



Relación entre la aptitud de uso del suelo para la producción de aguacate y las áreas de la producción actual.

David A. Jamaica-Tenjo

Resumen

En Colombia, el cultivo de aguacate ha incrementado sus áreas de producción en los últimos años, debido al aumento del consumo a nivel mundial y la capacidad de exportación que tiene Colombia. SI embargo, estas nuevas áreas deben establecerse en los lugares más aptos. La UPRA, la unidad de planificación rural agropecuaria, ha producido un mapa escala 1:100000, en donde se especifica las zonas más aptas para la producción de este cultivo, teniendo en cuenta variables edafoclimáticas y socioeconómicas. Estos datos de aptitud se compararon con los datos de producción agrícola, a nivel departamental y municipal con las evaluaciones agrícolas EVAs del año 2010 y 2020 mediante análisis de componentes principales, con el fin de establecer estas relaciones entre variables dando como resultado que en general, en Colombia las áreas de crecimiento se están dando en zonas de aptitud alta, sin embargo, también existen nuevas áreas en municipios con importantes zonas de exclusión legal. Esto resultaría en un conflicto por el uso del suelo, por lo que se debe profundizar en las relaciones entre el crecimiento de áreas agrícolas y la aptitud de uso del suelo, sobre todo a nivel departamental o incluso, municipal.

Palabras clave: Análisis componentes principales, UPRA, Colombia, departamentos, producción

Introducción

El cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) ha incrementado sus áreas de producción en los últimos años en el país, siendo actualmente el cuarto país productor, debido al aumento del consumo a nivel mundial y la capacidad de exportación que tiene Colombia, principalmente al mercado europeo (Países Bajos, España y Reino Unido) y las primeras exportaciones a EEUU en el 2018. Esto se ve reflejado en que las importaciones de aguacate a Colombia se redujeron en un 96% desde el 2014 al 2017, principalmente desde Ecuador en donde se llegó prácticamente a cero, y las exportaciones aumentaron 1600% en el mismo periodo de tiempo y la producción nacional se aumentó casi 50%. Según el ministerio de agricultura (2018), los departamentos productores son Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Cesar, Valle del Cauca, Risaralda y Quindío. Específicamente es la variedad Hass la que está aumentando las áreas de producción, un 80% del aumento del área es de esta variedad, y desde la perspectiva agronómica, este cultivo tiene una serie de requerimientos edafoclimáticos que, en ocasiones, no están relacionados con los lugares en donde realmente se siembra el cultivo.

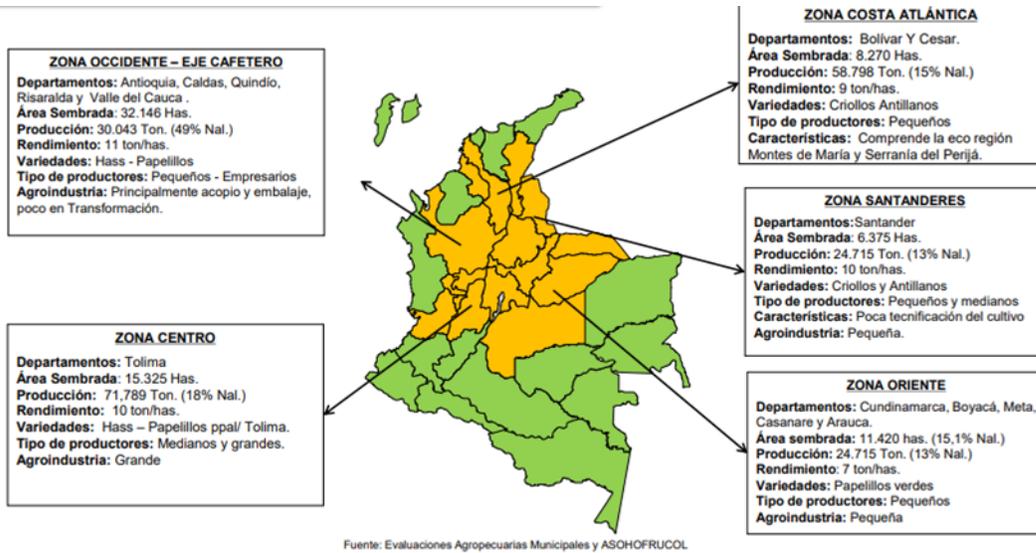
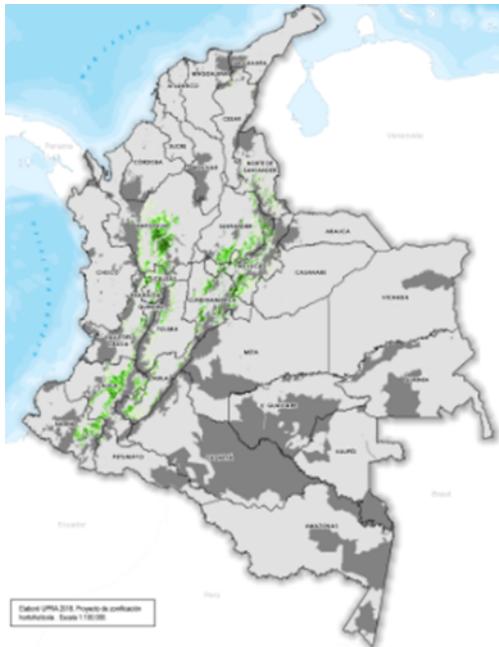


Ilustración 1. Mapa de zonas productoras. Tomado de ministerio de agricultura.

La UPRA, la unidad de planificación rural agropecuaria ha producido un mapa escala 1:100000, en donde se especifica las zonas del país en donde se encuentran las zonas más aptas para la producción de este cultivo, con base en las capacidades del suelo y la oferta climática. La misma UPRA, tiene dentro de sus datos estadísticos, la producción nacional de los diversos cultivos por municipio, por lo que resulta importante comprobar si los esfuerzos en cuanto a planificación desde la institucionalidad se ven reflejados en que realmente el aguacate se esté cultivando en las zonas aptas. Ya que se han presentado conflictos por el uso del suelo y sobre todo por el agua en diferentes lugares del país (Arenas, 2021).



