



PERÚ

**Ministerio
del Ambiente**

**Viceministerio de Desarrollo
Estratégico de los Recursos
Naturales**

**Dirección General de
Diversidad Biológica**

Elaboración del mapa de los centros de diversificación del maíz, algodón y especies silvestres de la papa en el Perú y sus memorias descriptivas¹

Noviembre 2019

Elaboración del mapa de los centros de diversificación del maíz, algodón y

¹ Orden de Servicio N° 00677-2019: Servicio para la elaboración de mapas de los centros de diversificación del maíz, algodón y especies silvestres de papa en el Perú y su memoria descriptiva.

especies silvestres de la papa en el Perú y sus memorias descriptivas

INTRODUCCIÓN

Evidencias arqueológicas de la diversificación del maíz en el Perú muestran que hace aproximadamente 7 000 años ya se cultivaban varias razas de maíz en el valle de Chicama (Grobman *et al.*, 2012). La Región Andina es posiblemente la zona con la mayor diversidad de razas en el mundo. Según Goodman y Brown (1988) por eso es de suma importancia poder realizar estudios que nos permitan focalizar donde están las zonas con mayor potencial de la especies.

En el Perú existen dos especies de algodones: *Gossypium barbadense*, conocido como algodón del país, de amplia distribución en la Costa, los Valles Interandinos y la Amazonía, de fibra larga, elástica y con varios colores y el *Gossypium raimondii* conocido como algodoncillo, una especie silvestre de la Costa y vertientes occidentales del norte (valle de Chicama, valle de Santa Ana y quebrada de Huertas, margen izquierda del río Chilete). El primero fue domesticado y es ampliamente cultivado desde hace al menos 6 000 años (Brack, 2004), el algodón es un cultivo que ha ido en retroceso, y disminuyendo su producción, perdiendo el legado que tuvo el Perú en décadas anteriores.

La papa es uno de los cultivos más importantes del Perú, en 1933 M.S. Bukasov y en 1945 J.C. Hawkes coincidieron en el planteando de que el centro de origen primario se encuentra en el actual altiplano peruano boliviano. Spooner *et al.* (2005) propone un origen monofilético de las especies cultivadas a partir del componente norte del Complejo *Solanum brevicaulis* en el Perú.

El origen de las especies cultivadas, se sustenta a partir de una especie única, o de su progenitor *S. bukasovii*, en un área al Sur del Perú, desde donde se difundió hacia el norte y el sur. Actualmente estamos en condiciones de afirmar que aquí se encuentran las 8 especies cultivadas y cerca del 50% de especies silvestres de las 188 actualmente reconocidas.

En este contexto, se requiere contar con una propuesta que permita una adecuada evaluación para la identificación de las zonas de diversificación de las especies, con fines de orientar las inversiones en conservación y aprovechamiento sostenible de la agrobiodiversidad.

Por lo que se desarrolla una propuesta metodológica, para hallar, a través del análisis espacial, las zonas que cuentan con más posibilidad de presencia de las especies para poder focalizar el trabajo orientado a la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Objetivos generales

Contar con los mapas de centros de diversificación del maíz, algodón y especies silvestres de papa dentro del territorio peruano.

Objetivos específicos

- Definir un conjunto de criterios que permita identificar los centros de diversificación de acuerdo al número de especies y registros que se tengan dentro del territorio peruano.
- Diseñar una metodología para la identificación y validación de los centros de diversificación de las especies dentro del territorio peruano, de acuerdo al número de especies y registros, la cual pueda ser replicada en otros cultivos.
- Generar los mapas y las memorias descriptivas que permitan identificar los centros de diversificación de las especies dentro del territorio peruano.

METODOLOGÍA

Se desarrolló el trabajo siguiendo una metodología secuencial, basada en el análisis espacial, poniendo énfasis en la consistencia de datos. Se generaron datos intermedios que fueron almacenados de la manera que permito la reprocesamiento del modelo, las veces que fuese necesario. El proceso metodológico sigue el siguiente flujo:

1. Preparación de la cartografía base

Se recopiló los datos cartográficos de distintas instituciones los cuales nos sirvieron de insumo para hallar los centros de diversificación del maíz, algodón y especies silvestres de papa dentro del territorio peruano.

