

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA
GEOGRAFÍA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
JUNIO 2015

EVOLUCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO EN SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA Y TEGUESTE

SEGUNDA MITAD S.XX HASTA LA ACTUALIDAD

TRABAJO REALIZADO POR BLANCA ELENA LEDESMA GARCÍA
DIRIGIDO POR JOSÉ RAMÓN VERA GALVÁN



No es el geógrafo quien va a contar las ciudades, los ríos, las montañas, los mares, los océanos y los desiertos. El geógrafo es demasiado importante para andar paseando. No abandona su escritorio. Pero en él recibe a los exploradores. Los interroga y toma nota de sus recuerdos. Y si los recuerdos de alguno de ellos le parecen interesantes, el geógrafo hace hacer una encuesta sobre la integridad moral del explorador. [...]

Un explorador que mintiera provocaría catástrofes en los libros de geografía. [...]

Antoine de Sant-Exupéry

El principito

ÍNDICE

0. Introducción
1. Antecedentes
2. Objetivos
3. Hipótesis
4. Material y método
5. Resultados y discusión
6. Conclusiones y posible aplicación
7. Referencias bibliográficas
8. Apéndice 1: mapas
9. Apéndice 2: procedimientos GIS
10. Apéndice 3: fotografías

RESUMEN

Tegueste y San Cristóbal de La Laguna son dos municipios de la isla de Tenerife. Este estudio se centra en el análisis de los cambios de usos del suelo y de la cobertera vegetal (*land use–land cover change*) de esta zona desde el año 1956 hasta el 2013.

A través de los mapas de cobertera vegetal, pendiente, cuencas de drenaje e impermeabilidad mostraremos que todos estos indicadores se encuentran directamente interrelaciones con el retroceso de la superficie agrícola.

Desde 1956 ha tenido lugar una urbanización de las zonas llanas y una mayor impermeabilización del suelo, presentando una fragmentación del espacio. Esto da lugar al término *Urban Sprawl*, un crecimiento difuso y no concentrado.

Las parcelas de cultivo sufren un retroceso de la extensión en uso, y aparecen los invernaderos y los nuevos sistemas de regadío como nueva forma de intensificación del espacio.

Por ello se propone reinstalar los sistemas naturales, evitando el avance de las zonas impermeables que conllevan a una mayor fragmentación de la ciudad.

Palabras clave: *land-use, land-cover*, cobertera vegetal, permeabilidad, pendiente

ABSTRACT

Tegueste and San Cristobal de La Laguna are two municipalities on the island of Tenerife. This study focuses on the analysis of changes in land use and vegetation cover (*land use-land cover change*) in this area from 1956 until 2013.

Through maps of vegetation cover, slope, drainage basins and impermeability show that all these indicators are directly interfaces with the decline of the agricultural area.

Since 1956 there has been a development of flat areas and increased soil sealing, presenting a space fragmentation. This gives rise to the term *Urban Sprawl*, diffuse growth and unconcentrated.

The plots suffer a setback extension in use, and new greenhouses and irrigation systems as a new form of intensification of the space they appear.

It is therefore proposed to reinstall natural systems, avoiding advancement of impervious areas leading to further fragmentation of the city.

Key words: land-use, land-cover, vegetation cover, permeability, slope

0. INTRODUCCIÓN

Este estudio se centra en San Cristóbal de La Laguna y Tegueste. Dos ciudades que encontramos en la provincia de Santa Cruz de Tenerife, al noreste de la isla de Tenerife, en las Islas Canarias, España.



San Cristóbal de La Laguna fue la primera capital de la isla de Tenerife, y actualmente el casco histórico forma parte del catálogo de ciudades declaradas Bien Cultural y Patrimonio de la Humanidad por el Comité de Patrimonio Histórico de la UNESCO¹, declaración que tuvo lugar en Marrakech el dos de diciembre de 1999 y que reconocía los valores singulares y de autenticidad que componían el municipio. La ciudad se encuentra en el valle de Aguere, entre el Macizo de Anaga² y el Monte de La Esperanza, y rodea totalmente la ciudad de Tegueste. Este municipio tiene una de las mayores extensiones de la isla, por el contrario Tegueste, es uno de los municipios más pequeños y también, uno de los pocos que carece de salida al mar.

¹ Fuente: Ayto de La Laguna <http://www.aytolalaguna.es/preview/node_1943.jsp>

² Nombrado recientemente Reserva de la Biosfera

1. ANTECEDENTES

«*Land use*», o uso del suelo, es el término utilizado para describir el empleo humano que se le da a un tipo de «*land cover*», o cubierta del suelo. Este último es el que describe el estado físico de la superficie de la Tierra y sus sub-superficies en términos de medio ambiente. Ambos conceptos van unidos a los transportes y la movilidad entre ámbitos, lo cual produce un aumento de residuos y, por tanto, un desarrollo insostenible en la ciudad.

Tanto el «*land use*» como el «*land cover*» afectan de manera significativa a los aspectos fundamentales del funcionamiento del sistema terrestre. Impactan directamente sobre la diversidad biótica del mundo; contribuyen al cambio climático, tanto a escala local como regional; y al calentamiento del clima global.

Existen distintos tipos de cambios en el suelo: deforestación tropical (la población y la pobreza conducen a la deforestación, principalmente, a través de los cambios de uso del suelo por los agricultores); modificaciones en los pastizales (vegetación clímax natural); intensificación en la agricultura (el crecimiento de la población conduce a la intensificación insostenible de las pequeñas explotaciones); y urbanización (sin importancia en los cambios de la ocupación del suelo global)³.

En definitiva, todos estos cambios son resultado de la globalización, que amplifica o atenúa las fuerzas motrices de los cambios de uso del suelo mediante la eliminación de las barreras regionales y el fortalecimiento global.

Los rápidos cambios en los usos del suelo normalmente coinciden con la incorporación de una región a la expansión económica mundial. Los mercados globales aumentan la complejidad y la incertidumbre, e incrementan las preocupaciones sobre los impactos de las fuerzas motrices⁴.

³ LAMBIN, Eric F., ([2001], 261-269)

⁴ *Ídem*

Los análisis de los usos del suelo no han progresado con la misma velocidad que el desarrollo de los nuevos sensores de satélite y de los datos disponibles de la cubierta terrestre. Las herramientas SIG han sido usadas para explorar la relación entre la ocupación del suelo presente en los datos de satélite y los usos del suelo representados en las bases de datos oficiales⁵.

Existe un nuevo enfoque, «*Land Configuration Image*» (LCI), que muestra dos tipos de resultados: primero, muestra nueva información sobre las variables que son relevantes en la interpretación de los usos del suelo; segundo, la comparación con las estadísticas de producción agrícola muestra que la producción del área de estudio varía dependiendo de la configuración del suelo. Este nuevo enfoque proporciona una nueva herramienta para investigar más a fondo la configuración de la tierra a una escala local, y hace posible la interpretación de los usos del suelo a escala local. El método LCI es semi-automático y puede ser llevado a grandes áreas de estudio⁶.

LCI es un enfoque que hace que las imágenes de satélite sean más útiles para los estudios futuros de los usos del suelo. Es un primer paso en la investigación para cambiar la tendencia en los usos del suelo, y puede ser un pequeño paso en la mejora del estudio de las funciones dinámicas de la tierra. Muchos estudios serán necesarios para validar la utilidad del LCI. Tiene potencial para ayudar en las evaluaciones de los usos del suelo de los responsables políticos, y para tratar las consideraciones ambientales tales como usos del suelo, características del paisaje y biodiversidad⁷.

Los modelos de cambio del *land-use* deberían representar parte de la complejidad de los sistemas de uso del suelo. Ofrecen la posibilidad de probar la sensibilidad de los patrones del *land-use change* en las variables seleccionadas. También permiten la prueba de la estabilidad de los sistemas sociales y ecológicos vinculados, a través de la construcción de escenarios. Para evaluar los avances actuales en este campo, se elaboró un taller sobre los modelos de *land-use / land-cover* en el marco del proyecto LUCC (*Land-Use / Land-Cover Change*)⁸.

⁵ WÄSTFELT, Anders y Wolter ARNBERG, ([2013], 234 - 244)

⁶ *Ídem*

⁷ *Ídem*

⁸ VELDKAMP, A. Y LAMBIN, E.F., ([2001], 1 – 6)

El último objetivo del proyecto LUCC es mejorar la comprensión de la base regional, los cambios interactivos entre *land-use* y *land-cover*, especialmente como se manifiesta en los enfoques del modelado, y evaluar el potencial incorporando evaluaciones biofísicas en los modelos de cambio del *land-use*.

Los modelos de cambio de uso del suelo son un campo altamente dinámico de búsqueda, con muchos nuevos desarrollos. Los principales desarrollos se refieren al progreso en:

- El modelado de las fuerzas directoras del cambio de *land-use*.
- El modelado de la dependencia de la escala de las fuerzas directoras del cambio de *land-use*.
- El modelado en la localización de la predicción, respecto de la cantidad del cambio del *land-use*.
- La incorporación de las evaluaciones biofísicas en los modelos de cambio del *land-use*⁹.

La comprensión científica del cambio de *land-use* es aún insuficiente como para caracterizar las condiciones bajo las cuales la intensificación sostenible puede y va a ocurrir. Primero, carecemos de una definición y de una terminología comúnmente compartida. Segundo, el uso del término intensificación en la literatura científica normalmente utiliza sinónimos con los complejos cambios que esto conlleva, dando lugar a la ambigüedad del término. Tercero, los enfoques tradicionales normalmente examinan uno o pocos aspectos de la intensidad del *land-use*, sin tener en cuenta la multidimensionalidad de la intensificación de los procesos en el complejo sistema de suelo. Como resultado, las relaciones causales entre los procesos individuales, las fuerzas conductoras y los impactos de la intensificación del *land-use* no han sido establecidos¹⁰.

En la comprensión científica del *land-use* se requieren dos pasos: desarrollarlo en un marco integrado para el análisis de la intensidad del *land-use*, y generar conjuntos de datos que permitan el estudio sistemático de las fuerzas conductoras, así como de los impactos de los cambios en la intensidad de los usos del suelo. Por tanto, lo que se

⁹ VELDKAMP, A. Y LAMBIN, E.F., ([2001], 1 – 6)

¹⁰ ERB, Karl – Heinz *et al.*, ([2013], 5: 464 – 470)

propone es un marco conceptual integrado para el análisis, orientado a facilitar el desarrollo de los conjuntos de datos para la investigación de la intensidad de los usos del suelo¹¹.

Satisfacer la creciente demanda de la producción de *land-based*¹², sin comprometer la base de los recursos naturales requiere la intensificación sostenible del *land-use*. Sin embargo, fomentar la intensificación sostenible requiere una mejor conceptualización de la intensidad del uso del suelo en sí mismo. Desafortunadamente, ni la conceptualización ni las bases de datos están disponibles en la cantidad y la calidad suficiente como para permitir análisis coherentes de intensidad de uso del suelo¹³.

Los *land-system* (sistemas del suelo) son los sistemas humano-ambientales, cambios que conducen y responden desde lo local a cambios ambientales globales, desde el clima a la macroeconomía. Los cambios en los sistemas del suelo han sido la principal causa de la pérdida de hábitats y biotas globales, contribuyen al incremento de los gases de efecto invernadero, y se plantea la hipótesis de haber contribuido al desencadenamiento del cambio climático en el Holoceno temprano. Los sistemas de suelo también afectan al clima regional, a las funciones de los ecosistemas y a la variedad de servicios que ofrecen los ecosistemas¹⁴.