Símbolo	Aptitud	Hectáreas	%
Apto	Alta	587.534	0,5
	Media	1.526.916	1,3
	Baja	1.189.772	1,0
	Total	3.304.222	2,9
	No apto	84.965.405	74,5
	Restricciones legal	25.805.343	22,6
	Total	114.074.970	100



Ilustración 2. Mapa de aptitud de suelo para aguacate. Tomado de UPRA.

Esto se realizó para contribuir con el mismo objetivo con el que se construyó el mapa de aptitud. Es decir, “servir como herramienta orientadora para el ordenamiento productivo, el fomento competitivo y la sostenibilidad del sector” y con el ánimo de medir el éxito de los procesos de planificación.

Metodología

Inicialmente se contempló hacer un modelo lineal y una anova, para comprobar si las áreas de crecimiento de aguacate, se dieron en las áreas dispuestas como de aptitud alta, media baja o no apta por la UPRA (Cayueta, 2014). Pero al haber tantos municipios con áreas aptas, áreas sembradas en 2010 o en 2020 de cero. Los datos no distribuían normal, incluso después de hacer transformaciones. Por lo tanto, se decidió optar por análisis de componentes principales y correlogramas (Kassambara, 2017).

Se contaron con los datos de UPRA, el mapa de aptitud de suelo para el cultivo de aguacate (UPRA, 2019), el cual parte del uso de variables edafoclimáticas, criterios como clima, integridad ecológica, mercado laboral, infraestructura y logística y variables como precipitación, pendiente, textura del suelo, saturación de bases, cobertura y uso actual de la tierra y por supuesto cercanía a puertos para la exportación. A su vez, los datos de producción agrícola, específicamente para el cultivo de aguacate, a nivel departamental y municipal con las evaluaciones agrícolas EVAs (Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2018), e información disponible del censo agrícola y del censo poblacional para caracterizar los municipios, específicamente del año 2010 y 2020 (UPRA, 2021), a manera de comparación y de cálculo del crecimiento de las áreas de cultivo.

Preprocesamiento y manejo de los datos

Los paquetes de R que se usaron fueron los siguientes: readxl, dplyr, tidyr, stringi, stats, FactoMineR, factoextra, ggplot2, corrplot

Se construyen las tres bases de datos: la correspondiente al mapa de aptitud, a las áreas sembradas en 2010, y a las áreas sembradas en 2020.

Sin embargo, los datos aptitud están constituidos por polígonos, por lo que se sumaron las áreas para obtener un total de cada municipio. Posteriormente, se amplían las columnas a partir de la variable aptitud, para obtener las áreas de cada aptitud (aptitud alta, media baja, no apta y exclusión legal) en cada columna por separado. Esto conlleva a tener “NA”, por lo que se procede a reemplazarlas por “cero” ya que son municipios que no tienen área en alguna de estas columnas.

Fue necesario unificar la escritura de los títulos de las columnas, específicamente municipio y departamento, en las tres bases de datos, ya que en algunas estaban en minúscula o mayúscula y en otras tenían tildes.

```

aptex$Municipio=toupper(stri_trans_general(aptex$Municipio,"Latin-ASCII"))
Area2020$Municipio=toupper(stri_trans_general(Area2020$Municipio,"Latin-ASCII"))
Area2010$Municipio=toupper(stri_trans_general(Area2010$Municipio,"Latin-ASCII"))
aptex$Departamento=toupper(stri_trans_general(aptex$Departamento,"Latin-ASCII"))
Area2020$Departamento=toupper(stri_trans_general(Area2020$Departamento,"Latin-ASCII"))
Area2010$Departamento=toupper(stri_trans_general(Area2010$Departamento,"Latin-ASCII"))

```

Luego, se hace la unión de las tres bases de datos, a partir de la columna “código del municipio” que tienen en común. Se convierten las NA a “cero”, ya que son municipios que el área apta es “cero” y también se eliminan las filas (municipios), que no presenten área sembrada y ninguna aptitud para la siembra de aguacate. Finalmente en esta sección, se crea una columna nueva con el total del área por municipio.

```
temp1=merge(Area2010,Area2020,all=TRUE)
temp2=merge(temp1,aptex,all=TRUE)
temp22=temp2 %>% group_by(Cod_Municipio) %>% summarise_each(funs(max))
```

Warning: `summarise_each()` was deprecated in dplyr 0.7.0.
Please use `across()` instead.

Warning: `funs()` was deprecated in dplyr 0.8.0.
Please use a list of either functions or lambdas:

```
# Simple named list:
list(mean = mean, median = median)

# Auto named with `tibble::lst()`:
tibble::lst(mean, median)

# Using lambdas
list(~ mean(., trim = .2), ~ median(., na.rm = TRUE))
temp22 <- mutate_all(temp22, ~replace(., is.na(.), 0))
temp22=temp22[!apply(temp22[,5:9] == 0, 1, all),]
temp22$Area_total=temp22$`Aptitud alta`+temp22$`Aptitud baja`+temp22$`Aptitud media`+temp22$`Exclusión`
```

