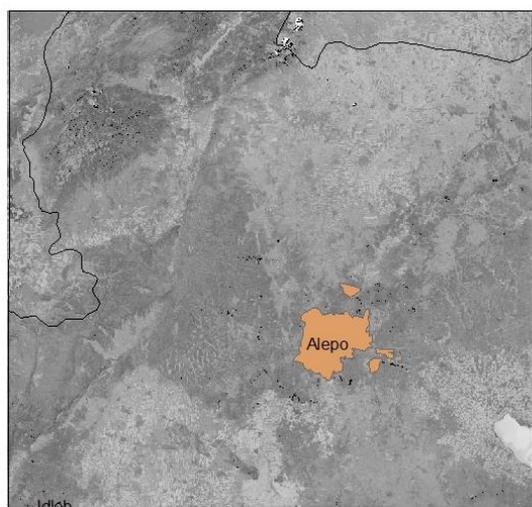
Otros
 Áreas urbanas
 Límites administrativos

Autor: Andrés Beltrán Gracia
 Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017
 Datum: WGS 1984
 Proyección: UTM 37N
 Elaboración propia

HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2007

PRIMAVERA

VERANO



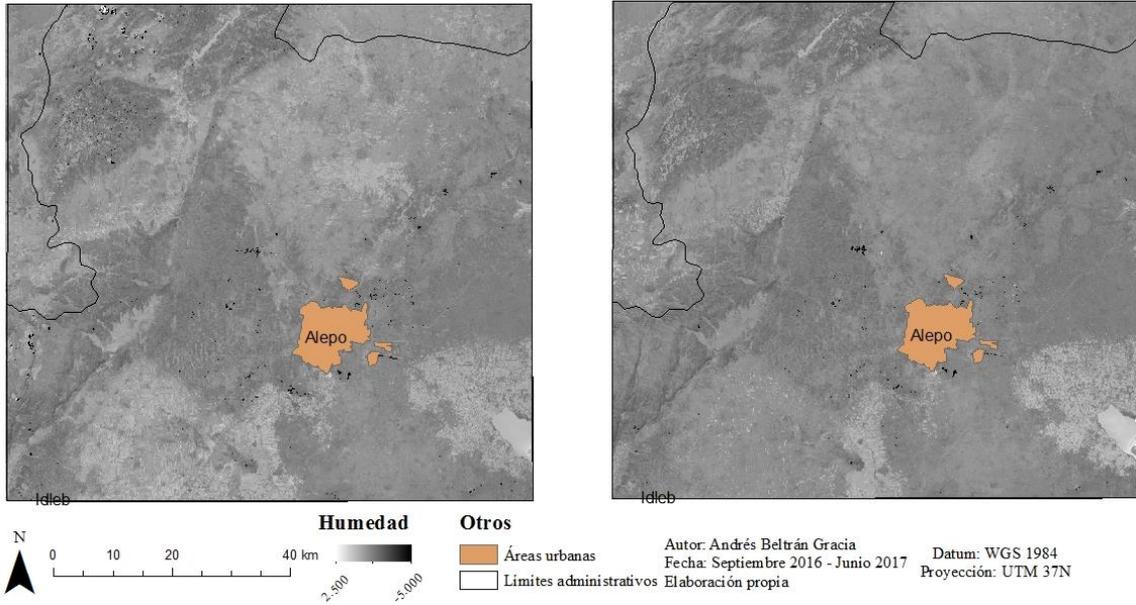
Otros
 Áreas urbanas
 Límites administrativos

Autor: Andrés Beltrán Gracia
 Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017
 Datum: WGS 1984
 Proyección: UTM 37N
 Elaboración propia

HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2009

PRIMAVERA

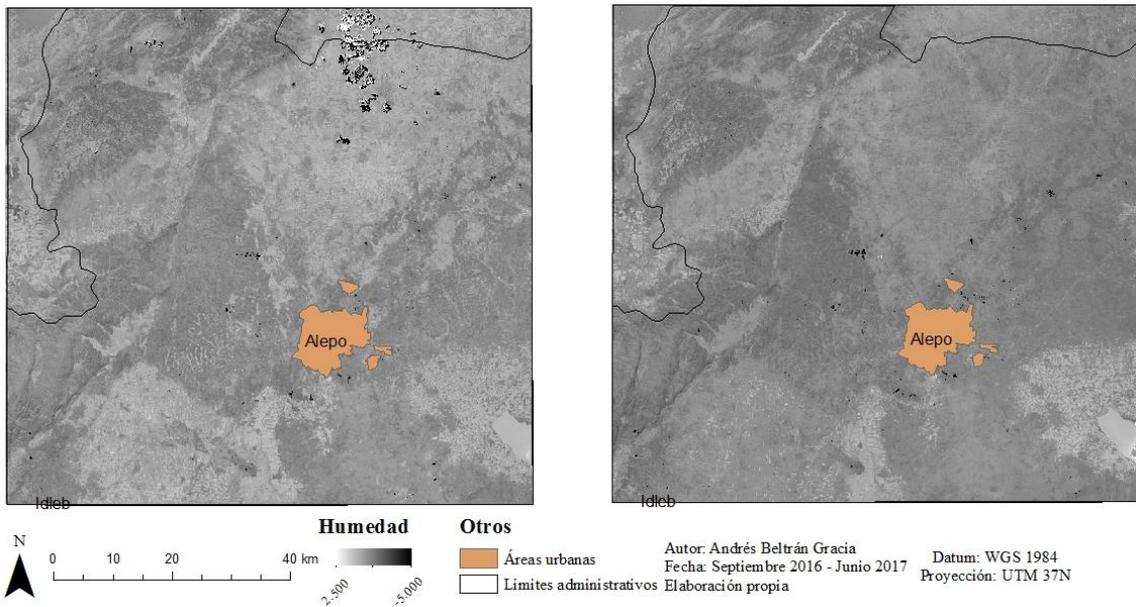
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2010

PRIMAVERA

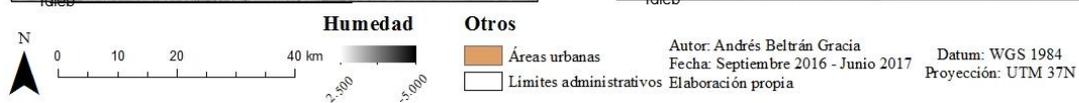
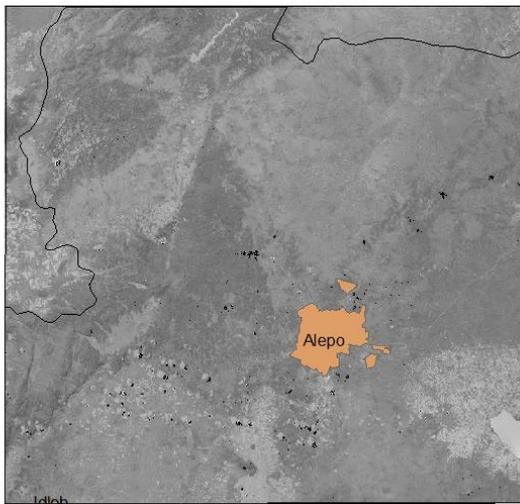
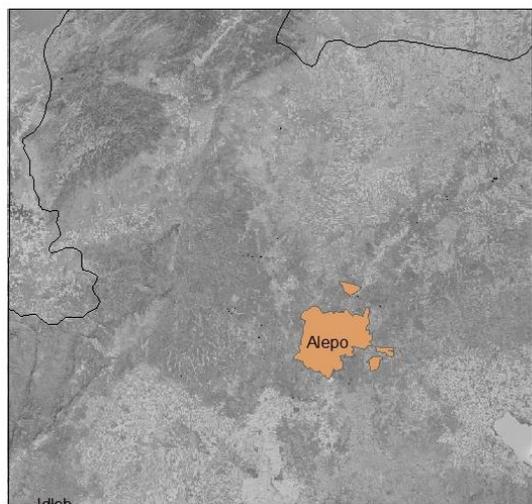
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2011