Por tanto, los sistemas del suelo son una característica central de cómo la humanidad gestiona su relación con la naturaleza, intencionada o no, y si esta relación es sostenible o no. A pesar de todo esto, se ha prestado una mínima atención al diseño del *land system* como una mitigación y estrategia de adaptación para el cambio ambiental global y la sostenibilidad¹⁵.

La arquitectura del sistema del suelo es una consecuencia de la ciencia del cambio de suelo, con las consiguientes conexiones con la ecología y la arquitectura del paisaje. Este término se refiere a la composición, y a la estructura espacial del mosaico de las

¹¹ ERB, Karl – Heinz *et al.*, ([2013], 5: 464 – 470)

¹² Producción local de alimentos

¹³ ERB, Karl – Heinz *et al.*, ([2013], 5: 464 – 470)

¹⁴ TURNER II, B.L. *et al.* [2013], 23: 395 – 397)

¹⁵ *Ídem*

unidades del suelo en un área de evaluación, que consiste en diferentes *land covers and uses*, su tamaño, capa, distribución y conexión¹⁶.

La arquitectura de los sistemas de suelo es un determinante principal para las funciones del ecosistema y la capacidad de proporcionar los servicios a los ecosistemas. Pueden ser usados para mitigar el cambio climático o para optimizar los conjuntos de compensaciones ambientales relativas a lo que lo social-económico quiere y necesita. La arquitectura del sistema de suelo llegará a ser una característica fundamental para controlar el éxito de las medidas de adaptación¹⁷.

En definitiva, la arquitectura de los sistemas del suelo está lista para llegar a ser un componente central en el cambio climático global y en la ciencia de la sostenibilidad. Por tanto, se recomienda seguir con el estudio de la arquitectura de los sistemas de suelo e incrementar la sofisticación de nuestra comprensión de las dinámicas de los sistemas del suelo¹⁸.

El concepto *land system science* se ha desarrollado durante los últimos veinte años a partir del estudio de usos y cubierta vegetal (*land use land cover change*), que inicialmente estaba dominado por la vigilancia y la modelización de los impactos ecológicos en los cambios de la cubierta del suelo, como la deforestación y la desertificación en el sistema natural. Gradualmente, este campo de investigación se ha hecho más integrado, centrándose en las fuerzas conductoras y en los efectos del cambio de suelo como parte del cambio ambiental global. *Land Change Science* aparece como un campo de investigación independiente e inter-disciplinario, con la participación de científicos de las ciencias sociales, económicas, geográficas y naturales. La creciente atención retro-alimentada entre las fuerzas conductoras y los impactos, que incluyen la conducta adaptativa, las interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos, y tele-conexiones entre las regiones del mundo, y entre las ciudades y sus zonas rurales del interior, ha motivado una perspectiva de los sistemas socio-ecológicos integrados¹⁹.

¹⁶ TURNER II, B.L. *et al.* [2013], 23: 395 – 397)

¹⁷ *Ídem*

¹⁸ *Ídem*

¹⁹ VERBURG, Peter H. *et al.*, ([2013], 5: 433 – 437)

La ciencia del sistema terrestre (*Land System Science*) no solo representa los cambios del *land system*, sino también las fuerzas conductoras o las consecuencias del cambio ambiental global. La ciencia de *land systems* también ofrecen soluciones para el cambio global mediante la mitigación y la adaptación, y puede jugar un papel clave en un futuro mundo sostenible²⁰.

Los cambios de sistema terrestres son el resultado directo de la toma de decisiones humanas en múltiples escalas, con las respectivas consecuencias a largo plazo en el Sistema Tierra. Los cambios en el sistema terrestre son, a la vez, causas y consecuencias de los procesos socio-ecológicos y abarca una amplia gama de escalas espaciales y temporales.

Mediante el estudio de la interacción entre los sistemas sociales y ecológicos que determinan el uso y la cubierta del suelo, la ciencia del sistema terrestre opera en la interfaz de las ciencias sociales y naturales, y requiere un alto nivel de colaboración interdisciplinaria.

Podemos dividir el conjunto de problemas relativos al *land systems* en cuatro grandes grupos:

- *Local / Global*. En este grupo aparece el concepto de *telecouplin*, que revisa como los procesos locales del cambio de sistema del suelo afectan a las regiones, y como la demanda y las políticas tienen consecuencias indirectas en las diferentes regiones del mundo.
- *Intensity/ Extent*. Este grupo produce un marco conceptual que permite estudiar la intensidad de los usos del suelo basado en conceptos teóricos e indicadores.
- *Impacts/Feedbacks*. Aquí se discute como el *land system* juega un papel crucial con el sistema alimentario, independiente de las conexiones entre los sistemas de producción local de comida en el contexto del sistema global alimentario.

²⁰ VERBURG, Peter H. *et al.*, ([2013], 5: 433 – 437)

- *Governance*. Este apartado ha generado nuevas formas de exclusión social y desigualdad, y el futuro de las políticas necesita combinar el territorio y los flujos centrados en la gestión.

La ciencia del cambio terrestre se ha convertido en un elemento fundamental del cambio ambiental global y de la ciencia de la sostenibilidad. Se trata de comprender la dinámica humana y ambiental que dan origen a los cambios de usos y de la cubierta del suelo, no solo en términos de tipo y magnitud, sino también de ubicación. Este enfoque requiere la información de ciencias sociales, naturales y geográficas. Cada una de estas amplias ramas de investigación ha desarrollado diferentes formas de adentrarse en el problema del *land change*, cada una a través de distintos medios de tratamientos de la localización específica, como la vinculación del administrador de la tierra a la parcela que está gestionando.

El desafío de desarrollar la comprensión integral del *land change* está, con los procesos biofísicos y socioeconómicos ya en marcha, en la construcción de la teoría integrada. Este reto es enorme debido a la complejidad de la integración de diversos procesos y los diferentes medios disciplinarios para abordarlos. Se abordan datos, metodología y problemas analíticos que son especialmente graves para lograr la intersección de las ciencias sociales con los sistemas de información geográfica, a una escala de micro-nivel²¹.

Las distintas comunidades de investigación involucradas mantienen diferentes métodos normalizados para la recopilación y análisis de los datos, que plantean problemas cuando se integra el estudio del *land change*²².

Hay que destacar los retrasos en LCS (*Land Change Science*) en el establecimiento de prácticas mejores y habituales aceptadas por sus practicantes. Este problema se convierte en crucial, ya que la comunidad LCS explora meta-análisis como medio para proporcionar conocimientos sobre la dinámica de cambio de la tierra en la meso y macro escala.

²¹ Escala muy pequeña de microanálisis, donde los límites fijos tienen una dimensión característica.

²² RINDFUSS, Ronald R. *et al.*, ([2004], 39: 13976 – 13981)

Hablamos de un LCS en el que las ciencias ambientales, humanas, y la teledetección y GIS se unen para resolver distintas cuestiones sobre los cambios en el uso del suelo y de la cubierta terrestre, y que la comprensión de los impactos de estos cambios en la humanidad y en el medio ambiente son un avance importante²³.

El carácter integral del LCS es tal, que es difícil de conseguir y siempre requiere de otros enfoques basados en equipos con altos costes laborales, especialmente en los casos que parten de una «zona cero» en términos de equipos y datos²⁴.

El Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea establece una política compartida entre los Estados miembros sobre cohesión económica, social y territorial. Los componentes económico y social de la cohesión se han visto completados por el progresivo desarrollo del concepto de cohesión territorial, recogido en el Tratado de Lisboa²⁵.

La Estrategia Territorial Europea (ETE) fue aprobada en 1999 en la Conferencia Informal de Ministros de Postdam. Proporciona forma al proceso de armonización de las políticas territoriales europeas, contribuyendo al desarrollo sostenible. Objeto de revisiones y adaptaciones, la ETE dio lugar a la Agenda Territorial Europea (ATE), aprobada en Leipzig en 2007²⁶. La Agenda Territorial Europea 2020 (ATE 2020), es el principal instrumento de la política territorial de la Unión Europea. Una de las innovaciones destacadas para el cumplimiento de las metas de la ATE 2020, es el llamado *place-based approach*.

El *place-based approach* es un enfoque basado en la esencia y las características de cada lugar, como potencial de desarrollo endógeno, a partir del cual puede impulsarse procesos de cohesión territorial en las tres escalas: local, regional y nacional, y enfrentarse a los impactos del cambio global. La diversidad y el alto valor de los paisajes europeos aparecen como elementos destacados en este sentido²⁷.

²³ RINDFUSS, Ronald R. *et al.*, ([2004], 39: 13976 – 13981)

²⁴ *Ídem*

²⁵ Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. < <http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/desarrollo-territorial/el-desarrollo-territorial-en-el-ambito-europeo/union-europea/>>

²⁶ *Ídem*

²⁷ *Ídem*

La Red Europea de Observación sobre cohesión y desarrollo territorial, (antiguo Observatorio en Red para el Desarrollo Territorial Europeo, ESPON) es un programa de cooperación en el que participan 27 estados miembros y otros países asociados de Europa. Su objetivo es aumentar el conocimiento de las estructuras territoriales, las tendencias y los impactos de las políticas en el territorio europeo, y apoyar el desarrollo de las políticas europeas, nacionales y regionales, y contribuir a la formación de una comunidad científica atenta al desarrollo territorial europeo²⁸.

²⁸ Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. < <http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/desarrollo-territorial/el-desarrollo-territorial-en-el-ambito-europeo/union-europea/>>

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es realizar un análisis de los cambios de usos que han tenido lugar, en los municipios de San Cristóbal de La Laguna y Tegueste, desde el año 1956 hasta el año 2013.

Para ello, se analizará la tendencia que tuvo lugar en 1956 y la realidad actual del territorio, para obtener una serie de marcadores que nos darán las reglas para la elaboración de un territorio futuro real y otro ideal.

Elaborar un mapa que permita una evaluación espacio-temporal de los usos del suelo desde 1956 hasta la actualidad en ambos municipios.

Representar la cubierta vegetal de la zona de estudio teniendo en cuenta una clasificación en cuatro niveles (suelo desnudo, herbáceo, arbustivo y arbóreo), para evaluar el retroceso de la superficie agrícola.

Elaborar una cartografía que represente la pendiente y las cuencas de drenaje de los dos municipios, para establecer conexiones entre el tipo de vegetación, el porcentaje de pendiente, la cuenca hidrológica a la que pertenece y relacionar todos estos aspectos con la superficie dedicada a la agricultura y a la ganadería.

Elaborar cartografía de referencia de la permeabilidad e impermeabilidad del suelo utilizando mapas topográficos de 2004 y fotos aéreas de San Cristóbal de La Laguna y Tegueste, para observar el grado de infraestructuras construidas en los distintos municipios y el porcentaje de suelo propicio a la infiltración.

Todas estas consideraciones nos ayudarán a establecer los criterios que darán lugar a las reglas necesarias para la elaboración de la cartografía futura. Junto con el planeamiento, que aparece como un mediador entre el territorio real (territorio futuro que tendrá lugar sino realizamos los cambios adecuados a tiempo) y el territorio ideal (denominando así al territorio que se plantea en la Agenda Territorial Europea 2020), y que propone evitar la fragmentación de los grupos edificatorios optando siempre por su agrupación.

