

Identificación de Zonas Idóneas para el Cultivo de Cacao en Puerto Rico Utilizando la Tecnología Geoespacial

*Arvin J. Flores Dones
Master in Geospatial Science and Technology
Prof. Raúl Matos Flores
Land Survey and Geospatial Science Department
Polytechnic University of Puerto Rico*

Abstract — *The Objective of the present work was to establish geographic features that will identify suitable for cocoa cultivation areas in Puerto Rico. To identify areas where the greatest potential for growing cacao, was used a spatial analysis tool of Arc GIS 10.1 software. Previously the necessary climatic factors (temperature and precipitation) and soil characteristics, which was to identify the area to be identified. Through of the interpolation, reclassification and map algebra tools, we determined that there are a significant portion of land, scattered around the island, which have the potential to revive agriculture and the overall economy through the reestablishment of the crop cocoa in Puerto Rico.*

Key Terms — *Análisis Espacial, GIS, Interpolación, “Raster”, “Theobroma Cacao”*

INTRODUCCIÓN

El cacao es un producto endémico del continente americano, sin embargo hoy día, sus mayores exportadores a nivel mundial son países del continente africano. Además, el producto más conocido elaborado con la planta de cacao, el chocolate, posee su mayor reconocimiento en un país como Suiza, territorio que exporta el producto para elaborar una de sus aportaciones más significativas a la gastronomía mundial. Sin menospreciar que parte de su economía gira en torno a la industria del cacao y la calidad del producto que producen.

Siendo el cacao una planta que se desarrolla en climas cálidos y húmedos, fácil de sembrar, mantener, cosechar y donde su producto es consumido por el 50 % de la población mundial; se debe repensar la oportunidad de desarrollar una industria de cacao de alta calidad en Puerto Rico.

La situación económica por la que atraviesa Puerto Rico hoy día no es exclusiva de la isla. La desaceleración económica ha sido diagnosticada a nivel mundial. No obstante, muchos países han comenzado a evidenciar indicios de crecimiento económico positivo, de sobre manera en centro y sur américa. En Puerto Rico, el escenario ha sido diferente. Los pocos y casi desaparecidos engranajes económicos locales no dan abasto para generar el suficiente capital para reactivar la economía. Los beneficios y mecanismos que una vez hicieron de Puerto Rico un modelo a seguir en cuanto desarrollo y crecimiento económico, ya no existen. Y si existieran, la globalización y la relación territorial con los Estados Unidos de América, haría difícil la libre competencia con el mundo exterior. La economía de subvención estadounidense ha sido el carburante que ha mantenido corriendo la maquinaria isleña durante los procesos de cambios. Pero el combustible se está agotando y el motor ya no es compatible con los nuevos engranajes económicos que están haciendo estremecer a nuestro planeta.

Puerto Rico no posee recursos naturales tangibles que generen y sustenten una economía. La carencia de combustibles fósiles y la minería, como principales generadores de capital en muchos países, deja muy pocas opciones para la explotación los recursos naturales. La capacidad de generar capital que pueda desarrollar a Puerto Rico está encaminada a promover la isla como un destino turístico, maximizando sus características geográficas. Sin embargo, existe un renglón que por siglos ha sido el sustento de muchas familias a nivel mundial. La agricultura, es un recurso que se puede explotar en Puerto Rico, de sobremanera, por los acontecimientos que se vienen evidenciando en el mundo, relacionados al tema de la disponibilidad

de alimentos en el futuro cercano basado en la sostenibilidad. La seriedad con la que se debe atender la situación, de sobre manera en el tema de la seguridad alimentaria, carece de la debida atención gubernamental que se necesita. Ejemplo de esta situación y su ineficiente respuesta gubernamental, es la acontecida a principios del año 2015 con la salida de una de las pocas compañías de importación de productos que satisfacía la demanda en la isla. Esta sola acción provocó la escasez de algunos productos importados y perecederos en las estanterías de los supermercados de Puerto Rico. Al día de hoy, el escenario es aún incierto. En un país donde el 80% de los productos que se consumen son importados, [1] la agricultura en diversas facetas, puede ser el nuevo motor que necesita la isla para redirigir su desarrollo y exponer sus productos al mundo.