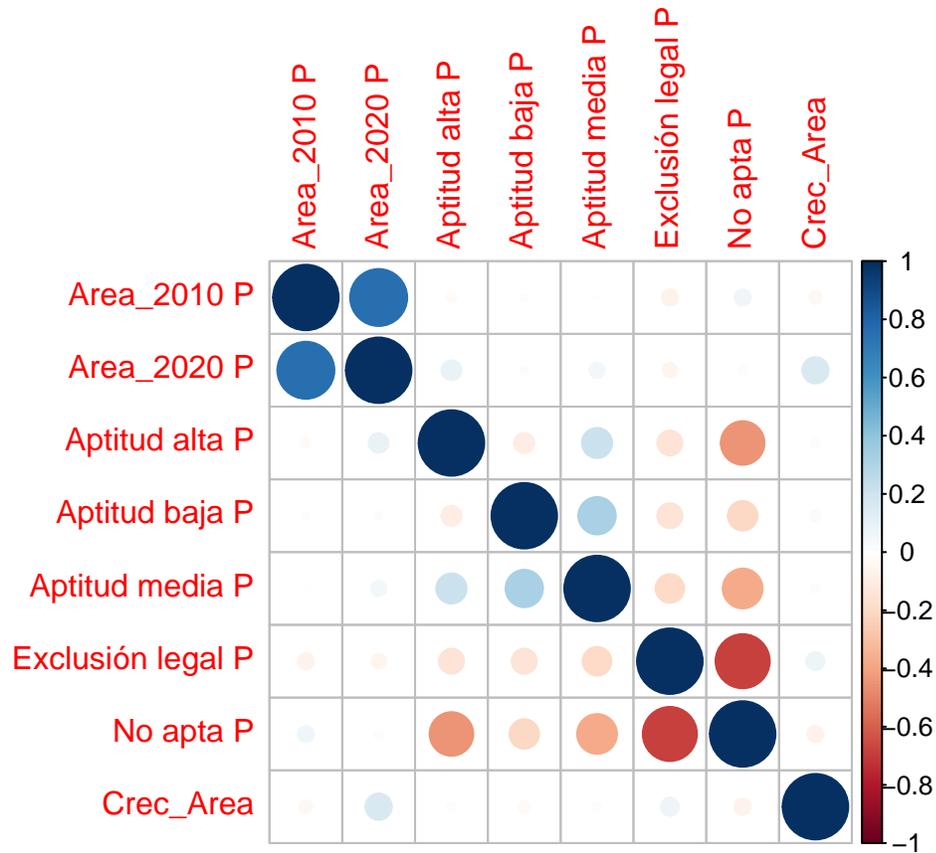
Finalmente, se crean nuevas columnas con las áreas (sembradas o en aptitud) en porcentaje de acuerdo al total del área de cada municipio. Y una variable que indica el crecimiento de las áreas sembradas entre 2010 y 2020.

```
temp23=temp22
for(i in 5:11){
  temp23[, (i+8)]=(temp22[,i]/temp22[,12])*100
  names(temp23)[(i+8)]<-paste(colnames(temp22[i]),"P")
}
temp23$Crec_Area=temp23$Area_2020/(temp23$Area_2010+1)
```

Procesamiento y correlogramas

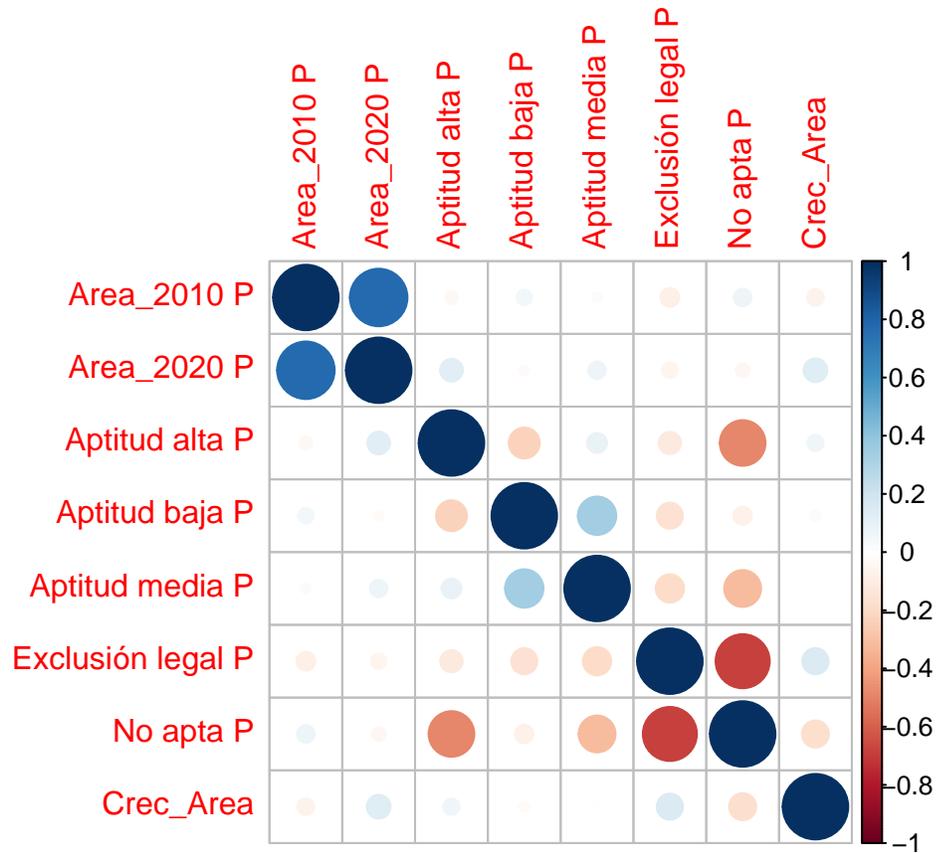
Inicialmente se pretendía construir un modelo lineal, en el cual el área del 2020 estaba en función del área de 2010 y también en función de las áreas en aptitud alta, media baja, no apta y exclusión legal. Sin embargo, se evidenció que habían muchos municipios con áreas muy bajas o “cero” tanto en áreas de aptitud como en áreas de siembra, por lo que los datos no distribuían de forma normal, incluso después de alguna transformación. Por lo tanto, se optó por realizar correlogramas y análisis de componentes principales.