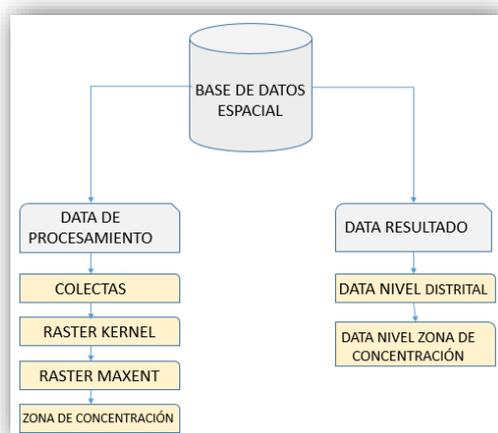
Las capas cartográficas recopiladas para el modelamiento espacial fueron las siguientes:

- Capa de prospección de papa silvestre nivel nacional. (MINAN 2018)
- Capa de prospección de maíz nivel nacional. (MINAN 2018)
- Capa de prospección de algodón nivel nacional. (MINAN 2018)
- Capa de centros poblados 2017 (INEI, <http://www.censos2017.pe/>)
- Capa de comunidades campesinas (MINAN 2018)
- Capa de comunidades nativas (MINAN 2018)
- Capa de limites administrativos INEI (INEI, <http://www.censos2017.pe/>)
- Capa de zonas agrícolas 2019 MINAGRI

Estructuración de base de datos espacial

En la elaboración del proyecto se crearon dos esquemas de datos; una para los datos de entrada y datos intermedios que los llamaremos Datos de Procesamiento, y otro esquema donde almacenaremos los datos de salida finales, la cual llamaremos Data Resultado como se explica en la figura N° 1.

Figura N° 1 – Esquema de base de datos



DATA DE

que se generaron como insumos en procesamiento del modelamiento espacial, con los cuales se hallaron los centros de diversificación, estos fueron:

- Data de colectas de papas cultivadas
- Raster de kernel por cada especie
- Raster de Maxent por cada especie
- Capa de polígono de concentración quintil superior potencial de cada especie

PROCESAMIENTO:

- Capa polígono de concentración quintil superior de densidad de cada especie

DATA RESULTADO: Son los resultados producidos por el modelamiento espacial, estas capas estarán en función de las especies estudiadas, que para fines de interpretación se utilizara la siguiente nomenclatura que se presenta en el cuadro N° 1.

Cuadro N°1 – Ejemplo de Nomenclatura de Especies

N	Especie	Cantidad	simb	Simb final
1	<i>Gossypium raimondii</i>	5	E1	Sp1
2	<i>Gossypium hirsutum</i>	10	E2	Sp2
3	<i>Gossypium barbadense x hirsutum</i>	55	E3	Sp3
4	<i>Gossypium barbadense</i>	1310	E4	Sp4

a) Capa departamental

Se realizó una relación espacial entre la capa de puntos de prospección y la capa de límites de departamento, obteniendo la cantidad de prospecciones por especies a nivel departamental. La capa resultante "LIMITE_DEP" tiene las siguientes variables (Cuadro 2).

Cuadro N°2 – Diccionario de variables

Variables	Descripción
CCDD	Código De Departamento
Nombdep	Departamento
Cant_Es	Cantidad De Especies
Cant_Dat	Cantidad De Prospección
TOT_ESP_GE	Total de especies por algún tipo de presencia
TOT_ESP_RE	Total de especies donde coinciden densidad y potencial

b) Capa provincial

Se realizó una relación espacial entre la capa de puntos de prospección y la capa de límites de provincia, obteniendo la cantidad de prospecciones por especies a nivel provincial. La capa resultante "LIMITE_PROV" tiene las siguientes variables (Cuadro 3).