Entre los nuevos productos que pueden ayudar a aceitar el engranaje económico de Puerto Rico, está el cacao. Las condiciones geográficas de la isla son ideales para su cultivo. La demanda del producto a nivel mundial sigue aumentando y se estima que en los próximos años comience una escasez en la producción de cacao por el aumento de la demanda, principalmente por países asiáticos. Esta oportunidad bien puede ser el pie forzado para levantar la economía agrícola de la isla y poder exponer al mundo un producto de alta calidad y distintivo. Lo importante es poder identificar las mejores zonas agrícolas disponibles para cosechar el producto de cacao de óptimas cualidades y que exponga a Puerto Rico no solo como un exportador de café a nivel mundial, sino también como un exportador de cacao de un sabor inconfundible.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La planta de cacao o "*Theobroma Cacao*", nombre científico adjudicado, es una planta nativa del continente americano. Su país de origen es desconocido, sin embargo se puede adjudicar el génesis en la región norte central del continente sur americano. El corazón de la región del Amazonas, puede ser el nacimiento del denominado "*Fruto de*

los Dioses". Esto ha sido establecido debido a la identificación de la mayor variabilidad de plantas de cacao entre la coyuntura de los países Brasil, Colombia, Ecuador y Perú.

La popularidad del cacao no proviene del uso en el nuevo continente. El conquistador Hernán Cortez, fue de los primeros en exportar el cacao a Europa. El producto, al ser importado por los europeos provocó un frenesí por el consumo del nuevo fruto. Las diversas variedades de cacao poseen sabores característicos. Fue el cacao producido en la región mesoamericana, con mayor gusto y calidad, el de mayor arraigo en el continente europeo.

A finales del siglo XVI, se exportó el primer cargamento comercial de cacao americano a tierras europeas. Sin embargo, la popularidad de la bebida de cacao se debe al brebaje preparado por los europeos el mezclar el aceite de cacao con azúcar, el cual fue una receta secreta durante mucho tiempo. La popularidad de la nueva bebida en la Europa del Norte, provocó la comercialización mundial de la nueva fruta.

Por siglos, la extracción de la grasa del cacao se hacía de manera artesanal. La utilización de agua caliente producía que el fruto del cacao liberara la grasa la cual quedaba expuesta en la superficie. En el caso de la revolución industrial, se utilizó por primera vez una prensa diseñada para la extracción de la grasa del cacao. Pero no fue hasta finales del siglo XIX que se popularizó el famoso chocolate con leche. De aquí en adelante la variabilidad de usos e ingredientes alternos para su mezcla ha ofrecido un giro dulce y amargo en la gastronomía mundial.

Para el año 2014, la legislatura de Puerto Rico comenzó la redacción de un proyecto de ley que persigue que se destinen fondos públicos para realizar un estudio de viabilidad ante la posibilidad de desarrollar una industria de producción de cacao de alta calidad en la isla. El Departamento de Agricultura de Puerto Rico, se expresó a favor del proyecto ante la incipiente demanda de cacao que se viene evidenciando en el mundo, así también como de la presencia de diversas plagas que han

afectado algunas plantaciones existentes en otros países. Los argumentos presentados fueron sustentados por la ausencia de plagas en la isla, la creciente demanda a nivel global y la existencia de la existencia del huerto más grande de árboles de cacao en las Américas con potencial comercial, ubicado en la Estación Experimental Federal (TRAS), en Mayagüez, Puerto Rico [2].