De forma exploratoria se examinó la correlación de las diferentes variables:



Existen algunas correlaciones a saber: La principal es que el área nueva (2020) se concentra principalmente en los municipios en donde ya había área sembrada en 2010. También, existe correlación entre las áreas con aptitud alta, media y baja, lo que indica que los municipios con alguna aptitud para la siembra presentan las tres aptitudes. Otra correlación, aunque más baja, ocurre entre el crecimiento del área sembrada y las áreas con exclusión legal, lo que resultaría preocupante, ya que estas áreas están destinadas a la conservación y protección. En contraste, correlación negativa ocurre entre la aptitud alta y la no apta, es decir, los municipios que tienen una áreas con alta aptitud tienen pocas áreas no aptas, lo que resulta lógico. Pero también hay correlación inversa entre las zonas no aptas y las zonas de exclusión legal. Esto indicaría que las zonas de exclusión legal, tendrían tendencia a albergar áreas de cultivo, a pesar de ser marginales para su siembra.

Se realizó el mismo correlograma para corroborar la información previa:

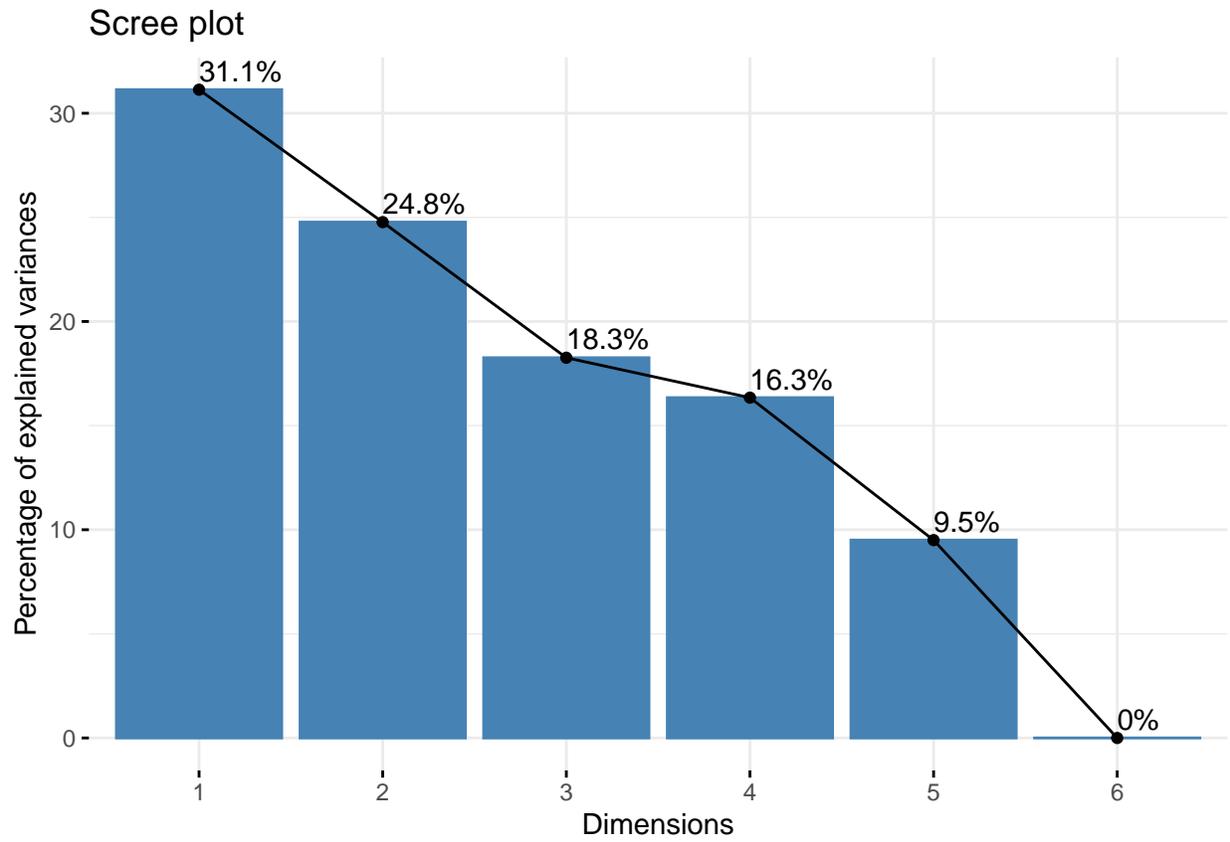


En donde se encuentran relaciones similares, incluso un poco más fuertes.