Cuadro N°3 – Diccionario de variables

Variables	Descripción
CCDD	Código De Departamento
Nombdep	Departamento
CCPP	Código De Provincia
Nombprov	Provincia
Cant_Es	Cantidad De Especies
Cant_Dat	Cantidad De Prospección
TOT_ESP_GE	Total de especies por algún tipo de presencia
TOT_ESP_RE	Total de especies donde coinciden densidad y potencial

c) Capa distrital

Se realizó una relación espacial entre la capa de puntos de prospección y la capa de límites de distrito, obteniendo la cantidad de prospecciones por especies a nivel distrital. La capa resultante "Distrito data" tiene las siguientes variables (Cuadro 4).

Cuadro N°4 – Diccionario de variables

Variables	Descripción
CCDD	Código De Departamento

Nombdep	Departamento
CCPP	Código De Provincia
Nombprov	Provincia
CCDI	Código De Distrito
Nombdist	Distrito
Capital	Capital
Ubigeo	Código Único De Distrito
Cant_Es	Cantidad De Especies
Cant_Dat	Cantidad De Prospección
TOT_ESP_GE	Total de especies por algún tipo de presencia
TOT_ESP_RE	Total de especies donde coinciden densidad y potencial

d) Comunidades

Se realizó una relación espacial entre la capa de puntos de prospección y la capa de comunidades campesinas y nativas, se generó un id único de cada área y se arma la base de datos por el tipo de especie (Cuadro 5).

Cuadro N°5 – Diccionario de variables

Variable	Descripción
Nombre	Nombre Comunidad Campesina
Area_Ha	Área De La Comunidad Campesina
Nomdpto	Departamento
Nomprov	Provincia
Distrito	Distrito
Idcomunidades	Id Comunidades
Cant_Especie	Cantidad De Especies
Cant_Muestra	Cantidad De Prospecciones
Ccpp	Cantidad De Centro Poblados

e) Zonas Agrícolas

Se generó una base de zonas agrícolas el cual se cruzó con los análisis de densidad y máxima entropía generando una matriz para el análisis final (Cuadro 7).

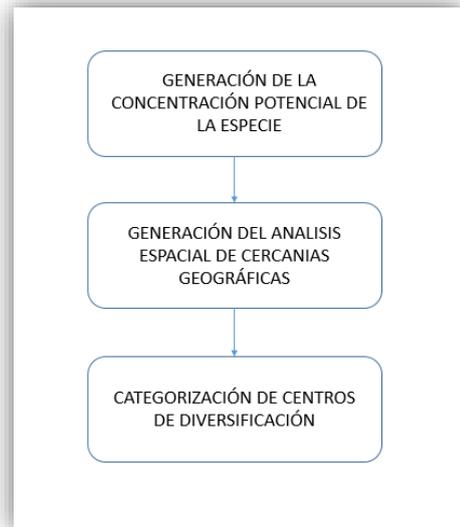
Cuadro N°7 – Diccionario de variables

VARIABLE	DESCRIPCION
IDDPTO	Código de departamento
NOMBDEP	Nombre de departamento
IDPROV	Código de provincia
NOMBPROV	Nombre de provincia
IDDIST	Ubigeo censal
NOMBDIST	Nombre de distrito
Sp n_Den	Presencia de densidad <i>de la especie n</i>
Sp n_Pot	Presencia de potencial <i>de la especie n</i>
Sp n_Res	Presencia <i>de la especie n</i>
TOT_ESP_GE	Total de especies por algún tipo de presencia
TOT_ESP_RE	Total de especies donde coinciden densidad y potencial
TOT_POND	Valor pondera por tipo de presencia de especie
COMUNIDAD	Nombre de comunidad campesina

2. Modelo metodológico

La identificación de los centros de diversificación de la papa estuvo sujeto a tres procesos consecutivos los cuales permitieron espacializar estas ubicaciones. Estos procesos son; la generación de mapa de concentración potencial de las especies, generación espacial de cercanías geográficas y la categorización de los centros de diversificación, como se aprecia en la siguiente imagen (Figura 2).