Los sistemas de información geográfica (SIG) han provisto una herramienta única para la maximizar los conceptos de planificación y desarrollo en diversas ciudades a escala global. La agricultura y el uso y manejo de la tierra también ha sido beneficiada con la utilización de las tecnologías geoespaciales. El Sistema de Información Geográfica es un conjunto de componentes tecnológicos y humanos, que al estar funcionando de manera conjunta puede recoger, manipular, codificar, solapar y desplegar información de un escenario real o hipotético, para análisis y estudios. La información administrada a través de los SIG, se puede encontrar en dos formatos principales: vectorial y “*rasters*”. Estas estructuras de datos pueden ser convertidas y analizadas de manera individual o solapada considerando su finalidad. Dentro de este último ejemplo, cuando se combina un inventario de usos de tierras, expresado como tipos de utilización de tierra y sus requisitos de uso específicos, la evaluación de tierras puede usarse entonces como base de una metodología para evaluar los recursos. Los resultados de las aplicaciones básicas incluyen mapas que muestran zonas agro-ecológicas y aptitud de tierras, la cantidad estimada de las áreas de cultivo potenciales, cosechas y producción. Tal información proporciona las bases para aplicaciones avanzadas tales como la evaluación de la capacidad de sostenimiento de la población y modelos de optimización de usos de tierras [3].

Costa Rica ha implantado la utilización de los SIG para la evaluación de terrenos con potencial agrícola, como han realizado para el cultivo del café. El establecimiento de criterios necesarios como la delimitación del área de estudio en conjunto con los requerimientos establecidos entre

factores climáticos y factores físico-químicos del terreno, han sido utilizados para elaborar una evaluación biofísica y económica del cultivo del café. El resultado de este estudio determinó que evaluando un área de estudio de 22,017 hectáreas, el 33.64% se ubican dentro del cuadro de aptitud física aceptable para el cultivo del café y que pueda producir una ecuación de costo-efectividad positiva [3].

METODOLOGÍA:

La cosecha de cacao con elevados estándares de calidad está relacionado de manera intrínseca a ciertas condiciones concernientes a las características geográficas de los terrenos disponibles para su siembra. El cultivo del cacao se realiza de manera principal en las zonas tropicales del planeta. Entre las diversas variedades de condiciones existentes para desarrollar una cosecha exitosa de la afrodisiaca fruta, existen dos elementos considerados de gran importancia. La temperatura y la precipitación juegan un papel fundamental en el desarrollo de una plantación de cacao de características particulares.

Además, existen otros requisitos indispensables para que el cacao cosechado posea unos estándares de calidad que lo distinguen de los demás. La composición del suelo, la topografía y su elevación, además de sus niveles de inclinación y orientación de la pendiente, así como la exposición al viento. Las condiciones óptimas deben ser: (1) Temperatura: entre 70°F y 78°F, (2) Precipitación: entre 1,500 mm y 2,500 mm anuales [4], (3) Viento: menor a 14 km/h, (4) Elevación: entre 0 y 600 msnm, (5) Inclinación: entre 0° y 25°, (6) Orientación: este, noreste y norte y (7) Suelo: entre arcilloso arenoso hasta franco-arenoso [4]. Los datos a analizar fueron extraídos del portal cibernético <http://gis.pr.gov>, del Gobierno de Puerto Rico [5].

Para identificar las zonas idóneas para el cultivo de cacao de alta calidad en Puerto Rico se utilizó la herramienta de análisis espacial del Sistema de Información Espacial Arc GIS 10.1.

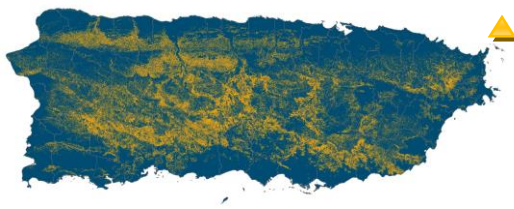
Utilizando un modelo de elevación digital (DEM, por sus siglas en ingles) para Puerto Rico en proyección NAD 83, se determinó la elevación del terreno, la inclinación de la pendiente y la orientación. Estas variables son importantes porque nos permiten identificar las áreas que se ubican entre 0 msnm y 600 msnm, terrenos idóneos para la cosecha del cacao debido a que aunque se puede sembrar el producto a mayor altura, la baja temperatura puede influenciar en la calidad del producto final.