PRIMAVERA

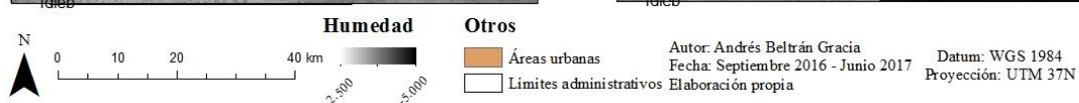
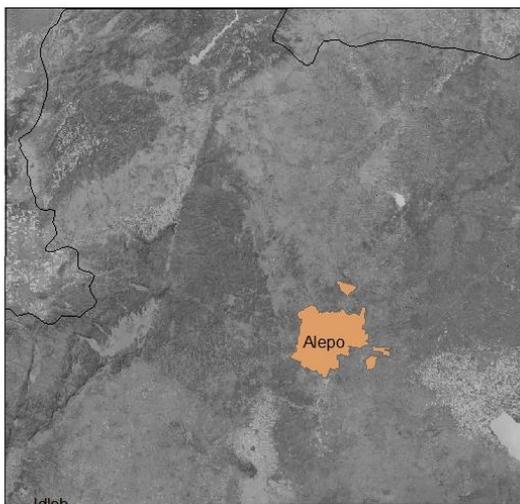
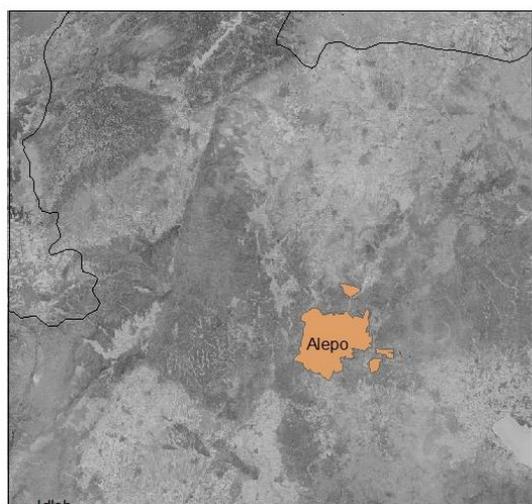
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2013

PRIMAVERA

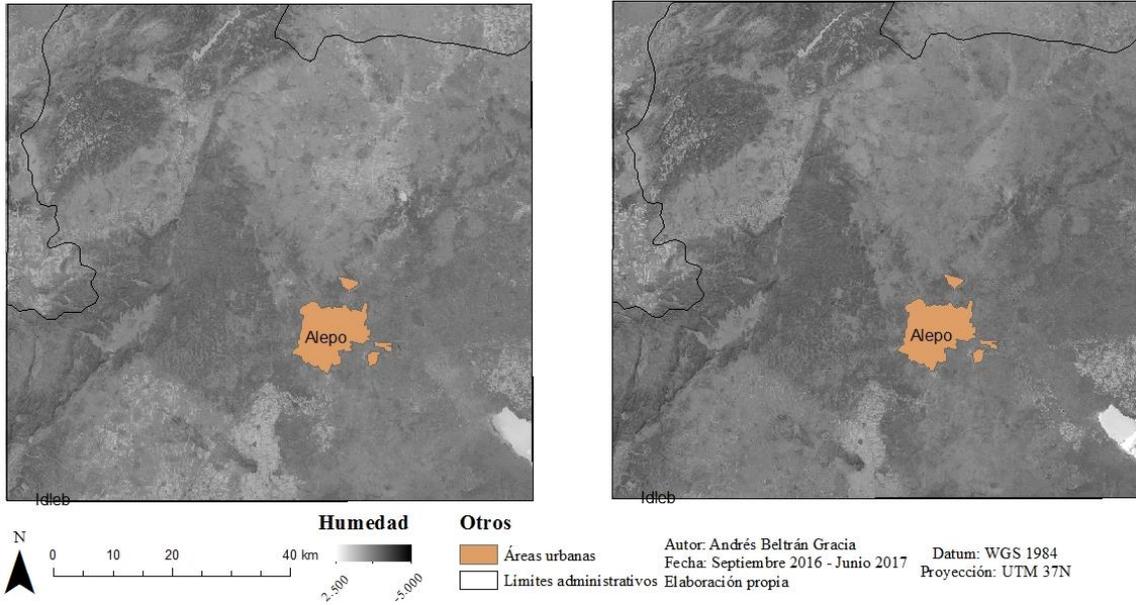
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2014