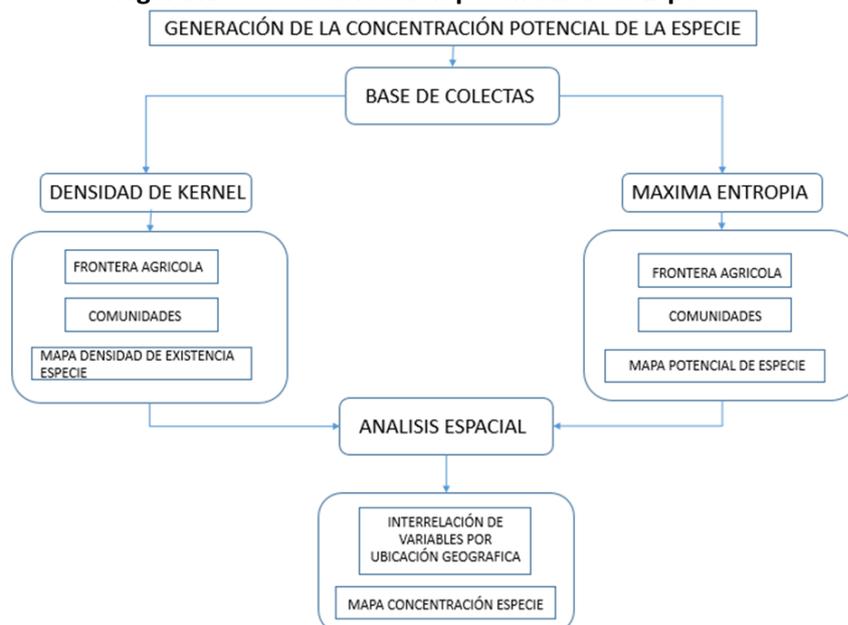
Figura N° 2.
Procesos generales



Generación de la concentración potencial de la Especie

Este proceso se realizó por cada especie estudiada, consistió en identificar la densidad de las especies por el método de KERNEL e identificar su distribución potencial a través del uso de la Máxima Entropía. Esta información se interseco con las capas de parcelas agrícolas para delimitar su área solo en zonas cultivables, también se relacionó con la capa de comunidades campesinas donde se identificó la población que vive en el lugar, como se explica en la figura 3.

Figura N° 3 - Concentración potencial de la Especie



En este proceso se trabajó como unidad mínima de representación espacial; las áreas de uso de suelo agrícola proporcionada por el MINAGRI, a estas se asignará un valor positivo si la especie tiene presencia y otra si tiene valor potencial, de esta manera se puede cuantificar las características de cada zona agrícola.

Análisis espacial de cercanías

En este proceso se interrelacionó las capas de concentración de cada especie y se halló una capa poligonal donde contenga las intersecciones de todas las especies, y se generó una matriz en función a la cantidad de especies (figura 4).

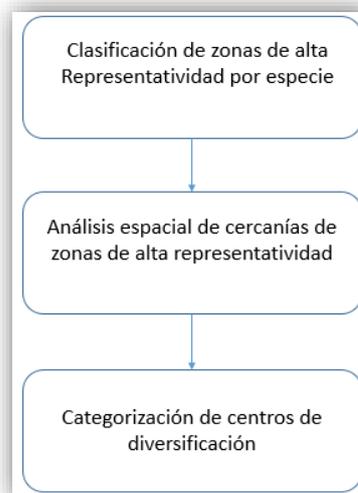
Figura N° 4 - Concentración potencial de la Especie



Categorización de centros de diversificación

En este proceso se analizó la matriz generada como resultado del cruce de los mapas de concentración de las especies, se procedió a definir cuáles serán los rangos para considerar donde existe alta concentración, media y baja, para esto usamos la clasificación del cuartil. Considerando el cuartil superior como los valores representativos para la valoración de los resultados de KERNEL y MAXENT (figura 5).