Leyenda: ● 0 a 600 msnm ● sobre 600 msnm

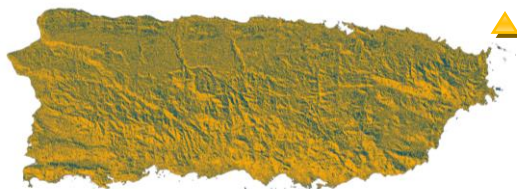
Mapa 1
Elevación Topográfica de Puerto Rico

La inclinación de la pendiente no debe exceder los 25° y la orientación principal debe responder entre los cuadrantes este y norte. Estas variables funcionan para mantener la escorrentía adecuada y la humedad idónea para que el producto del cacao pueda absorber los nutrientes necesarios.



Leyenda: ● 0° a 25° de inclinación ● >25° de inclinación

Mapa 2
Inclinación del Terreno de Puerto Rico



Leyenda: ● Este, Noreste y Norte ● Otras Orientación

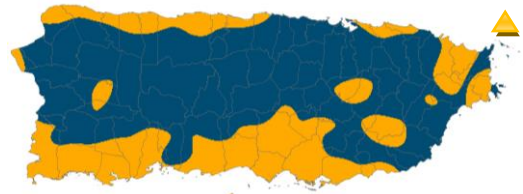
Mapa 3
Orientación de la Pendiente de Puerto Rico

Además, se realizaron funciones de interpolación para la representación geográfica de los datos de temperatura y precipitación. Estas variables son las de mayor importancia debido a que pueden interferir en el crecimiento y el producto final de la planta de cacao. La temperatura afecta de manera directa el periodo de maduración del producto, así también como la manteca que se extrae del mismo [6]. La precipitación, en exceso o ausencia, puede interferir con el rendimiento de la plantación. De sobre manera con la ausencia de precipitación.



Leyenda: ● entre 70°F y 78°F ● < de 70°F y > de 78°F

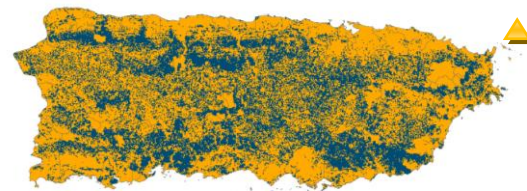
Mapa 4
Temperatura de Puerto Rico



Leyenda: ● 1,500 y 2,500mm ● < de 1,500 y > de 2,500mm

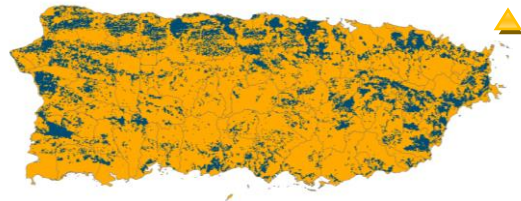
Mapa 5
Precipitación de Puerto Rico

Se exportaron de formato vectorial a formato "raster" los niveles de información de uso de suelo y geología. Con estas variables se identificaron las áreas donde se puede comenzar a sembrar las plantas de cacao con la sombra necesaria para su desarrollo. Además, se identificó la composición geológica necesaria que presenta un drenaje adecuado para el desarrollo de la planta.



Leyenda: ● Arboledas / Bosques Secundarios ● Otros Usos

Mapa 6
Uso de Suelo de Puerto Rico



Leyenda: ● Suelo Arcilloso Arenoso ● Otros Suelos

Mapa 7
Composición Geológica

Los niveles de información fueron reclasificados con los estándares pre establecidos y luego se utilizó las funciones de álgebra de mapas para identificar las zonas idóneas para el cultivo de cacao de alta calidad en Puerto Rico.