Una posible actuación conllevaría utilizar el planeamiento y la Normativa Territorial de Canarias como mediadores para evitar la fragmentación del suelo rústico y urbano, y por tanto la dispersión de la urbanización.

El propósito de los objetivos es, por tanto, elaborar una serie de mapas cartográficos (pendiente, cuenca de drenaje, vegetación y permeabilidad) que nos permitirán obtener un análisis de los cambios de usos desde 1956 hasta 2013 en Tegueste y San Cristóbal de La Laguna. También nos darán las reglas para obtener un mapa futuro real.

3. HIPÓTESIS

El territorio ideal se ve plasmado en la Agenda Territorial Europea 2020. Pretende la cohesión social, económica y territorial a escala de la Unión Europea. Fomenta las características de cada zona en particular, como potenciador del desarrollo endógeno, para impulsar procesos de cohesión en tres escalas: local, regional y nacional, y hacer frente al impacto del cambio global.

A escala local, los municipios de Tegueste y San Cristóbal de La Laguna muestran una serie de cambios de usos desde 1956 hasta 2013.

La cobertera vegetal, la pendiente y la permeabilidad del suelo presentan que las zonas de suelo desnudo se corresponden con zonas de poca pendiente ($>15\%$) y de máxima permeabilidad. Por el contrario, se espera que las zonas de mayor pendiente y difícil acceso, tengan una vegetación de mayor tallo (arbustiva y arbórea) y, también, que sean muy permeables como resultado de una escasa urbanización.

Las zonas impermeables se espera que correspondan con los núcleos urbanos donde se presenta una fragmentación del espacio y un reparto difuso de las infraestructuras.

En el año 1956 podemos observar grandes zonas de cultivo, que posteriormente se espera que se subdividan en el año 2013 en tres grandes usos: parcelas de abandono, invernaderos y mayor número de edificaciones y de viario.

Puede suponerse que se produce una intensificación de los usos del suelo, menor extensión mayor intensidad, lo que provoca un descenso de las zonas de cultivo. Por consiguiente, también se produce una intensificación de los sistemas de regadío.

En la actualidad, se mantienen muchas zonas de cultivo, pero se intercalan con muchas parcelas de invernaderos y nuevos depósitos de agua.

El viario y las construcciones del año 2013 han aumentado considerablemente consecuencia de un aumento de la población de ambos municipios.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores se espera, que los resultados obtenidos de los cambios de usos del suelo de Tegueste y San Cristóbal de La Laguna al finalizar este estudio, hayan aumentado hacia una urbanización del espacio en las zonas más llanas, de menos pendiente. En las zonas de mayor pendiente tendrá lugar una naturalización del territorio consecuencia de una escasa urbanización y de un abandono creciente de las parcelas de cultivo.

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. Material

4.1.1. Mapa Topográfico de Canarias 1: 5.000. 2004-2006

El Mapa Topográfico Regional de Canarias 1: 5.000, digital y vectorial, constituye la referencia básica para la ordenación del territorio y la actividad administrativa, en general y, por extensión, para cualquier diagnóstico territorial. Ha sido elaborado a partir de vuelos fotogramétricos a escala 1:18.000 mediante la aplicación de procesos de apoyo de campo, aerotriangulación, restitución fotogramétrica, edición digital y controles de calidad cartográficos. Contiene elementos básicos en 3D, curvas de nivel intermedias y curvas de nivel directoras. El Mapa Topográfico 1:5.000 cubre la totalidad del territorio canario y se suministra en hojas con una superficie de 1.250 Has (5.000 x 2.500 metros).

En su versión de fecha 2004-2006, está contenido en un fichero DGN (*Design*); si leemos éste en GIS nos provee de varios conjuntos de datos: anotaciones, puntos, líneas, polígonos y parches.

4.1.2. Ortofotografía Express. 2013

La Ortofotografía Express es una fotografía aérea corregida geoméricamente (ortorectificada). A diferencia de una imagen aérea, una ortofoto puede ser utilizada para realizar mediciones reales, ya que es una representación precisa de la superficie terrestre, en la que se han corregido las distorsiones inherentes a las imágenes aéreas. Las ortofotos combinan las características de detalle y cobertura temporal de las fotografías aéreas y la escala uniforme y precisión geométrica de los mapas. Esto permite a las ortofotos ser usadas en muchas ocasiones como fondo sobre el que se superponen los elementos de un mapa.

Las escalas utilizadas son 1:25.000 o 1:30.000, GSD²⁹ 35 cm y GSD 25 cm, han sido empleadas orientaciones directas de los vuelos y aerotriangulación, y han sido corregidas cromáticamente mediante procesos semiautomáticos. La OrtoExpress cubre la totalidad del territorio canario³⁰.

²⁹ *Ground Sample Distance* (Tamaño del pixel en el terreno)

³⁰ Fuente: IDECAN

4.1.3. Fotografía del Catastro. 1956

Imagen analógica digitalizada de 1956 monocromática que carece de cualquier tipo de rectificación o corrección, al contrario que las ortofotos, las distorsiones producen una representación imprecisa de la superficie terrestre³¹.

El llamado “Vuelo Americano” se realizó entre marzo de 1956 y septiembre de 1957. Su interés era militar. El conocimiento del terreno y la ubicación de las bases militares eran primordiales. España y EEUU llegaron a un acuerdo para la realización del llamado “Proyecto España”, cuyo objetivo fue obtener fotografías aéreas de todo el territorio nacional desde aviones militares. Este trabajo dio lugar a unos 60.000 fotogramas en blanco y negro a escala 1:33.000, que quedaron custodiados en el Centro Geográfico del Ejército hasta septiembre de 2011, fecha en la que se ha entregado al IGN (Instituto Geográfico Nacional) para convertirse en dominio público³².

El valor de estas fotografías del catastro incluye varios aspectos importantes³³ en la aplicación e interpretación de la ordenación del territorio:

- Las imágenes se tomaron en el momento en que se aprobó la primera Ley del Suelo (12 mayo de 1956) de España, donde toda construcción que no estuviese presente en las ortofotos de 1956 debía haber cumplido la normativa que regulaba el derecho a edificar y el valor del suelo.
- Sirve para clarificar los límites, o lindes, entre parcelas que en la actualidad han desaparecido por el abandono de los cultivos.
- Permite seguir la evolución del espacio geográfico en todos sus aspectos: urbanístico, agrícola, industrial, medioambiental,...

Para su utilización en GIS se hizo un trabajo de preparación previa que implicaba el recorte y limpieza de cada una de las fotografías. Luego, una geo-referenciación individualizada y la corrección geométrica en una escala uniforme 1: 5.000.

³¹ Fuente: Archivo Histórico Provincial, Santa Cruz de Tenerife

³² BARREIRO, Marcos (2012). *El vuelo americano*. <<http://www.kartenn.es/vuelo-americano/>>

³³ GARZA, Rosa (2012). *El vuelo americano de 1956 y la cartografía digital*.

<http://arablogs.catedu.es/blog.php?id_blog=1860&id_articulo=121310#.VXLQNYuG9zd>

Fotografías comparativas del suelo de Tegueste y San Cristóbal de La Laguna 1956-2013



4.1.4. Planeamiento

4.1.4.1. Plan General de Ordenación de San Cristóbal de La Laguna y el Plan General de Ordenación de Tegueste

Se constituye como el instrumento básico de ordenación urbanística integral de cada municipio. Su contenido puede ser objeto de alteraciones a través de un procedimiento de modificación o de revisión, para adecuar sus previsiones a la evolución de los factores económicos, sociales y culturales.

El PGO de La Laguna fue aprobado el 07 de octubre de 2004 por La Comisión de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente de Canarias³⁴. El PGO de Tegueste fue aprobado el 11 de mayo de 2011 por el Pleno del ayuntamiento en sesión extraordinaria³⁵. Ambos PGO están compuestos por una serie de documentos que posibilitan el cumplimiento de lo dispuesto en la LOTENC (Ley de Ordenación del Territorio y de Espacios Naturales de Canarias) y que atienden a las determinaciones de la clasificación, calificación y categorización del suelo, a la delimitación de los sectores,

³⁴ Plataforma Territorio Canario < http://www.territoriocanario.org/suelos-publico/plan/LGN/resumen_planeamiento>

³⁵ Plataforma Territorio Canario < http://www.territoriocanario.org/suelos-publico/plan/TGT/aprobado_fases?cid=71833>

a la definición de las Unidades de Actuación y a la adscripción de las diferentes actuaciones que se prevean³⁶.

4.1.4.2. Plan Insular de Ordenación de Tenerife (PIOT)

El PIOT es el instrumento básico de planificación del territorio y de los recursos naturales de la isla de Tenerife. El ámbito abarca la totalidad del territorio de la isla de Tenerife, incluyendo aguas circundantes de la isla hasta la cota batimétrica de 300 metros. El objetivo del PIOT son aquellos actos a través de los cuales se hacen efectivos el uso y las transformaciones del territorio. Como instrumento de mayor jerarquía en el ámbito de la isla, todos los restantes planes han de seguir las directrices y criterios que contiene³⁷.

4.1.4.3. Plan Territorial Especial de Ordenación del Paisaje de Tenerife (PTEOPT)

Instrumento básico para la mejora y protección del paisaje de la isla de Tenerife que se redacta en función del PIOT, con respecto a la ordenación de los recursos naturales, y que se ajusta a las determinaciones de las Directrices de Ordenación General de Canarias³⁸. La aprobación definitiva fue el 10 de noviembre de 2010. El ámbito territorial es la totalidad del territorio de la isla de Tenerife. Su misión fundamental es la preservación y mejora del paisaje natural y cultural, y el mantenimiento y mejora de las actividades desarrolladas sobre el territorio.

4.1.5. Servicios WMS de IDECAN

La Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDECAN) es un sistema informático integrado por diversos recursos (datos documentados, catálogos, visores Web,...) todos dedicados a gestionar la publicación de información geográfica producida por la Administración a través de internet (mapas, ortofotos, imágenes de satélite,...) y que permiten que un usuario pueda utilizarlos y combinarlos en su ordenador³⁹.

³⁶ PGO La Laguna. Adaptación básica. Texto Refundido (Octubre 2004)

³⁷ Cabildo de Tenerife. Planes Insulares <http://www.tenerife.es/planes/PIOT/adjuntos/Memoria_feb2011_1.pdf>

³⁸ Cabildo de Tenerife. Planes Insulares. <<http://www.tenerife.es/planes/PTEOPaisaje/PTEOPaisajeindex.htm>>

³⁹ Fuente: IDECAN <<http://www.idecanarias.es/documentacion/que-es-una-ide>>

El Web Map Service (WMS) produce mapas de datos espaciales a través de información geográfica. Permite la creación de una red de servidores distribuidores de mapas, a partir de los cuales los usuarios pueden construir mapas a medida. También pueden ser utilizadas realizando peticiones en forma de URLs (*Uniform Resource Locators*), donde aplicaciones de software libre (como GVSig) permiten acceso avanzado a la información sin necesidad de ser descargada⁴⁰.