Figura N° 5 - Categorización de centros de diversificación



RESULTADOS OBTENIDOS

El resultado del análisis espacial de los centros de diversificación tiene como unidad de medida la zona agrícola y a nivel distrital para esto se generó dos tipos de valoraciones, los cuales tiene distinta interpretación geoespacial:

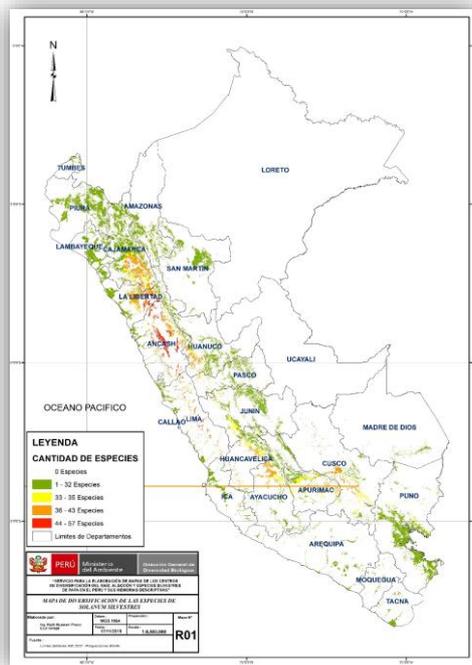
Valoración N° 1: Esta representa la unión entre los mapas de potencialidad de especie de Maxent y el mapa de densidad de kernel, esta representa la máxima posibilidad potencial de existencia de las especies analizadas.

Valoración N° 2: Esta valoración representa la intersección de entre los mapas de potencialidad de especie de Maxent y el mapa de densidad de kernel, esta representa las zonas con mayor posibilidad de densidad de las especies analizadas.

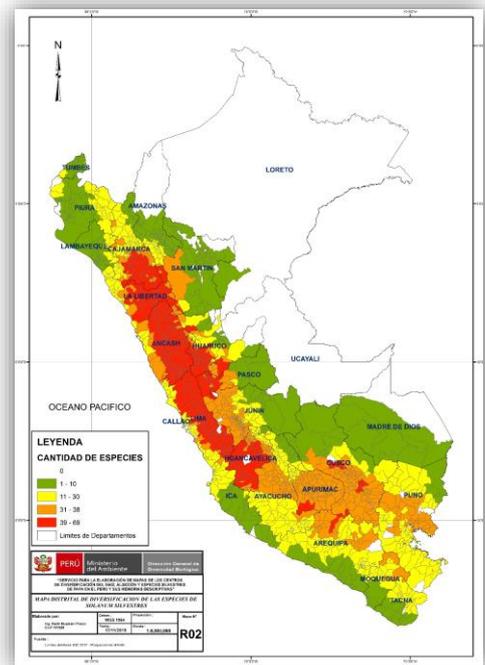
Para el desarrollo de la consultoría se utilizó la valoración N° 1 para definir los mapas de centros de diversificación.

Mapa de centros de diversificación de la papa silvestre en el Perú

El mapa final de diversificación está en función a la valoración 1, que consiste en la unión de áreas del modelo de máxima entropía y el de densidad de Kernel. El producto son los mapas 1 y 2.