RESULTADOS

Los niveles de información fueron procesados por el programado de *Arc GIS 10.1*, utilizando estándares establecidos en países de América Latina que han sido exitosos con la siembra y cosecha de cacao de alta calidad. Esta definición de variables fue utilizada debido a que el fruto de cacao de alta calidad producido en Mesoamérica es solicitado por un mercado que está en crecimiento, lo que podría convertirse en una nueva oportunidad de negocio para la isla.

Puerto Rico posee una extensión territorial aproximada de 8,939 km². La Junta de Planificación de Puerto Rico, ha identificado 1,429 km² como reservas agrícolas. La gran mayoría de ellas ubicadas en los llanos costeros de la isla. Sin embargo, para definir las zonas idóneas para el cultivo de cacao en la isla se utilizó la identificación de terrenos que están clasificados como bosques secundarios o arboledas. Se utilizó esta clasificación debido a que la planta de cacao necesita de sombra durante su crecimiento y desarrollo inicial. Hay que establecer que las zonas identificadas como reservas naturales fueron descartadas para este análisis. Los terrenos disponibles identificados como bosques y arboledas poseen una extensión territorial aproximada de 3,407 km².

Para el año 2014, el Gobierno de Puerto Rico patrocinó la siembra de cacao en el litoral oeste

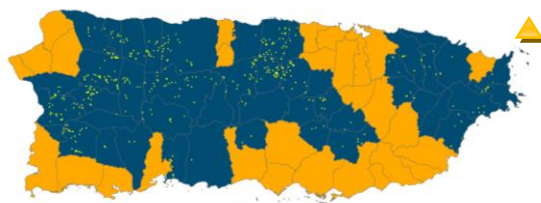
central de la isla, para examinar la oportunidad de maximizar el producto. Basado en los resultados obtenidos por el análisis espacial realizado con las variables seleccionadas, el área nor-oeste-central se identifica como una de las zonas idóneas para el cultivo del cacao en Puerto Rico. Pero no debemos concentrarnos solo en esa área ni en la zona cafetalera de la isla. El análisis de las variables seleccionadas, antes descritas delimitó una franja central, que se podría identificar como un “*Cocoa Belt*” o cinturón del cacao, que discurre al norte de la Cordillera Central de Puerto Rico. Esta zona identificada incluye los municipios de Barranquitas, Ciales, Comerío, Corozal, Lares, Las Marías, Mayagüez, Morovis, San Germán, San Sebastián y Utuado. Además, se pudo identificar otro bolsillo con buenas probabilidades para la siembra y cosecha de la planta de cacao en entre los municipios que componen la base del Bosque Nacional del Caribe, El Yunque.



Leyenda: ● Municipios con Potencial ● Otros Municipios

Mapa 8
Identificación de Municipios con Potencial

Las zonas idóneas para el cultivo de cacao en Puerto Rico representan una extensión territorial aproximada de 39.40 km² o 10,025 cuerdas. Estas áreas con potencial para desarrollar cultivos de alta calidad se distribuyen en 43 de los 78 municipios, dispersos alrededor de toda la isla. Dando la oportunidad de desarrollar un producto a nivel nacional. Es importante establecer, que estamos identificando la ubicación de suelos en donde convergen las diversas variables previamente seleccionadas. Las extensiones de terreno que pueden ser utilizadas para el cultivo del cacao pueden ser mayores si se establecen unos requerimientos con mayor flexibilidad a la hora de identificar el lugar.