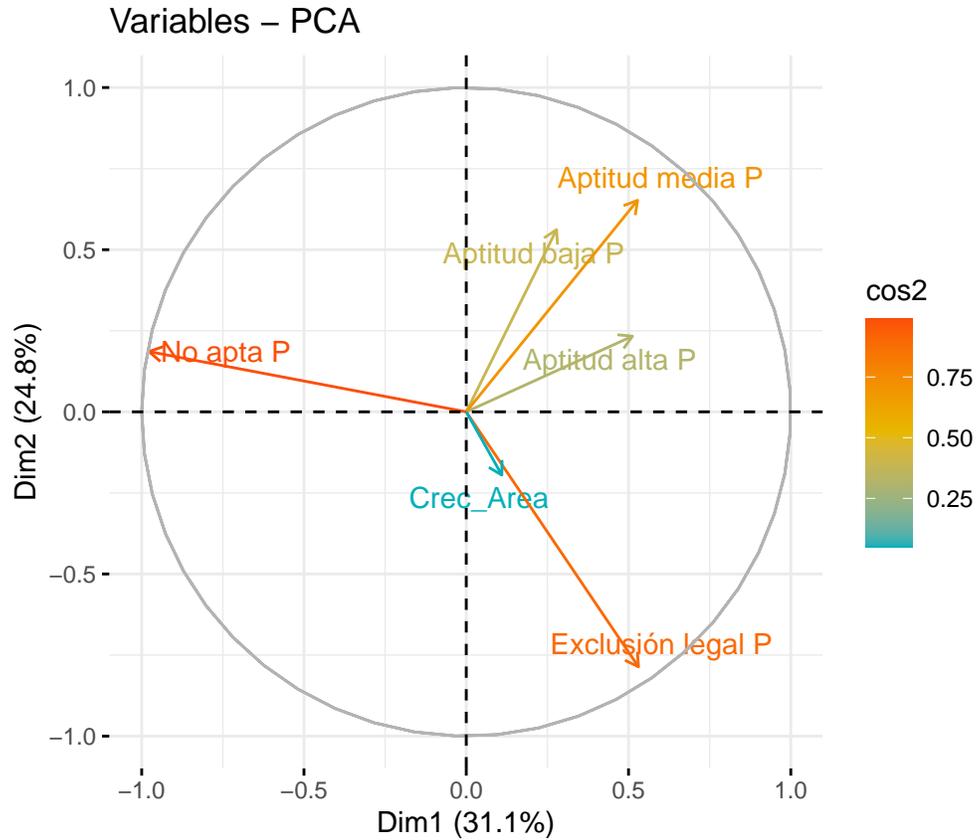
Componentes principales

Se realizó análisis de componentes principales entre las mismas variables, con el fin de entender las relaciones entre las aptitudes y las áreas sembradas (Kassambara, 2017).

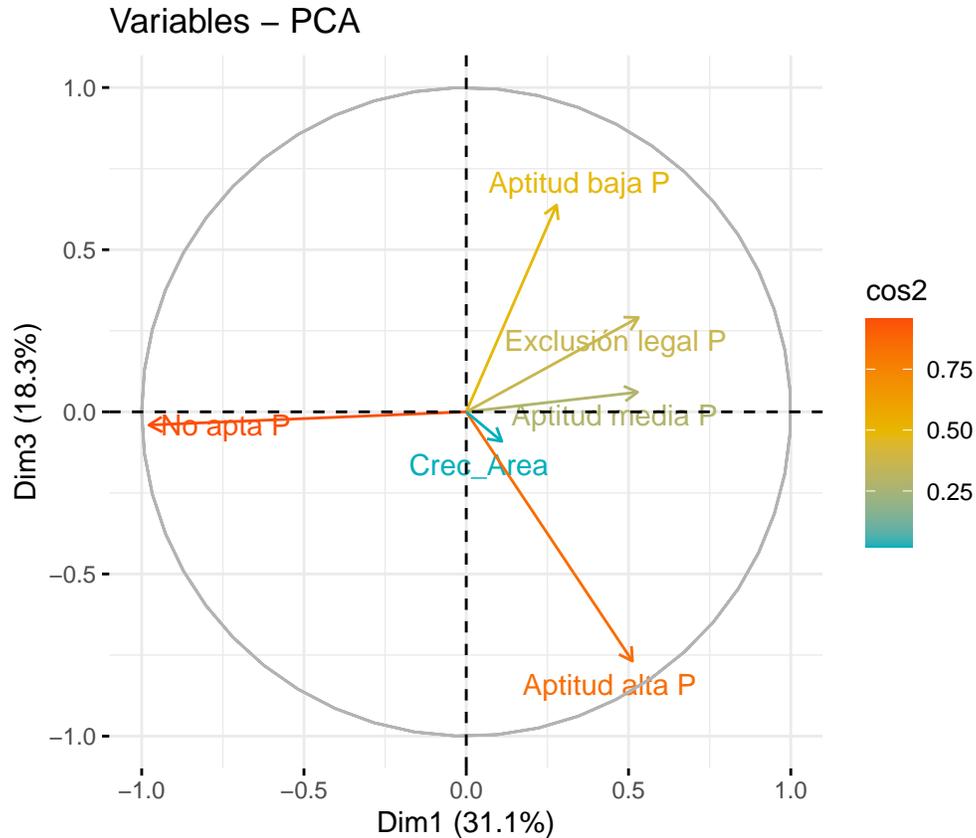
Warning: replacing previous import 'lifecycle::last_warnings' by 'rlang::last_warnings' when loading 'hms'



Vemos que las primeras tres componentes acumulan casi un 80% de la varianza. Esto fue constante entre los diferentes análisis, por esta razón se presentan los gráficos de la primera y segunda dimensión y de la primera y tercera dimensión.



En este primer análisis se pueden observar varias cosas: la primera es que las zonas aptas están juntas, es decir, que los municipios que tienen aptitud de siembra suelen tener las tres aptitudes. La segunda y con preocupación, es que la variable crecimiento de áreas, que es una relación entre las áreas sembradas con aguacate en 2010 y las de 2020, covaría con las áreas destinadas a exclusión legal. Esto puede indicar que las nuevas áreas de aguacate se están presentando en municipios con gran área destinada a reservas. No necesariamente se está presentando causalidad, pero sí existe una relación.