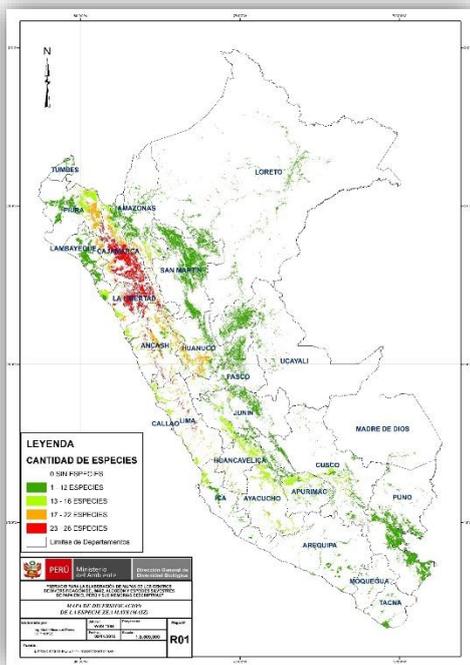


Mapa 1. Mapa de centros de diversificación de la papa silvestre

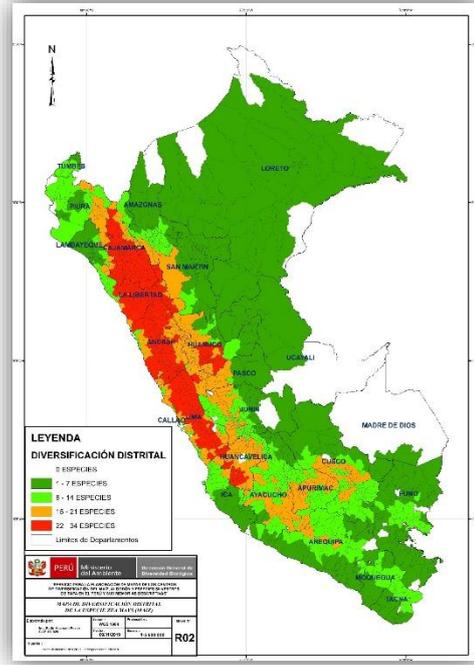


Mapa 2. Mapa distrital de centros de diversificación de la papa silvestre

Mapa de centros de diversificación del maíz en el Perú El mapa final de diversificación está en función a la valoración N° 1, que consiste en la unión de áreas del modelo de máxima entropía y el de densidad de Kernel. El producto son los mapas 3 y 4

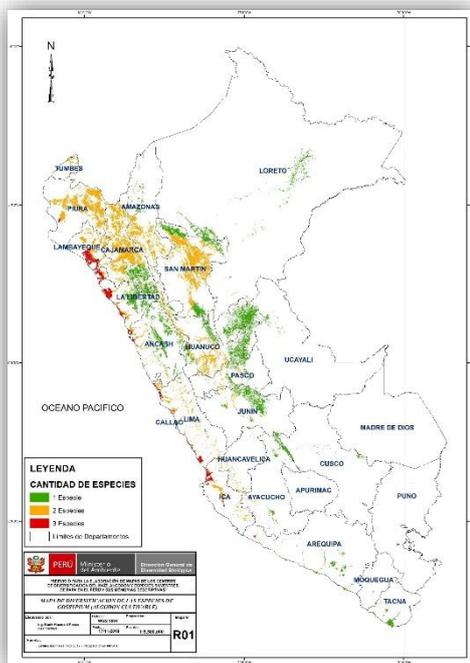


Mapa 3. Mapa de centros de diversificación del maíz

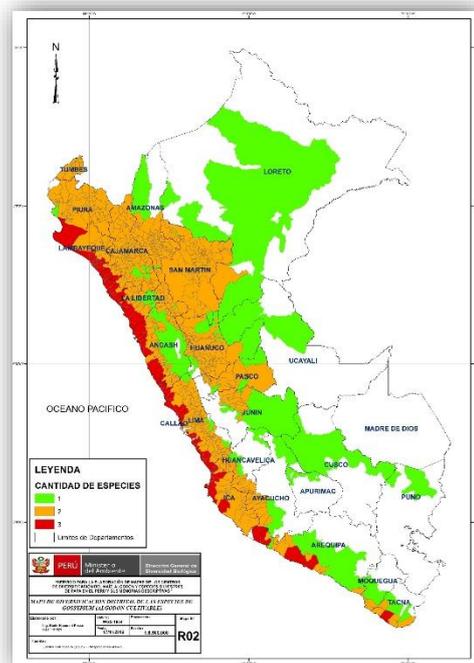


Mapa 4. Mapa distrital de centros de diversificación del maíz

Mapa de centros de diversificación del algodón cultivable en el Perú El mapa final de diversificación está en función a la valoración N° 1, que consiste en la unión de áreas del modelo de máxima entropía y el de densidad de Kernel. El producto son los mapas 5 y 6.