Leyenda: ● Municipios con Todos los Requisitos
 ● Municipios sin Todos los Requisitos
 ▲ Zonas Idóneas para el Cultivo de Cacao

Mapa 9

Zonas Idóneas para el Cultivo de Cacao en Puerto Rico

Una cuerda de terreno sembrada con la planta de cacao puede soportar hasta unos mil ejemplares. Al día de hoy, esa misma extensión territorial sembrada con cacao puede producir un ingreso anual de entre 5,000 a 8,000 dólares [7]. Si se identificó que poseemos unas 10,025 cuerdas de terreno con las condiciones ideales para producir una plantación de cacao de alta calidad, estas podrían generar un ingreso anual que podría fluctuar entre 50 y 80 millones de dólares que podrían entrar a la economía puertorriqueña. Estos ingresos, pudieran ser mayores si el precio de venta por quintal de cacao se fundamenta en relación a la calidad del producto que se genere. Además, si se suman áreas de siembra y cosecha que pueden utilizarse, las cuales no se identificaron en el estudio, el ingreso que se generaría por la producción del fruto del cacao podría sobrepasar los 100 millones de dólares anuales.

A escala municipal, el desarrollo de plantaciones de cacao puede convertirse en una alternativa que debe ser evaluada como un concepto de autogestión comunitaria y colaborativa entre el gobierno municipal y sus ciudadanos. Opción que podría generar ingresos sustanciales para el ayuntamiento y para el agricultor, ayudando a reactivar la economía desde escenarios alternos y necesarios para la sostenibilidad alimentaria.

Los ingresos que se podrían generar en los municipios a través del desarrollo del cultivo de cacao en sus territorios sería una fuente de empleos y dividendos que generaría una contribución adicional para las alcas municipales. Además, recaudarían ingresos adicionales a través diversos elementos establecidos en el engranaje contributivo del país.

Tabla 1

Identificación de Municipios con Cuerdas Disponibles y su Posible Ingreso por Cosecha Anual de Cacao

Municipio	Área en cuerdas	Ingreso Anual
Adjuntas	151.6	\$985,290
Aibonito	58.2	\$378,406
Arecibo	511.6	\$3,325,491
Añasco	133.3	\$866,657
Barranquitas	75.1	\$488,253
Camuy	366.7	\$2,383,682
Canóvanas	150.5	\$978,088
Carolina	109.5	\$711,479
Cayey	116.2	\$755,228
Ceiba	116.2	\$755,228
Ciales	459.7	\$2,988,214
Cidra	42.2	\$274,182
Comerio	166.3	\$1,080,730
Corozal	475.3	\$3,089,228
Fajardo	41.1	\$266,975
Gurabo	66.1	\$429,725
Hatillo	257.4	\$1,673,208
Hormiguero	17.1	\$111,429
Humacao	108.3	\$703,907
Isabela	168.5	\$1,095,308
Jayuya	25.0	\$162,751
Juncos	25.0	\$162,751
Lares	299.8	\$1,948,967
Las Marías	552.4	\$3,590,919
Manatí	49.2	\$319,879
Maricao	16.0	\$104,224
Mayaguez	601.2	\$3,907,812
Morovis	842.8	\$5,478,176
Naguabo	109.6	\$712,693
Orocovis	58.2	\$378,406
Peñuelas	207.3	\$1,347,705
Ponce	25.0	\$162,751
Quebradillas	212.3	\$1,380,027
Rio Grande	66.1	\$429,726
Sabana Grande	50.1	\$325,502
San German	566.0	\$3,679,011
San Sebastián	1032.6	\$6,711,645
Trujillo Alto	75.4	\$489,835
Utua	688.4	\$4,474,422
Vega Alta	117.3	\$762,435
Vega Baja	689.2	\$4,479,607
Villalba	50.1	\$325,502
Yauco	50.1	\$325,502