Para facilitar el acceso a la información del IDECAN se ha desarrollado el visor. Es un navegador geográfico desarrollado con diversas tecnologías web que permite seleccionar diferentes servicios que quieran visualizar los usuarios, así como navegar y realizar operaciones sobre ellos⁴¹.

El Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) permite identificar las parcelas declaradas por los agricultores y ganaderos. También integra información de ámbito medioambiental como la Red Natura. Se ha convertido en una herramienta de gran utilidad en campos diferentes al agrario (infraestructuras, urbanismo,...), donde se hace uso continuo de las tecnologías más avanzadas en información geográfica⁴².

4.2. Método

Para la elaboración de este estudio se han realizado distintas etapas: etapa de documentación, etapa de SIG, y una última etapa de análisis y resultados.

La primera fase comprende la búsqueda de bibliografía y cartografía que posteriormente se utilizará en el estudio. Se comienza por lo más general buscando el máximo de información para luego ir filtrando la bibliografía más adecuada al trabajo. También se buscaron todas las capas necesarias para la elaboración de la cartografía básica necesaria.

⁴⁰ Fuente: IDECAN <http://www.idecanarias.es/documentacion/ogc_wms>

⁴¹ Fuente: IDECAN <http://www.idecanarias.es/>

⁴² Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/default.aspx>>

En una segunda fase diseñaremos en el programa de Sistemas de Información Geográfica, ArcGis, toda la cartografía necesaria eligiendo el modelo de representación más acorde al estudio.

Por último, con toda la información que se ha obtenido se realiza un análisis de los resultados, donde se valorarán las conclusiones obtenidas y se buscará la relación con los objetivos planteados al comienzo del estudio.

4.3. Método específico

Este apartado se centrará en una metodología concreta relacionada con SIG, donde se analizarán los métodos y las herramientas utilizadas.

El primer paso fue la búsqueda y descarga de las capas necesarias para la obtención de la información. La fuente de la que se extrajeron dichas capas fue del servicio de venta y descarga de Información Geográfica y Territorial de Canarias del GRAFCAN (Cartografía de Canarias S.A.). De esta web se obtuvieron los mapas topográficos 1:5.000 y las ortofotos.

Para la obtención de las fotos de 1956 de los municipios de San Cristóbal de La Laguna, de Tegueste y Santa Cruz de Tenerife, se acudió al Archivo Municipal Histórico de San Cristóbal de La Laguna. A partir de aquí se realizaron una serie de procesos para la obtención de las distintas capas que se necesitaban y que se explican a continuación.

4.3.1. Información base

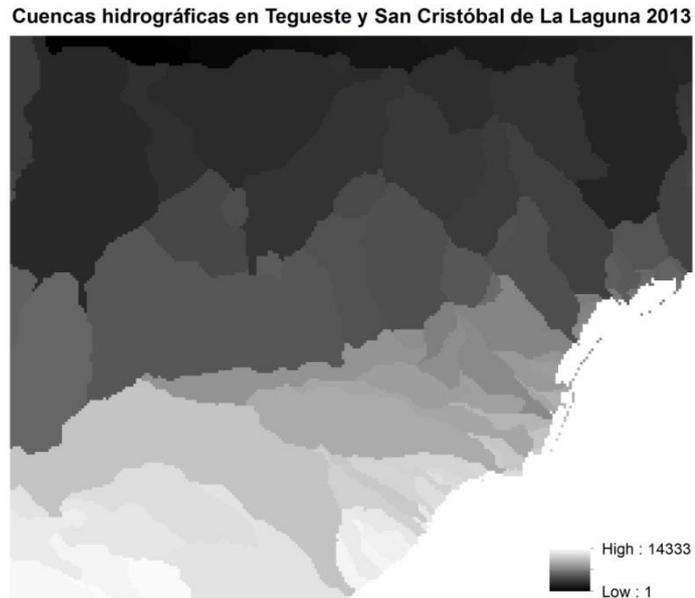
Los primeros pasos fueron la obtención de una cartografía base que se utilizó en los posteriores procesos. Se comenzó con una selección manual de todos los edificios y carreteras, donde se obtuvieron todas las zonas permeables. También se obtuvo del mapa topográfico la manzana cartográfica de todas las hojas que se utilizaron.

Con estas capas se pasó a la realización de otras mucho más elaboradas, como la vegetación, la pendiente y las cuencas hidrográficas, que posteriormente servirán para la realización de las reglas con las que obtendremos las estadísticas de los cambios de uso desde 1956 hasta 2013 y un mapa de usos futuro ideal.

4.3.2. Cuencas hidrográficas

Delineación de las cuencas de drenaje mediante la identificación de líneas de cresta entre las cuencas. Para la realización de ésta se tendrán en cuenta los datos de superficie (m^2).

FIGURA 1: Cuencas hidrográficas Tegueste y San Cristóbal de La Laguna, 2013



Podemos diferenciar dos tipos de Valles, de Tegueste y de La Laguna. El Valle de Tegueste que desemboca por Bajamar y Punta Hidalgo, al noreste de la isla de Tenerife. El Valle de La Laguna desemboca por Santa Cruz de Tenerife, al sureste de la isla.

FIGURA 2: Valles de Tegueste y San Cristóbal de La Laguna, 2013

VALLE DE TEGUESTE Y VALLE DE SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA 2013



La zona de estudio correspondiente al Valle de La Laguna (véase figura 2) cuenta con una superficie media de 61.161 metros cuadrados, y la zona del Valle de Tegueste cuenta con 200.896 metros cuadrados. Con la información obtenida de las cuencas de drenaje tendremos un dato más para la realización de las reglas del territorio futuro ideal.

4.3.3. Vegetación

Se establecen escalas comunes para el análisis del fenómeno que se quiere estudiar, en este caso la clasificación de las fotografías aéreas del año 2004 nos servirán para la realización de un mapa de vegetación donde se distinguirán cuatro niveles (suelo desnudo, herbáceo, arbustivo y arbóreo). En los procesos siguientes nos servirá de regla para el territorio futuro.

FIGURA 3: Reclasificación de la vegetación San Cristóbal de La Laguna y Tegueste, 2013

Reclasificación de la vegetación de San Cristóbal de La Laguna y Tegueste 2013

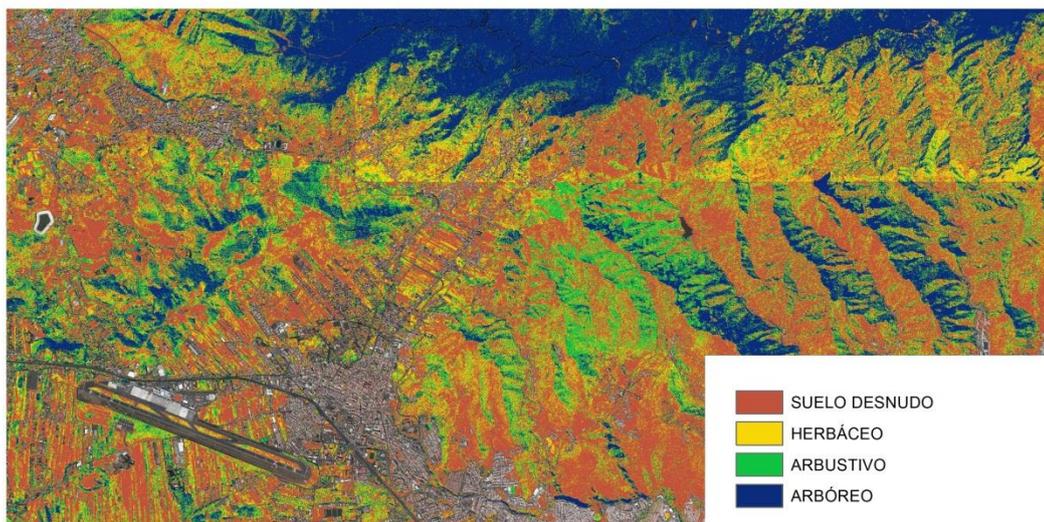


TABLA 1: Vegetación en cuatro niveles San Cristóbal de La Laguna y Tegueste, 2013

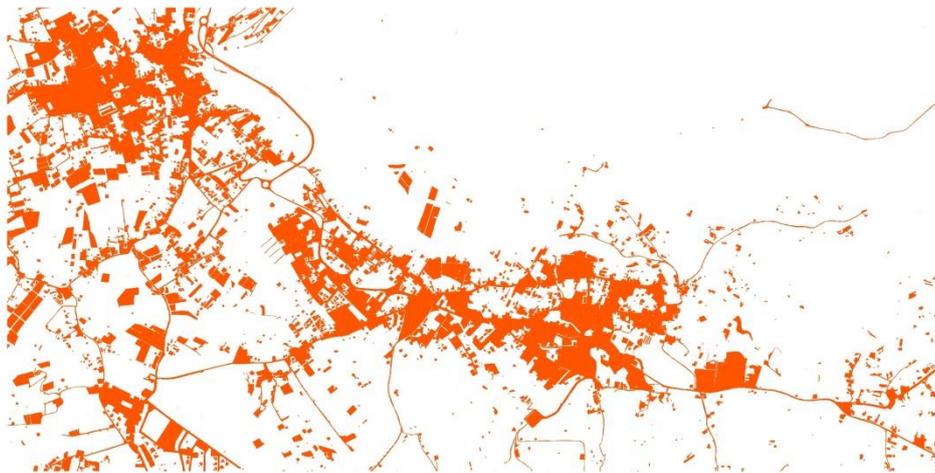
	OID	CLASSIFY	Count CLASSIFY	Average SUP	Sum SUP
▶	0	ARBÓREO	203858	11,7037	2385889,36
	1	ARBUSTIVO	506481	3,5272	1786459,74
	2	HERBÁCEO	584104	3,7584	2195305,52
	3	SUELO DESNUD	275927	14,6659	4046727

Como podemos observar en la tabla de vegetación las mayores extensiones de terreno se corresponden con el suelo desnudo. Hay que tener en cuenta que ha sido retirada toda la zona impermeable de la ciudad, para obtener unos resultados con mayores matices. Gran parte de este suelo es aquel dedicado a los cultivos. Las bandas de vegetación herbácea se limitan a zonas con cultivo en crecimiento, y zonas de abandono reciente, pero sobre todo junto con la vegetación arbustiva, se encuentran en las lindes de las parcelas de cultivos. La vegetación arbustiva y la arbórea, la encontramos en los fondos de valle y en las zonas de pendiente más escarpada, siempre en las vertientes de barlovento donde las condiciones climáticas favorecen su crecimiento.