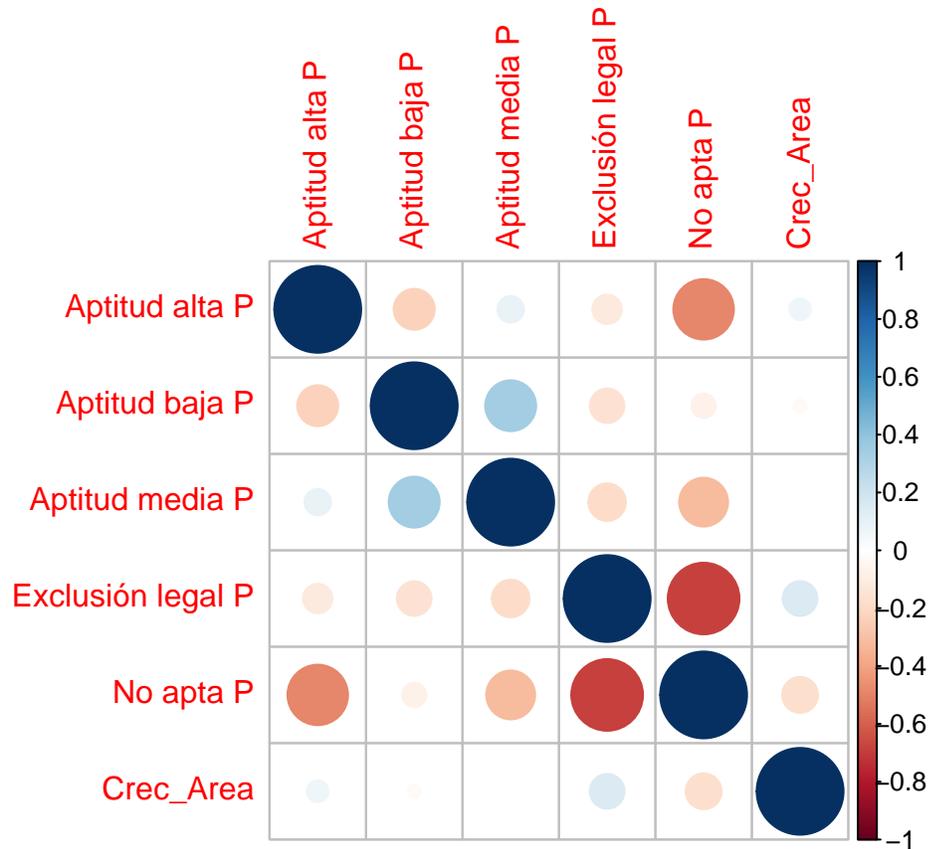


La tercera y analizando la tercera dimensión se observa una covariación de las áreas nuevas sembradas con aguacate y los municipios con mayores valores de áreas asignadas a alta aptitud de siembra. Además, totalmente opuesto a áreas de aptitud baja o no aptas, es decir, que no se están realizando siembras en zonas marginales de cultivo.

Análisis por departamento

Para tratar de entender lo que pasa a una escala menor. Se seleccionaron los seis departamentos que presentaron mayor área de siembra de aguacate en el año 2020, en los cuales se realizó todo el análisis posterior. Estos departamentos fueron: Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima y Valle del Cauca.

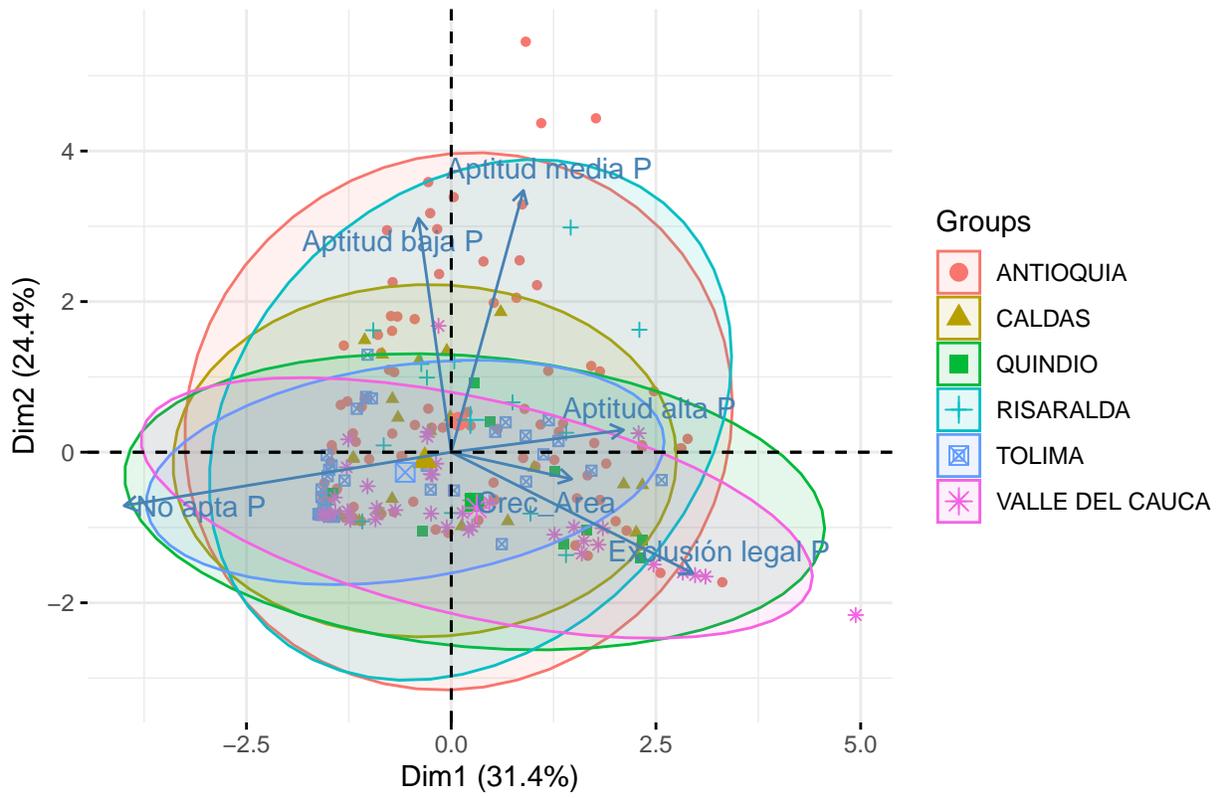
Para iniciar el análisis de los departamentos escogidos se deben seleccionar los datos correspondientes. Esto se realizó mediante la función `filter` del paquete `DPLYR`. Y realizando el análisis inicial de forma similar, iniciando con el correlograma.