CONCLUSIÓN

La necesidad de atraer nuevas fuentes de ingreso a la economía de Puerto Rico a través de la re inserción de productos agrícolas como lo es el cacao, puede contribuir a regenerar la casi extinta economía agrícola que por tanto tiempo fue el sustento de las familias puertorriqueñas. En tiempos pasados hemos sido exitosos con el café, el tabaco y la caña. La posibilidad de reactivar nuestra agricultura a escala nacional, a través de la

siembra y cosecha del cacao, bien puede ser el detonante para cambiar de paradigmas y mostrar al mundo que la isla fue, es y será un pilar agrícola de exportación de alta calidad. Además, puede ser la oportunidad que necesita Puerto Rico para aportar en suplir la demanda creciente de cacao de calidad a nivel mundial, la cual ha ido en aumento en los últimos años y se proyecta que habrá escases en la próxima década. En la actualidad existen propuestas elaboradas por el Departamento de Agricultura para incentivar la siembra y cosecha del cacao en Puerto Rico. Esta oportunidad debe ser considerada por el agricultor y las administraciones municipales, debido a que el mercado es uno estable y donde la demanda es mayor que la oferta. Sin embargo se debe considerar la elaboración de un cacao de gran calidad y un sabor único y particular de Puerto Rico. Esto se puede lograr realizando injertos y escogiendo las mejores variedades de cacao a nivel mundial para identificar particularidades que adquieran a nivel local. Además, la elaboración del producto de manera artesanal le imparte un sentido de pertenencia que se debe explotar al máximo.

A nivel turístico, se puede auscultar la posibilidad de desarrollar un corredor del cacao que presente al producto desde su siembra hasta que llega a la mesa de cualquier ciudadano. Las alternativas pueden ser ilimitadas, pero hace falta la voluntad de un pueblo que este consiente que para forjar un mañana de éxito a veces hay que arriesgar y salir de la zona de conformidad. Diversas variables favorecen a Puerto Rico para adentrarse en la aventura de la siembra de cacao. La isla posee las condiciones ideales para maximizar la agricultura a través del cacao. La demanda seguirá en aumento y la escasez del producto aumentará. El cambio climático que se avecina podría alterar las condiciones de lugares que en la actualidad son exportadores del producto. La oportunidad está presente, solo hay que adentrarse a vivir una dulce aventura a través del desarrollo de la agricultura basada en el cacao.

REFERENCIAS

- [1] M. Comas Pagán, “Vulnerabilidad de las cadenas de suministros, el cambio climático y el desarrollo de estrategias de adaptación: El caso de las cadenas de suministros de alimento de Puerto Rico”. Disertación Doctoral, Escuela Graduada de Administración de Empresas, Universidad de Puerto Rico, San Juan, PR, 2009.
- [2] Inter News Services. (26 de junio de 2014). *Apto Puerto Rico para cultivar cacao*. [Online] Disponible <http://www.metropr.com/>.
- [3] L. A. Arroyo, “La tecnología de los sistemas de información geográfica en el uso de la tierra”. Departamento de Suelo, Ministerio Nacional de Agricultura y Ganadería, XI Congreso Nacional Agronómico / 1 Congreso Nacional de Extensión, San Jose, Costa Rica, 1999, pp. 242-247.
- [4] *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos Agrícolas de Costa Rica*. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 1991.
- [5] Geodatos de Puerto Rico. Oficina de Gerencia y Presupuesto de Puerto Rico. [Online] Disponible: <http://gis.pr.gov/>
- [6] A. Paredes, “Condiciones de Clima y Suelo”, *El Cultivo del Cacao*, San Jose, Costa Rica, Editorial EUNED, 1989, Vol. No. 4, 1983, pp. 25.
- [7] R. Ruíz Nieves, “R. del S. 730, de 2 de abril de 2014, para ordenar a la Comisión de Agricultura, Seguridad Alimentaria, Sustentabilidad de la Montaña y de la Región Sur del Senado del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, para atender la posibilidad del desarrollo de una industria con la siembra y producción de cacao en nuestra isla”. Senado de Puerto Rico, San Juan, PR, Junio 2014, pp. 1-3.