4.3.3. Permeabilidad

FIGURA 4: Suelo impermeable Tegeste y San Cristóbal de La Laguna, 2013

Suelo impermeable en Tegeste y San Cristóbal de La Laguna (hoja 04D) 2004-2006

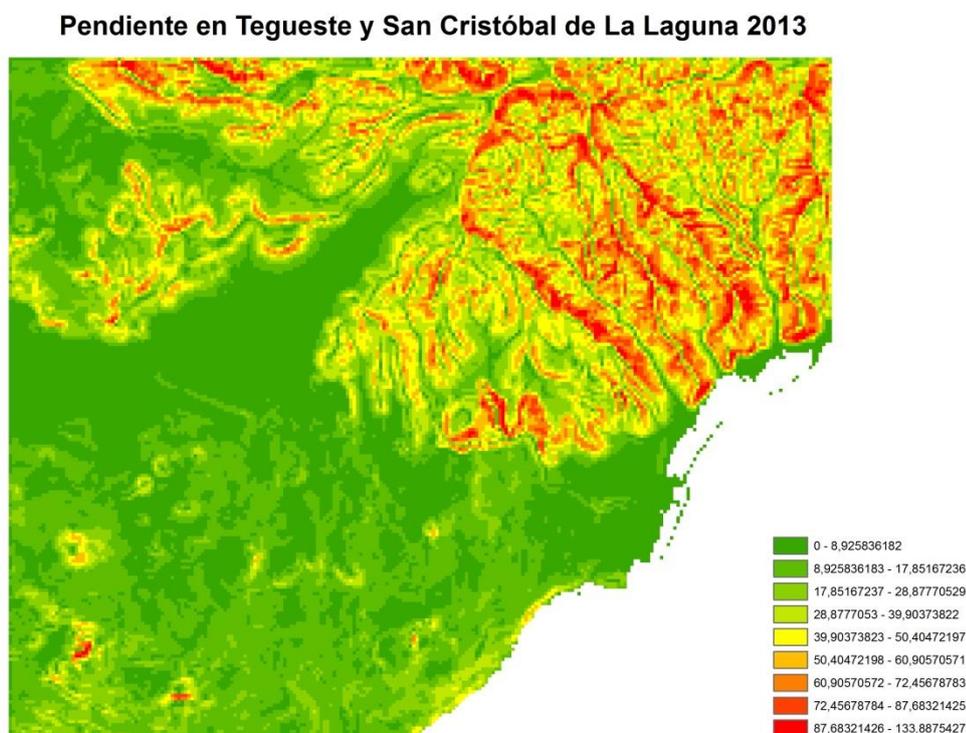


Otra de las características que debemos tener en cuenta en el territorio actual y que repercutirá en el territorio futuro, es la impermeabilidad del suelo, todas aquellas zonas que no son perceptibles de infiltración. Por tanto, estas partes corresponden a infraestructuras de todo tipo y viarios. La superficie de suelo impermeable es de aproximadamente 203 hectáreas en la zona objeto de estudio.

4.4.4. Pendiente

La pendiente constituye una de las reglas más importantes a tener en cuenta. A partir de esta variable tendrá lugar la dispersión de las infraestructuras y por tanto, de las zonas impermeables, el reparto de la vegetación y también, de los usos que tengan lugar.

FIGURA 5: Pendiente Teguste y San Cristóbal de La Laguna, 2013



4.4.5. Cambios de usos

A través de los mapas topográficos se procedió a la creación de varias columnas donde se reflejaba que tipo de cambio había tenido lugar. Se llevó a cabo una selección manual, elemento por elemento, a través de la cual se transcribía la información. Una vez llevado a cabo todo el proceso manual, se procedía a realizar distintas tablas que resumían toda la información.

Todos los materiales obtenidos (tablas y gráficos) junto a los mapas anteriormente nombrados darán lugar a las reglas que propiciarán la aparición del territorio ideal.

En el siguiente gráfico podemos observar los tipos de usos que tuvieron lugar en el año 1956. Existen cinco tipos de usos, tres de ellos se corresponderían con un proceso urbanizador y uno, con un proceso hacia la naturalización.

En el año 1956, 805 hectáreas de la zona de estudio se dedicaban a agricultura y 3.2 hectáreas (aproximadamente 120 infraestructuras) a depósitos de agua. Las zonas más altas que no eran cultivables o que eran de difícil acceso seguían su estadio natural (monte). La superficie dedicada a infraestructuras, viario y construcciones, se corresponde con 33.64 y 6.78 ha respectivamente.

GRÁFICO 1: Usos del suelo en Tegueste y San Cristóbal de La Laguna 1956



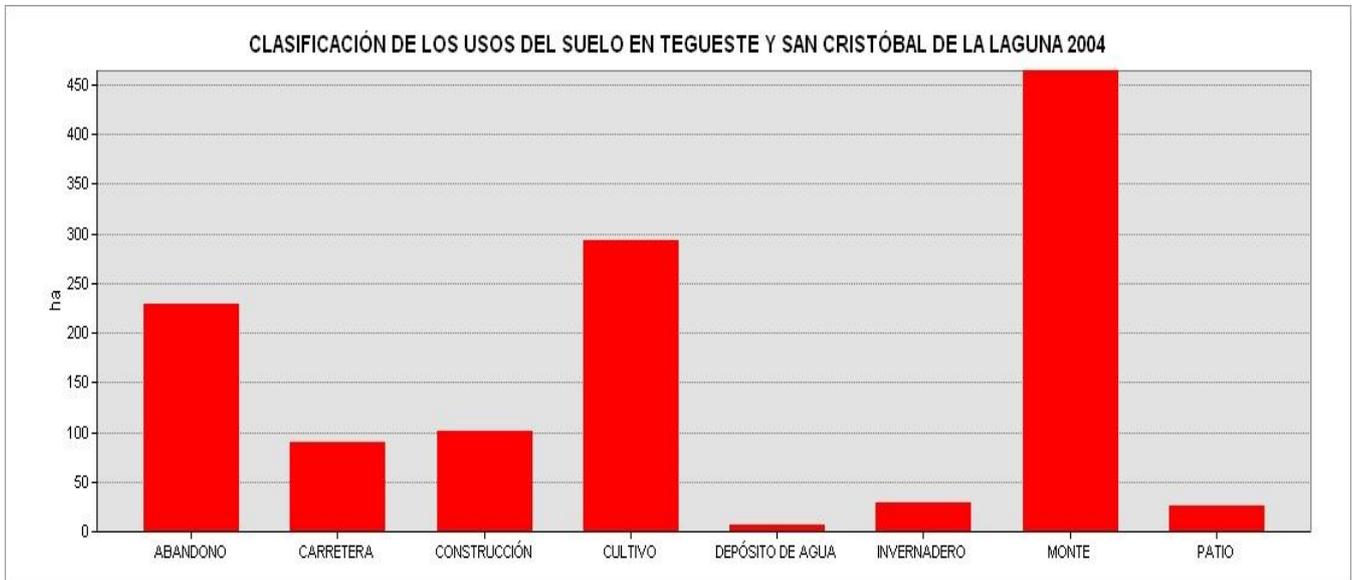
A continuación, se presentan los tipos de usos que tienen lugar en el año 2004. A partir de los cinco usos anteriores se desarrollan tres usos más, resultado de la urbanización e intensificación del territorio.

El cultivo pierde superficie (292 ha) y aparecen los invernaderos (29,15 ha) como sistema de intensificación de la agricultura. El sistema de regadío también se ve afectado por los cultivos intensivos por lo que aumenta el número de infraestructuras de este tipo (265 depósitos de agua).

En el proceso urbanizador, aparece un aumento de las construcciones con patios y jardines dedicados al ocio en familia (urbanizaciones de adosados). Aproximadamente, 126 ha son ocupadas por las infraestructuras, territorios que antes ocupaban tiras de parcelas de uso agrícola. La red viaria también aumenta (de 33 ha a 90 ha), como resultado de un aumento disperso de la urbanización.

La naturalización también tiene lugar. La superficie de territorio natural aumenta (464 ha de monte) y el abandono aparece como un tipo más de cambio con 228 hectáreas que antes pertenecían a usos de abastecimiento de alimentos.

GRÁFICO 2: Usos del suelo en Tegeste y San Cristóbal de La Laguna 2004



En la siguiente tabla resumen se muestran los cambios que tuvieron lugar de 1956 a 2013 por superficie (ha).

TABLA 2: Cambios de uso en San Cristóbal de La Laguna y Tegeste de 1956 a la actualidad por superficie.

OID	CAMBIOS2	Count CAMBIOS2	Average Sup ha	Sum Sup ha
0	CULTIVO - ABANDONO	946	0,2394	226,47
1	CULTIVO - CULTIVO	1619	0,1808	292,66
2	CULTIVO - INFRAEST	6474	0,0326	210,89
3	CULTIVO - MONTE	163	0,4119	67,14
4	INFRAEST - ABANDONO	4	0,3975	1,59
5	INFRAEST - INFRAEST	733	0,0564	41,37
6	MONTE - CULTIVO	2	0,125	0,25
7	MONTE - INFRAEST	23	0,0117	0,27
8	MONTE - MONTE	70	5,6757	397,3
9	NO CLASIFICADOS	1937	0,0048	9,27

Como podemos observar, tuvieron lugar 9 tipos de cambios. Aquellos que dieron lugar a un cambio de suelo agrícola a suelo urbano (cultivo – infraestructuras) o a natural

(cultivo – monte), aquellos en los que cambio de suelo urbano a natural (infraestructuras – abandono) y aquellos en los que cambio de natural a urbano (monte – infraestructuras) o a agrícola (monte – cultivo). Tres tipos de cambio dieron lugar al mismo tipo, es decir, no tuvo lugar un cambio de un nivel a otro (urbano – agrícola – natural), pero sí pudo haber una intensificación, como veremos más adelante, de los usos que tuvieron lugar. Y una variedad se corresponde con aquellos polígonos menores a 20 metros cuadrados denominados no clasificados (9.27 ha).

En la tabla y gráfico número 3, los cambios han sido agrupados en tres grandes grupos: natural (n) agrícola, (a) y urbano (u). Los cuatro grandes grupos, los más significativos, son los que pasan de agrícola a otro grupo (aa, an, au), y el grupo que se mantiene constante en natural (nn).

TABLA 3: Tipos de cambio de usos en San Cristóbal de La Laguna y Tegeste de 1956 a la actualidad

	OJD	TIPOS	Count TIPOS	Average Sup ha	Sum Sup ha
▶	0	aa	1878	0,1559	292,82
	1	an	1054	0,2743	289,08
	2	au	6525	0,0331	216,11
	3	na	4	0,09	0,36
	4	NC	1682	0,005	8,4
	5	nn	70	5,6757	397,3
	6	nu	21	0,0076	0,16
	7	un	9	0,1978	1,78
	8	uu	728	0,0566	41,2

GRÁFICO 3: Tipos de cambio de usos del suelo en Tegeste y San Cristóbal de La Laguna 2004



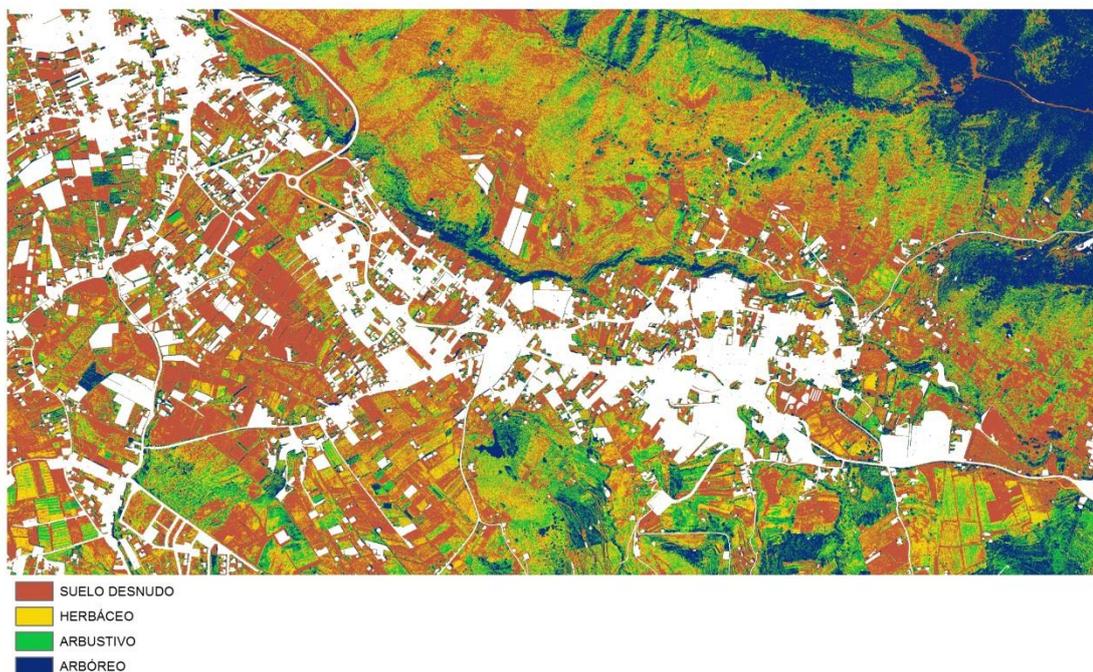
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras la realización de todos los modelos de datos necesarios en San Cristóbal de La Laguna y Tegueste, desde 1956 hasta la actualidad, se obtienen una serie de resultados.