PRIMAVERA

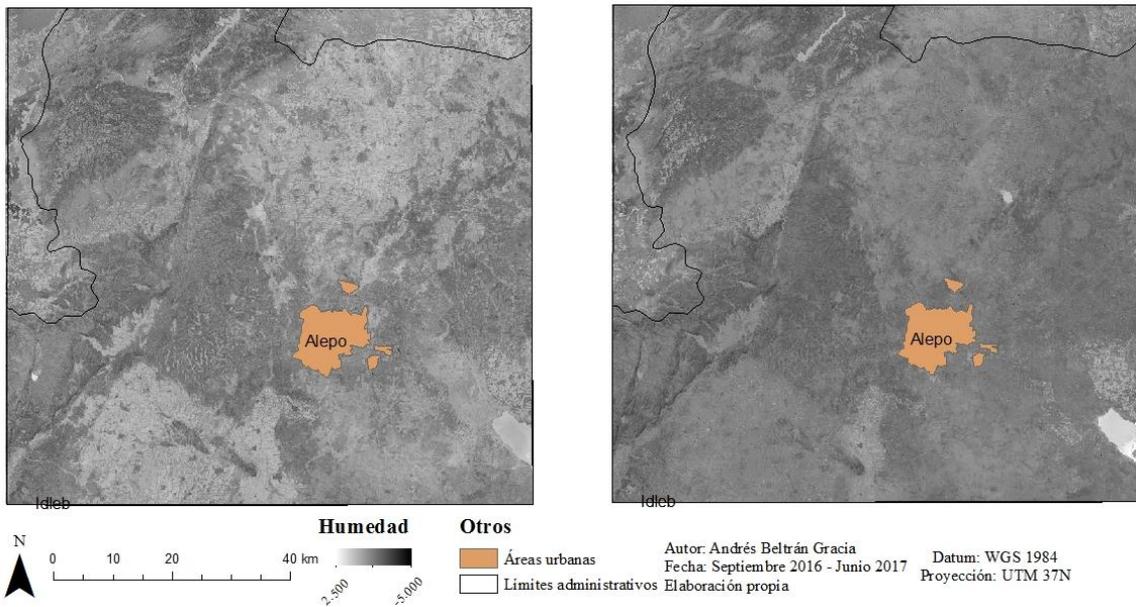
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2015

PRIMAVERA

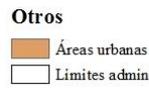
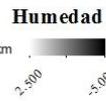
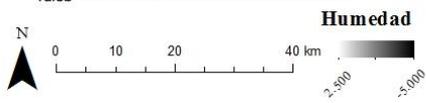
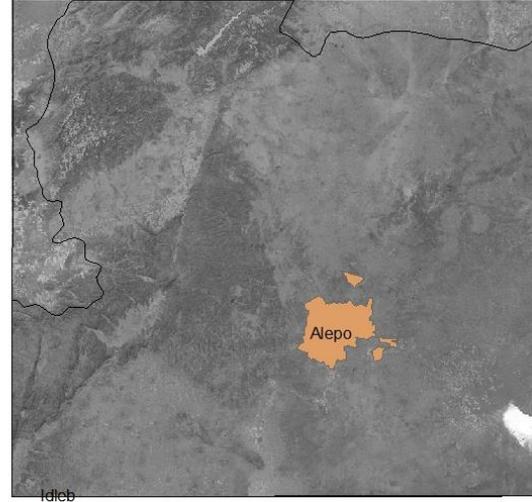
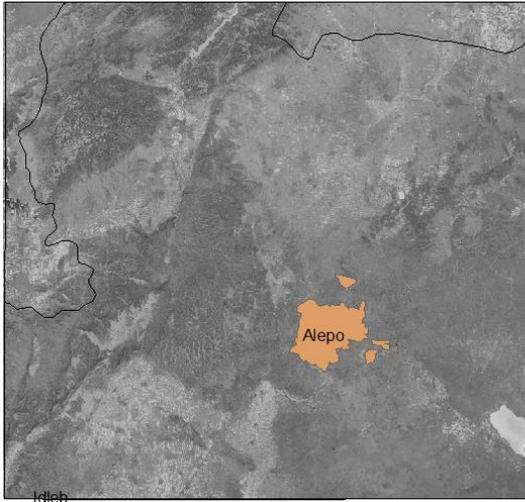
VERANO



HUMEDAD (Transformación Tasseled Cap) - 2016

PRIMAVERA

VERANO



Autor: Andrés Beltrán Gracia
Fecha: Septiembre 2016 - Junio 2017
Elaboración propia

Datum: WGS 1984
Proyección: UTM 37N