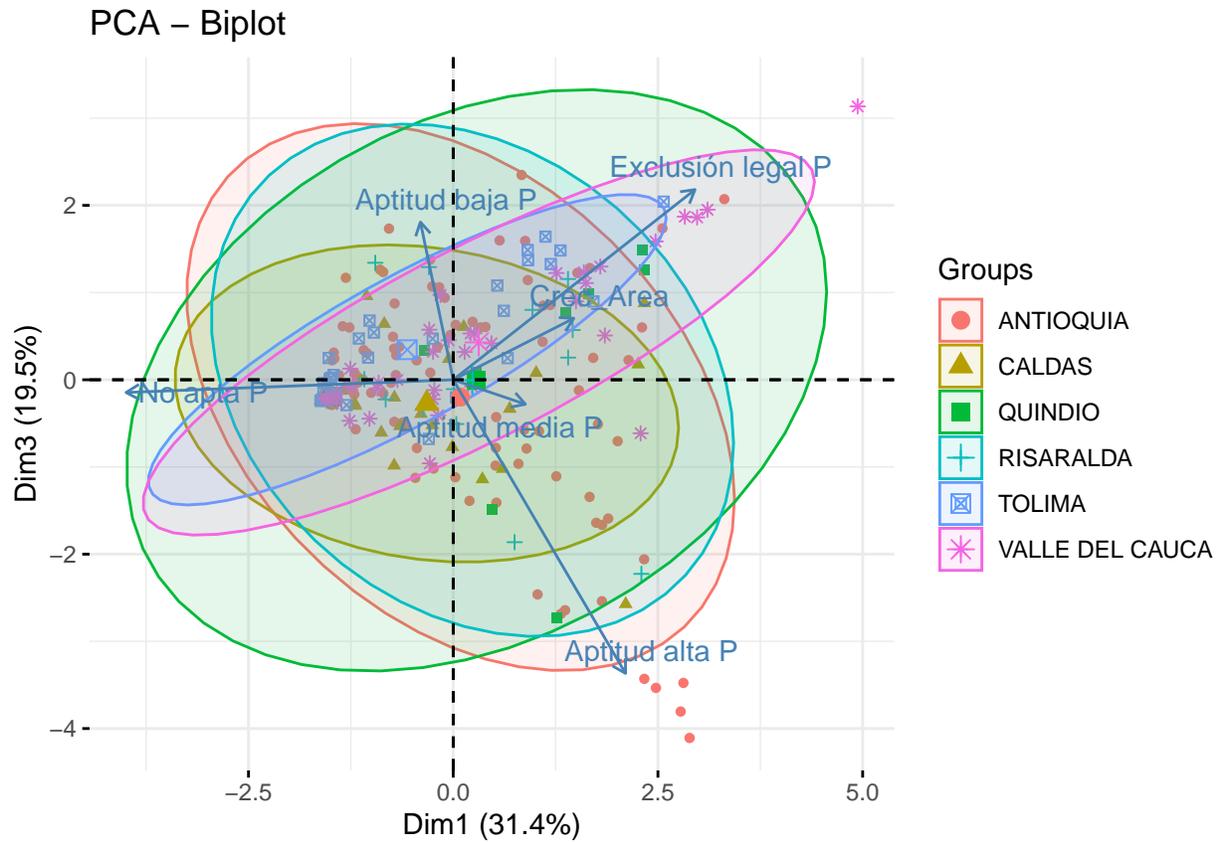


En donde se ven relaciones similares al que se realizó con todos los departamentos, pero las correlaciones son más fuertes.

Seguidamente el primer análisis de componentes principales, incluyendo elipses por departamento, las cuales indican que: El crecimiento es más alto en lugares con exclusión legal y en zonas con aptitud alta. Prácticamente no se siembran nuevas áreas en zonas marginales del cultivo, desde el punto de vista edafoclimático o de infraestructura, pero puede haber un conflicto de uso en cuanto a áreas nuevas en zonas protegidas. Como departamentos representativos de esta situación estarían el Valle del Cauca y el Quindío. A su vez, en Antioquia y Risaralda, está más repartido el crecimiento en áreas con media y baja aptitud. Mientras que en Caldas y Tolima, hay mayor tendencia a tener nuevas áreas de siembra en lugares con aptitud alta.