La reclasificación de las distintas ortofotos en suelo desnudo y los niveles herbáceo, arbustivo y arbóreo muestran una clara dominancia del suelo carente de vegetación en todo el mapa, resultado de la utilización del suelo para cultivo en las zonas más llanas de este sector. Las partes más elevadas pertenecientes, sobre todo al Macizo de Anaga, se resumen en una dominancia del nivel arbóreo. Mientras en las zonas de mayor pendiente y a barlovento, también se relacionan con vegetación arbórea y arbustiva, consecuencia de una menor probabilidad de cultivos, y por tanto, de suelo desnudo.

FIGURA 6: Reclasificación de la vegetación San Cristóbal de La Laguna y Tegueste, 2013

Clasificación de la vegetación de San Cristóbal de La Laguna y Tegueste (hoja 04D) 2013



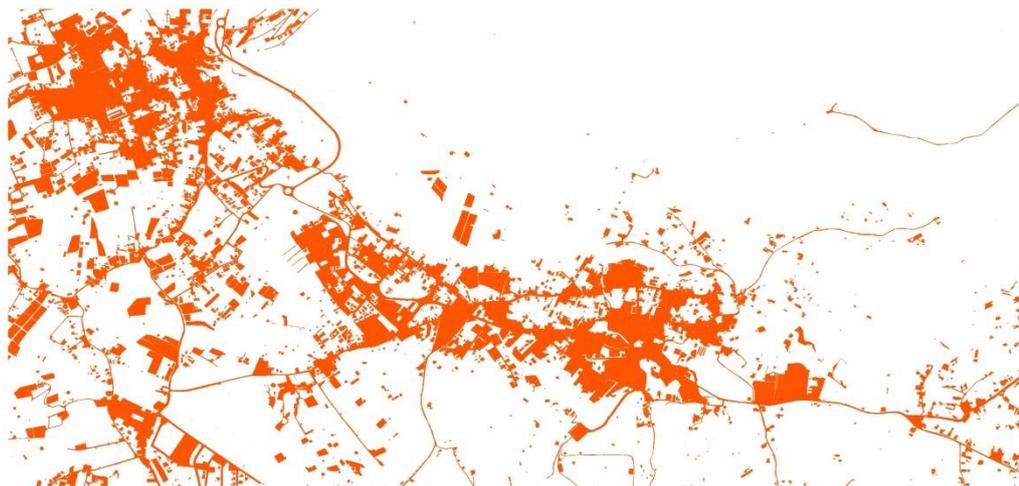
Las zonas más llanas, principalmente La Vega lagunera, muestran como el suelo propicio para el cultivo se apropia de todo el territorio llano posible, en un intento de aprovechamiento máximo del suelo, donde se interrelacionan los conceptos de intensidad y extensión.

San Cristóbal de La Laguna es un ejemplo de crecimiento horizontal, donde se practican extensas superficies de cultivo en tiras denominadas suertes, y como consecuencia, se comienza la fragmentación de espacio natural y rural. Este será uno de los puntos clave en el desarrollo insostenible de la ciudad.

La distribución de suelo permeable se distingue por zonas dependiendo de los distintos mapas topográficos que observemos. Los mapas correspondientes al centro de San Cristóbal de La Laguna muestran una mayor proporción de suelo impermeable como resultado de una mayor urbanización. La extensión de la ciudad horizontalmente también ha provocado que las zonas impermeables se hallen repartidas por todo el plano en el entorno de la ciudad, siempre de manera difusa y a lo largo de carreteras o caminos.

FIGURA 7: Suelo impermeable en San Cristóbal de La Laguna y Tegueste, 2013

**Suelo impermeable en Tegueste y
San Cristóbal de La Laguna (hoja 04D) 2004-2006**



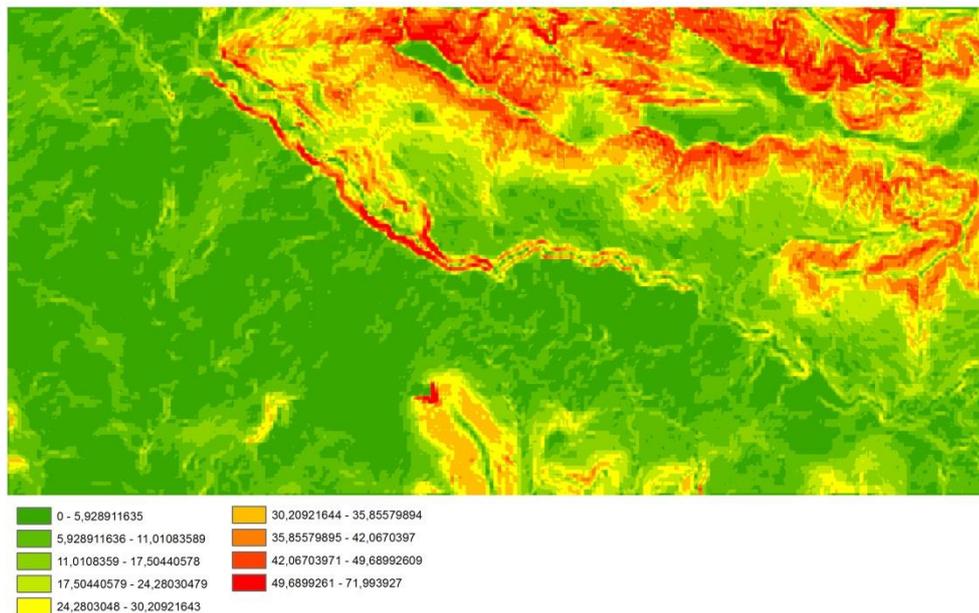
La distribución del suelo permeable se encuentra en las zonas llanas, de cultivos, y las zonas más altas de pastos y montes.

Con respecto al año 1956, y tras la observación de las distintas fotografías analógicas digitalizadas, se observa un aumento de las zonas impermeables, es decir, de la

urbanización, tanto en cuanto a construcciones como a carreteras. Las zonas permeables, por tanto, han sido reducidas.

FIGURA 8: Pendiente en Tegeste y San Cristóbal de La Laguna 2013

Pendiente en Tegeste y San Cristóbal de La Laguna (hoja 04D) 2013



La pendiente es otra de las capas fundamentales para obtener las reglas que caracterizan los cambios de usos del suelo de la zona de estudio. Podemos encontrar desde zonas con poca pendiente hasta zonas muy escarpadas con un 70% de pendiente. Las zonas más inaccesibles se corresponden con vegetación arbustiva y arbórea, y poca urbanización. Las zonas más llanas son rellenadas por las construcciones el viario y las parcelas de cultivo distribuidas en grandes tiras de terreno.

Tras la obtención de los distintos resultados en cuanto a la vegetación y la impermeabilidad del suelo, se procedió a un estudio de los cambios de uso del suelo en San Cristóbal de La Laguna comparando el año 1956 con la actualidad, 2013.

De forma general, se puede decir que los usos del suelo en 1956 estaban relacionados con el aprovechamiento de la tierra para cultivos. Así, aunque la intensidad de los cultivos no era la mayor posible, sí que aprovechaban al máximo el espacio, cubriendo

la mayor extensión posible de suelo y, por tanto, las necesidades alimentarias de la población.

FIGURA 9: Clasificación de los usos del suelo en Tegueste y San Cristóbal de La Laguna 1956



Con el paso de los años, distintas zonas agrícolas comienzan a ser abandonadas. Muchas de ellas serán cubiertas por la urbanización pero otras, serán recolonizadas, de tal manera que volverán a formar parte del entorno natural.

En cuanto a las características agrícolas que tenía la ciudad, los depósitos de agua han aumentado, aunque es cierto que la fotografía no nos determina con seguridad si siguen en uso o no. Las parcelas cultivadas se han reducido notablemente pero ha aumentado la intensificación de la agricultura con la creación de invernaderos, que antes no encontrábamos. Esto está relacionado también, con los avances en los sistemas de regadío, al necesitar mayores cantidades a agua como resultado de la intensificación de los cultivos.

También hay que añadir que muchas zonas forestales se han visto reducidas con el avance de la urbanización, y de la construcción de vías de servicio que permitan la llegada a lugares antes inaccesibles.

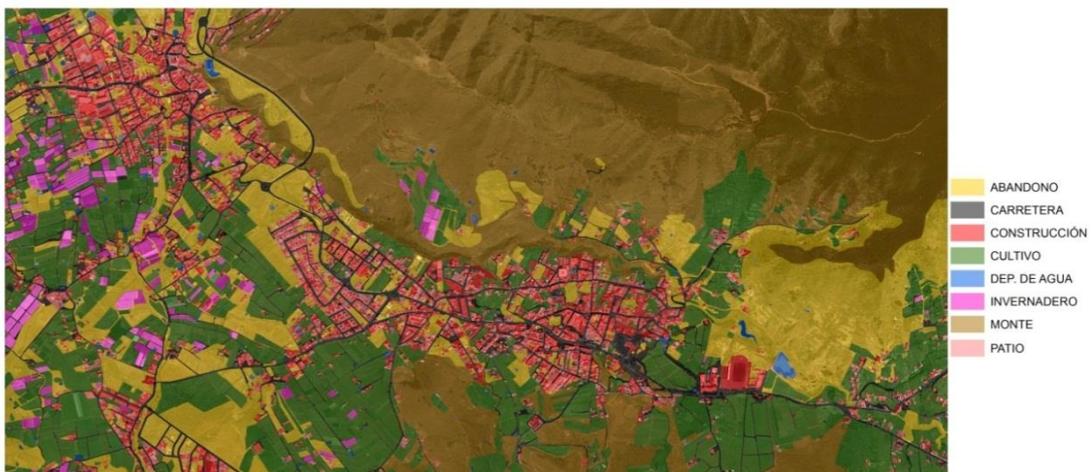
Por el contrario, muchas zonas mantienen el mismo uso que en 1956. Esto, sobre todo, se puede observar en las zonas de cultivo, que quizás hoy en día tienen mayor intensificación con invernaderos, pero se siguen manteniendo muchas parcelas con la misma superficie que antes.