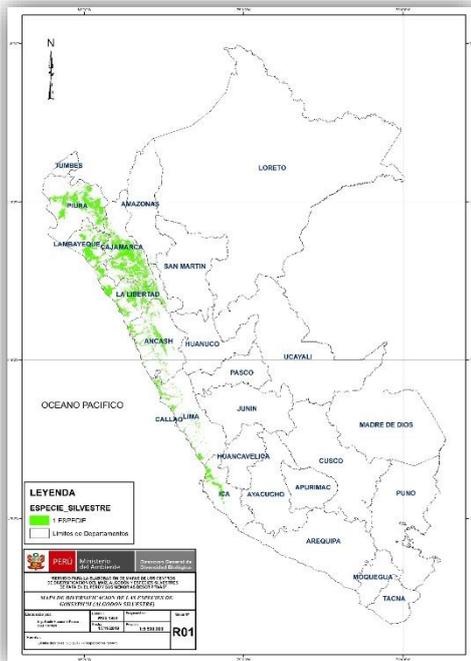
Mapa 5. Mapa de centros de diversificación del algodón cultivable



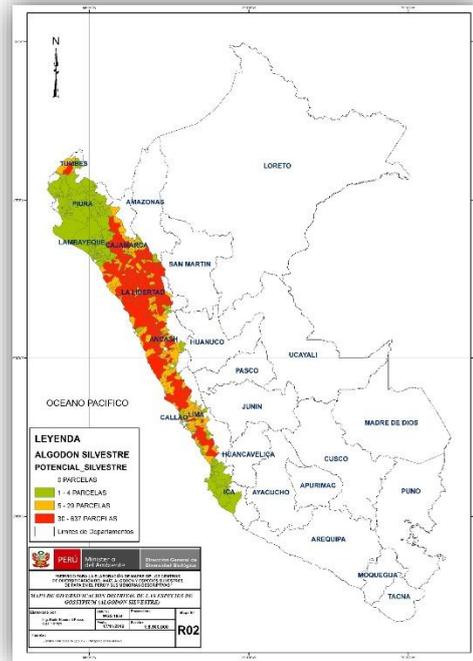
Mapa 6. Mapa distrital de centros de diversificación del algodón cultivable

Mapa de centros de diversificación del algodón silvestre en el Perú

El mapa final de diversificación está en función a la valoración N° 1, que consiste en la unión de áreas del modelo de máxima entropía y el de densidad de Kernel. El producto son los mapas 7 y 8.



Mapa 7. Mapa de centros de diversificación del algodón silvestre



Mapa 8. Mapa distrital de centros de diversificación del algodón silvestre

CONCLUSIONES

La generación de los mapas de centros de diversificación del maíz, algodón y especies silvestres de papa dentro del territorio peruano se realizó con una metodología basada en el análisis espacial compuesta del modelamiento de máxima entropía y análisis de densidad de Kernel.

El resultado del modelamiento está basado en unidades de zonas agrícolas y el distrital, la cual permite cruzarlas con información complementaria; comunidades campesinas, centros poblados, actividades económicas, sociales, etc.

La unidad de análisis del resultado es la zona agrícola y el distrital, esto facilita la ubicación específica de la especie analizada, para una focalización objetiva para proyectos de inversión pública.

El mapa de diversificación identifica las zonas con más presencia y potencial de las especies analizadas, pero debe incluirse en futuras investigaciones el flujo económico local, y la cosmovisión andina de legado genético para una mejor planificación.

El procesamiento de la información demanda altos recursos, la información generada es de gran tamaño, por lo que se debe elaborar un sistema que pueda albergar y explotar esta información.

RECOMENDACIONES

Los mapas de centros de diversificación del maíz, algodón y especies silvestres de papa dentro del territorio peruano están elaborados con información de 30 segundos como resolución espacial. Se podría afinar la resolución, si se elaboraran datos a menor escala en el país, en especial instituciones

como el **SENAMHI**, que podría insertar las clasificaciones de las ecoregiones propias del país. Falta aún mucho trabajo en la generación de información base para mejorar los modelamientos ecológicos.

Para los procesos de validación de modelos geoespaciales es importante contemplar la variable de interacción de población, identificar el flujo económico y que hace que el pueblo o comunidad siga subsistiendo, ya que no solo se describe el potencial ecológico, sino también la población que lo debe explotar.

Se recomienda profundizar más en las temas de modelamientos ecológicos, definir los términos, generar más espacios de discusión, e intercambiar datos con otras instituciones con competencia en temas ambientales.

GLOSARIO

Especie.- Entidad biológica caracterizada por poseer una carga genética capaz de ser intercambiada entre sus componentes a través de la reproducción natural (MINAM, 2013).