Muchas de las construcciones que ya existían se mantienen, o por ende, han sido retiradas y se volvió a construir sobre la misma parcela. Lo mismo ocurre con las carreteras, se mantienen los mismos caminos de tierra que hace cincuenta años con la consecuencia de que hoy en día son impermeables.

Esto también se puede observar en los montes que probablemente hayan aumentado por, como se dijo anteriormente, la recolonización natural del espacio.

FIGURA 10: Clasificación de los usos del suelo en Tegueste y San Cristóbal de La Laguna 2004

**Clasificación de los usos del suelo en Tegueste
y San Cristóbal de La Laguna 2004**



En la figura 10, podemos observar los ocho tipos de cambios que se dan en la zona de estudio. Los colores verdes se corresponden con usos que eran agrícolas, los amarillos con usos naturales y los naranjas con usos urbanos, y todos ellos pasan a otro subgrupo.

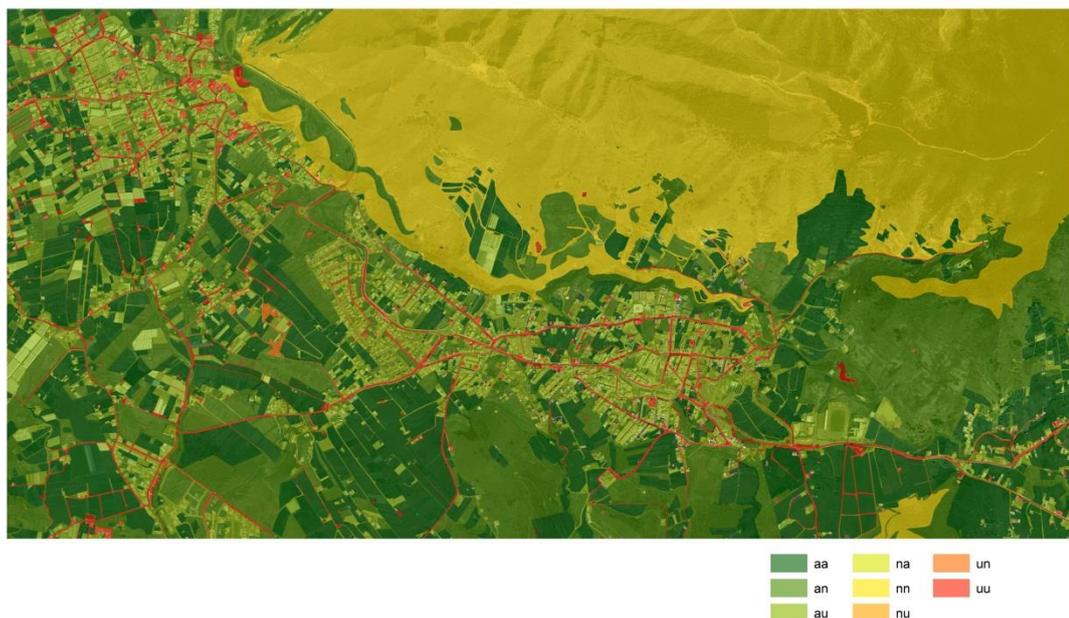
El subgrupo agrícola-agrícola (aa) ocupa un total de 292 ha. Podemos encontrarlo en las zonas de pendiente inferior al 10% y está ocupado por una vegetación herbácea y

arbustiva en las lindes y por suelo desnudo en las parcelas de cultivo en crecimiento. El agrícola-natural (an) lo encontramos en zonas de pendiente inferior al 15% y ocupa 289 ha. Se corresponde con parcelas agrícolas abandonadas que sufren una recolonización natural. Otro de los subgrupos de mayor extensión es el agrícola-urbano (au), que ocupa aproximadamente 216 ha, tiene una pendiente inferior al 7% y es el espacio ocupado por todas las infraestructuras y viario de la zona de estudio. Aquí también se incluyen los invernaderos (29 ha), cuyo porcentaje ha aumentado considerablemente como resultado de la intensificación de la agricultura.

Los subgrupos: natural-agrícola (na) y natural-urbano (un), no llegan a la superficie de una hectárea. Natural-agrícola tiene una pendiente inferior al 10%, serían aquellas zonas de vegetación natural que se utilizaron para aprovechamiento agrícola. Natural-natural (nn) tiene pendientes de hasta un 30%, y se corresponde con la mayor extensión de terreno, 397ha. Es la zona con mayor pendiente, y por tanto, los cambios que tienen lugar a consecuencia de la urbanización no le afectan tanto. La vegetación que corresponde con esta zona es arbórea y arbustiva, lo que tampoco favorece el acceso de la urbanización.

FIGURA 11: Clasificación de los tipos de usos de suelo en Tegueste y San Cristóbal de La Laguna 2004

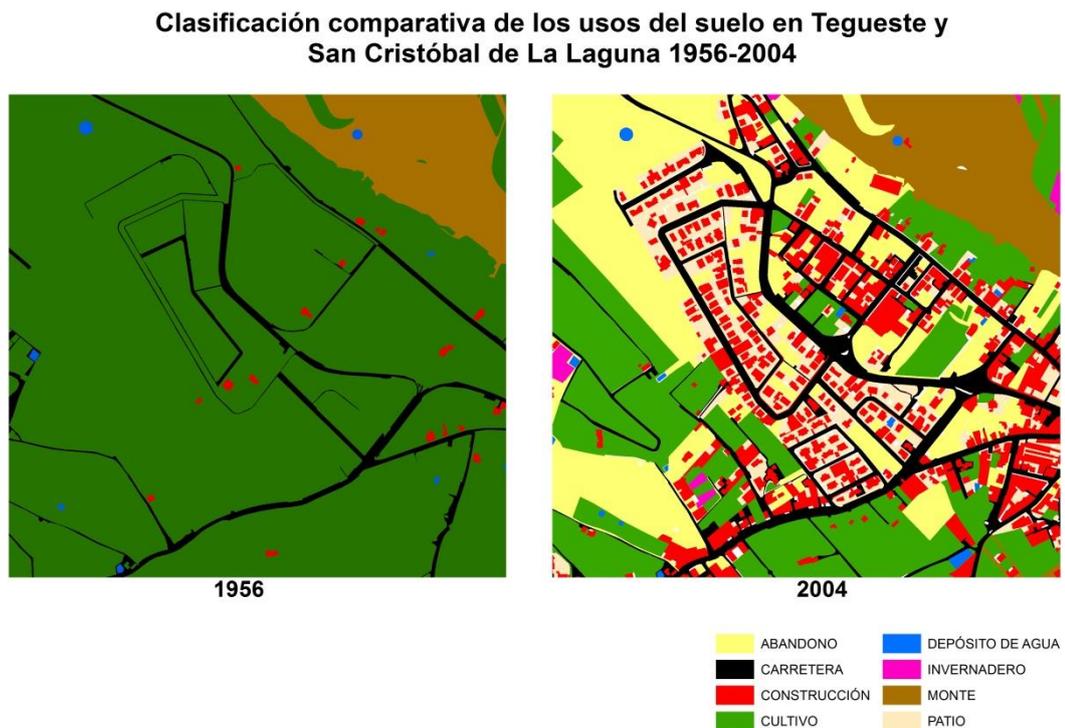
Tipos de cambio de usos del suelo en Tegueste y San Cristóbal de La Laguna 2004



La figura 12 nos muestra una comparativa de la misma zona en el año 1956 y otra en el año 2004. Se observa claramente el proceso urbanizador, donde se distingue un tipo económicamente mayor con chalets adosados con patios y, otra zona de casas unifamiliares de clase media.

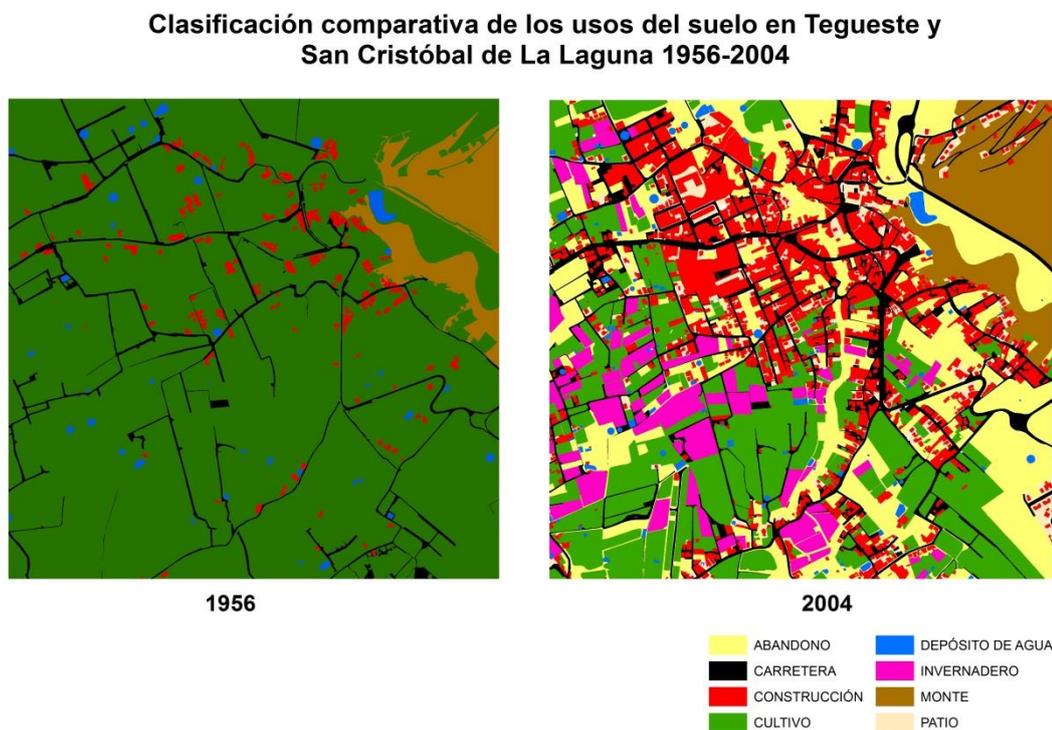
Es claro el descenso del terreno agrícola de cultivo para sustituirla por la urbanización, reclamada tanto por el crecimiento de la población como por los avances urbanísticos. El viario, aunque sigue la estructura de los caminos de 1956, ahora se encuentra impermeabilizado y con mejoras que implican el ensanche de las calles. Las construcciones en 1956 eran escasas, eran pequeñas casas con terrenos de cultivo anexos a los que se dedicaban los propietarios. Cerca de las urbanizaciones aparecen terrenos en abandono, que indican que serán urbanizados en siguientes procesos de crecimiento de la ciudad.

FIGURA 12: Clasificación comparativa de usos de suelo en Tegueste y San Cristóbal de La Laguna 1956-2004



Otro caso más centrado en San Cristóbal de La Laguna (véase figura 13), muestra como en 1956 había algunas construcciones más que en el caso anterior (con mayor zona perteneciente a Tegeste). También cuenta con mayor espacio dedicado al viario, y se ve también una mayor cantidad de depósitos de agua esparcidos por las distintas parcelas de cultivo. En la actualidad esta zona, aunque también ha sido urbanizada en torno a los viarios más importantes, dispone de muchas parcelas que pasaron de cultivos extensivos a grandes invernaderos con una clara intensificación del espacio. Y por ende, las zonas que rodean la urbanización se encuentran en abandono, convirtiéndose en terrenos baldíos o en muchos otros casos, en solares predispuestos a ser urbanizados.

FIGURA 13: Clasificación comparativa de usos de suelo en Tegeste y San Cristóbal de La Laguna 1956-2004



Después de todas las consideraciones que han sido tenidas en cuenta, se podrá llegar a la realización de una posible actuación en dicho espacio, para que no prosiga hacia el territorio real futuro que va a tener lugar.

Así, se podrá obtener un territorio ideal, como los que se plantea en la Agenda Territorial Europea 2020, donde se fomente las características de la zona de estudio,

para potenciar el desarrollo endógeno, impulsar procesos de cohesión en las tres escales: local, regional y nacional, y poder hacer frente al impacto del cambio global.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos llevan a una serie de conclusiones sobre los cambios de usos del suelo de Tegueste y San Cristóbal de La Laguna desde 1956 hasta la actualidad, 2013.

Como se esperó en la hipótesis, el suelo desnudo se correspondía con zonas de poca pendiente y de máxima permeabilidad. Las zonas de mayores pendientes y, más escarpadas, se correspondían con vegetación de mayor porte como la arbustiva y la arbórea. Las zonas impermeables coincidían con los núcleos urbanos donde había mayor presencia de fragmentación del espacio. En el año 1956, había grandes zonas de cultivo que luego pasaron a ser zonas de abandono, invernaderos y construcciones.

Los mapas de cobertura vegetal, pendiente e impermeabilidad del suelo muestran que las zonas de suelo desnudo se corresponden con pendientes inferiores al 8% y son zonas de permeabilidad máxima. Las zonas con mayor pendiente y difícil acceso, tienen una vegetación, sobre todo, arbustiva y arbórea, y son zonas de mucha permeabilidad como resultado de la inexistencia de urbanización. Las zonas impermeables tienen mayor porcentaje en los centros de los núcleos urbanos, que van en aumento y que además presentan una fragmentación del espacio dando lugar al término *Urban Sprawl*. Éste es un crecimiento difuso y no concentrado. Se fragmenta el espacio natural y rural. Se consumen más energías, y por tanto, se produce una mayor cantidad de residuos.

Desde el año 1956 hay claros cambios que han afectado al espacio. Las zonas de cultivo se dividieron en tres grandes grupos: abandono, invernaderos y construcciones. La intensificación de los usos del suelo, menor extensión mayor intensidad, provocó un descenso de las zonas de cultivo extensivo. Así, se utilizó estos terrenos para el crecimiento de la ciudad, como demanda del crecimiento de la población, y su crecimiento horizontal difuso.

En la actualidad se mantienen muchas de las parcelas de cultivo, aunque con mayor intensificación gracias a la creación de los invernaderos y de los nuevos sistemas de regadío. Las construcciones existentes hace casi 60 años se mantienen, llevándolas a la mejora o rehabilitación, al igual que el viario que mantiene la estructura del año 1956 pero ha tenido mejoras considerables.

Para todo esto se propone reinstalar los sistemas naturales, evitando el avance de las zonas impermeables que conllevan a una mayor fragmentación de la ciudad.

La integración de estrategias de sostenibilidad donde se persigan distintos objetivos generales. Un modelo urbano sostenible, fomentar la diversidad de espacios, el uso eficiente del patrimonio que ya sea construido, favorecer el acceso a la naturaleza, mejorar la accesibilidad a los equipamientos,...

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y OTRAS

7.1. Referencias bibliográficas

AYUNTAMIENTO DE SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA. Reseña histórica. Disponible en: http://www.aytolalaguna.es/preview/node_1943.jsp.

CALERO MARTÍN, Carmen Gloria. *La Laguna. Desarrollo urbano y organización del espacio (1800-1936)*. Tesis doctoral dirigida por Ramón Pérez González. La Laguna: Universidad de La Laguna, 1999.

CRIADO HERNÁNDEZ, Constantino. *Breve e incompleta historia del lago de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna*. La Laguna: Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna, 2002.

ERB, Karl-Heinz *et al.*: «A conceptual framework for analysing and measuring land-use intensity», en *Current Opinion in Environmental Sustainability* [en línea], n.º 5, 2013, pp. 464 – 470 [consulta: 18/11/2014]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343513000894>.

FERNÁNDEZ PERAZA, Carlos J. y Carlos S. MARTÍN FERNÁNDEZ: «Cambios de usos del suelo en espacios periurbanos de alta calidad agronómica en canarias: la vega lagunera (Tenerife) como ejemplo», *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales* [en línea], vol. XIX, n.º 1078, 2014. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1078.htm>.

GARCÍA HERRERA, Luz Marina y Wladimiro RODRÍGUEZ BRITO. La Vega de La Laguna: la conversión de un espacio rural en urbano. In *VI Coloquio de Geografía*. Palma de Mallorca: Universidad de Palma de Mallorca, Departamento de Geografía, p. 373-378.

LAMBIN, Eric F. *et al.*: «The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths», en *Global Environmental Change* [en línea], n.º 11, 2001, pp. 261-

269 [consulta: 05/10/2014]. Disponible en: <http://www.journals.elsevier.com/global-environmental-change>.

MEJÍAS VERA, Miguel Ángel: «How to measure the urban sprawl phenomenon through landscape indicators: an application to the island of Tenerife», *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* [en línea], n.º 62, 2013, pp. 441 – 444. Disponible en: <http://www.boletinage.com/articulos/62/21-MEJIAS.pdf>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Unión Europea [en línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/desarrollo-territorial/el-desarrollo-territorial-en-el-ambito-europeo/union-europea/>>

OSTROM, Elinor *et al.*: «Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges», en *Science* [en línea], 2014, pp. 278 – 284 [consulta: 25/02/2015]. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/content/284/5412/278.full.html#ref-list-1>.

PÉREZ GONZÁLEZ, Ramón. *Estructura urbana de La Laguna*. Tesina. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de La Laguna, 1970.

PERRINGS, Charles: «Future challenges», *The National Academy of Sciences of the USA* [en línea], vol. 104, n.º 19, 2007, pp. 15179 – 15180 [consulta: 22/10/2014]. Disponible en: <http://www.pnas.org/content/104/39/15179>.

RINDFUSS, Ronald R. *et al.*: «Developing a science of land change: Challenges and methodological issue», *The National Academy of Sciences of the USA* [en línea], vol. 101, n.º 39, 2004, pp. 13976 – 13981 [consulta: 25/11/2014]. Disponible en: <http://www.pnas.org/content/101/39/13976.full>.

TURNER II, B.L. *et al.*: «Land system architecture: Using land systems to adapt and mitigate global environmental change», en *Global Environmental Change* [en línea], n.º 23, 2013, pp. 395 – 397 [consulta: 27/10/2014]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378012001495>.

VALERA LOZANO, A. *et al.*: Cincuenta años de crecimiento urbano (1956-2006) y pérdida de suelo en la franja litoral del área metropolitana de Valencia, *Revista Cuatrimestral de Geografía* [en línea], n.º 92, 2013, pp. 261 – 273. Disponible en: <<http://www.unioviado.es/reunido/index.php/RCG/article/view/10140/9815>>

VELDKAMP, A. y LAMBIN, E.F.: «Predicting land-use change», *Agriculture, Ecosystems and Environment* [en línea], n.º 85, 2001, pp. 1 – 6 [consulta: 18/12/2014]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880901001992>.

VERBURG, Peter H. *et al.*: «Land System Science: between global challenges and local realities», *Current Opinion in Environmental Sustainability* [en línea], n.º 5, 2013, pp. 433 – 437 [consulta: 07/12/2014]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343513000936>.

WÄSTFELT, Anders y Wolter ARNBERG: «Local spatial context measurements used to explore the relationship between land cover and land use functions», *Internacional Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* [en línea], n.º 23, 2013, pp. 234 – 244 [consulta: 15/01/2015]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243412001973>.

7.2. Referencias cartográficas

GOBIERNO DE CANARIAS, [Tenerife, 2004-2006]. *Mapa Topográfico*: hojas TF04D, TF05C, TF05D, TF08B, TF08D, TF09A, TF09B, TF09C, TF09D, TF12B, TF12D, TF13A, TF13B y TF13C, Tenerife: La Laguna y Tegueste. ITRF93, WGS84, REGCAN95 (versión 2001), UTM Huso 28. [Archivo 074_tf04d.dgn, archivo 074_tf05c.dgn, archivo 074_tf05d.dgn, archivo 074_tf08b.dgn, archivo 074_tf08d.dgn, archivo 074_tf09a.dgn, archivo 074_tf09b.dgn, archivo 074_tf09c.dgn, archivo 074_tf09d.dgn, archivo 074_tf12b.dgn, archivo 074_tf12d.dgn, archivo 074_tf13a.dgn, archivo 074_tf13b.dgn, archivo 074_tf13c.dgn], [serie 074], [escala de referencia: 1:5000], [5000 x 2500 m], producción por: Cartográfica de Canarias, S.A., publicado/distribuido por: Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDECAN), [consulta: 10/09/2014]. Disponible en: <<http://tiendavirtual.grafcan.es/visor.jsf?currentSeriePk=1>>.

GOBIERNO DE CANARIAS, [Tenerife, 2013]. *OrtoExpress*: hojas TF04D, TF05C, TF05D, TF08B, TF08D, TF09A, TF09B, TF09C, TF09D, TF12B, TF12D, TF13A, TF13B y TF13C, Tenerife: La Laguna y Tegueste. GSD 35 cm y GSD 25 cm. [Archivo 180_tf04d.ecw, archivo 180_tf05c.ecw, archivo 180_tf05d.ecw, archivo 180_tf08b.ecw, archivo 180_tf08d.ecw, archivo 180_tf09a.ecw, archivo 180_tf09b.ecw, archivo 180_tf09c.ecw, archivo 180_tf09d.ecw, archivo 180_tf12b.ecw, archivo 180_tf12d.ecw, archivo 180_tf13a.ecw, archivo 180_tf13b.ecw, archivo 180_tf13c.ecw], [serie 180], [escala de referencia: 1:25000 o 1:30000], [25 cm/píxel, 30-45 cm/píxel], producción por: Cartográfica de Canarias, S.A., publicado/distribuido por: Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDECAN), [consulta: 10/09/2014]. Disponible en: <<http://tiendavirtual.grafcan.es/visor.jsf?currentSeriePk=2>>.

7.3. Referencias normativas

AYUNTAMIENTO DE SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA. *Plan General de Ordenación del municipio de San Cristóbal de La Laguna*. La Laguna: Excmo. Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna, 1964

CABILDO INSULAR DE TENERIFE. *Plan Insular de Tenerife (PIOT)*, [en línea]. Santa Cruz de Tenerife: Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, 2011. Disponible en: <<http://www.tenerife.es/planes/PIOT/PIOTindex.htm>>

CABILDO INSULAR DE TENERIFE. *Plan Territorial Especial de Ordenación Turística de Tenerife (PTEOT)*, [en línea]. Santa Cruz de Tenerife: Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, 2005. Disponible en: <http://www.tenerife.es/planes/PTEOTurismo/PTEOTurismoindex.htm>