Moratoria.- Medida temporal que resulta en la suspensión y aplazamiento del procedimiento regular de autorización (MINAM, 2013).

S.I.G.: Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [Geographic Information System]) es una integración organizada de *hardware*, *software* y *datos geográficos* diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión

WGS: es un sistema geodésico de coordenadas geográficas usado mundialmente, que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas (x,y,z). **WGS 84** son las siglas en inglés de **World Geodetic System 84** (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984).

ZEE: La Zonificación ecología y económica un proceso de análisis técnico e integral de un departamento, provincia, distrito o cuenca, que permite la identificación de las diferentes alternativas de uso sostenible y ocupación del territorio, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones utilizando criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. La ZEE propone recomendaciones de uso y ocupación ordenada del territorio.

Prospección: Actividad que antecede el proceso de colección de germoplasma. Visualiza el efecto de un estudio preliminar de la localidad para asegurar el éxito de expedición de colecta. (IICA, 2002)

Kernel: Calcula la densidad de las entidades en la vecindad de esas entidades. Puede calcularse para las entidades de punto y de línea.

Máxima entropía: establece que la distribución de probabilidad menos sesgada que se le puede atribuir a un sistema estadístico es aquella en la que dadas unas ciertas condiciones fijas maximiza la entropía

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado Jaramillo, Vinicio. (2017). Análisis de correspondencia en la diversidad florística de agroecosistemas cafetaleros en la selva central del Perú. *Bosque Latitud Cero*. p.8-21.
- Felicísimo, Á.M. (coord.); Muñoz, J.; Mateo, R.G.; Villalba, C.; Mateos, E. 2012. FORCLIM, Bosques y cambio global. 3. España - México. CYTED, Madrid, 318 pág.
- Flores-Garnica, J., & Reyes-Cárdenas, O. (2019). Distribución espacial de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. mediante la estimación de la densidad Kernel. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 10(53). <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.406>
- GUIBAN, A. & THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8: p.993-1009.
- Hawkes, J. 1945. The indigenous American potatoes and their value in plant breeding. 1. Resistance to disease. 2 Physiological properties, chemical composition and breeding capabilities. *Emp. J. Exp. Agric.* 13: p.11-40
- Hijmans, R.J., D.M. Spooner, A.R. Salas, A. Guarino y J. de la Cruz. 2002. Atlas of wild potatoes. Systematic and eco geographic studies on crop gene pools 10. International Plant Genetic Resources Institute, Roma. P 8-10
- Juzepczuk, S.W., S.M. Bukasov. 1929. Una contribución al origen de la papa. *Proc. U.S.R.R. Congr. Genet Plant. And Animal Breed.* p. 592- 611.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 2013. Manual para la identificación de especies forestales en la región Ucayali. Gobierno regional de Ucayali. p. 9-141.
- Palma-Ordaz, S. Delgadillo-Rodríguez, 2014. Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. *Bot. sci* 92 (4): p. 587-597.
- Phillips, S. & Dudík, M. (2008) Modeling of species distributions with MaxEnt: New extensions And a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31,p. 161-175. Pulgar, J. 1987. Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales. Lima: Ed. PEISA p. 20-35.
- Ramón. P. 2009 Modelos en ecología: un enfoque a la distribución espacial de especies vegetales mediante procesos de puntos. Instituto de Ecología, Unidad de Ecología, Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador. p. 2-5
- Silverman, B.W., 1986, Density estimation for statistics and data analysis. London: Chapman Hall. School of Mathematics University of Bath, UK. P. 1-4
- Tapia, M. 1986. Eco desarrollo en los Andes Altos. Fundación Friedrich Ebert. Lima – Perú. P.5-20
- Varela, S., Mateo, R.G., García-Valdés, R., Fernández-González, F. 2014. Macroecología y ecoinformática: sesgos, errores y predicciones en el modelado de distribuciones. *Ecosistemas* 23(1): p. 46-53
- Worton, B.J., 1989, Kernel Methods For Estimating The Utilization Distribution In Home-Range Studies. *Ecology*: p. 164-168.