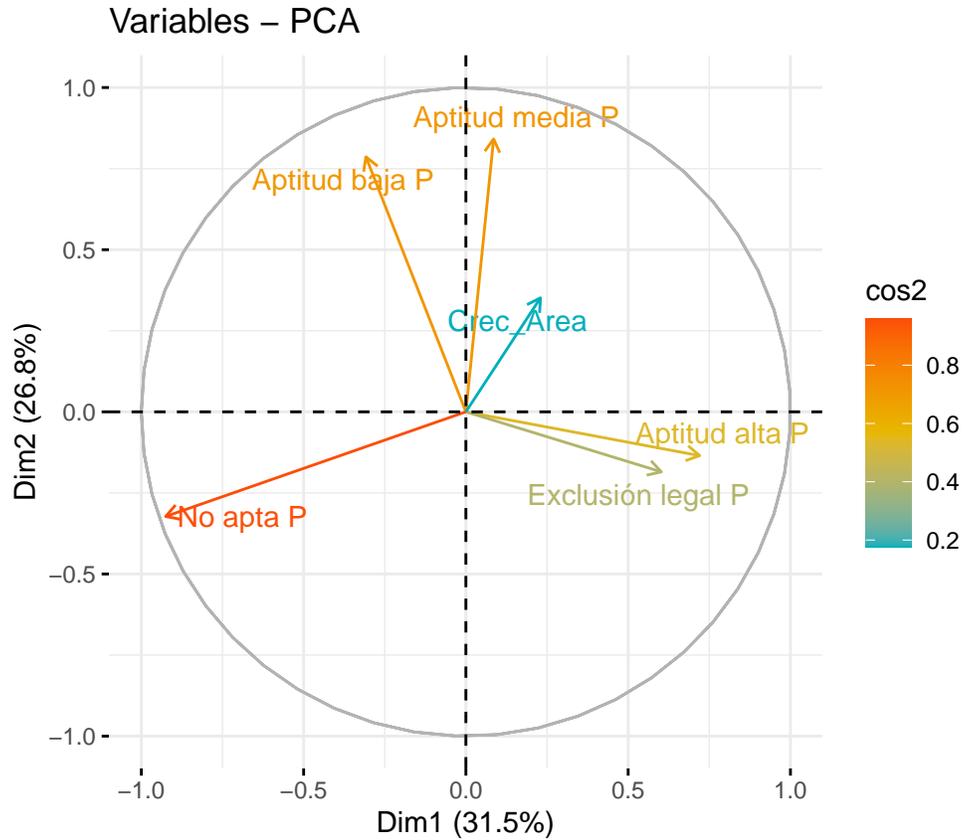
PCA – Biplot



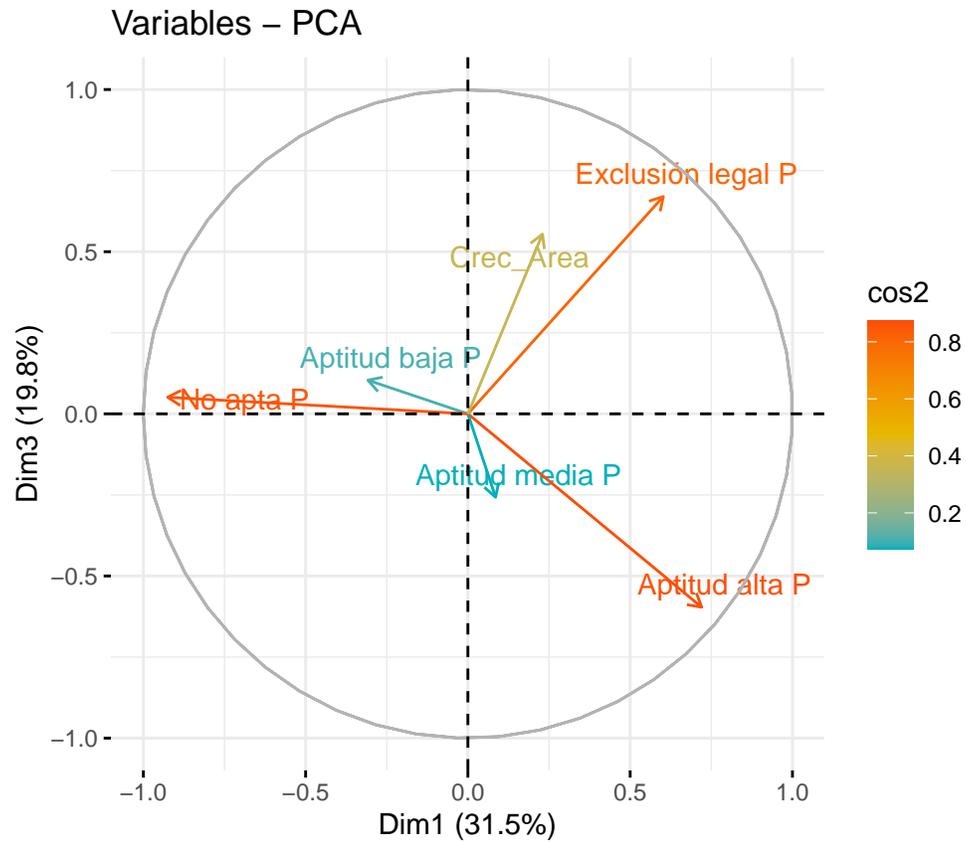


Analizando la dimensión tres, se observa que en el Valle de Cauca y Tolima son más fuertes las covariaciones de áreas de exclusión legal y crecimiento de aguacate. Además, en este biplot se observa que las zonas de aptitud no están relacionadas al crecimiento de áreas nuevas.

Antioquia Analizando de forma individual cada departamento, se puede tener una mejor perspectiva de lo que ocurre.

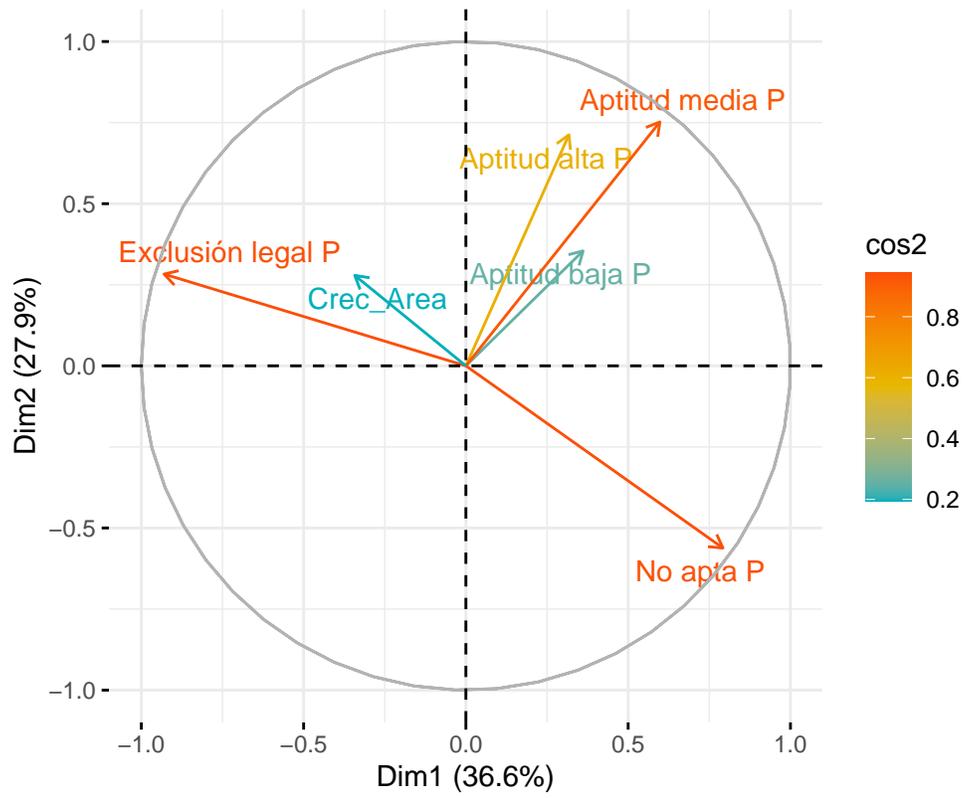


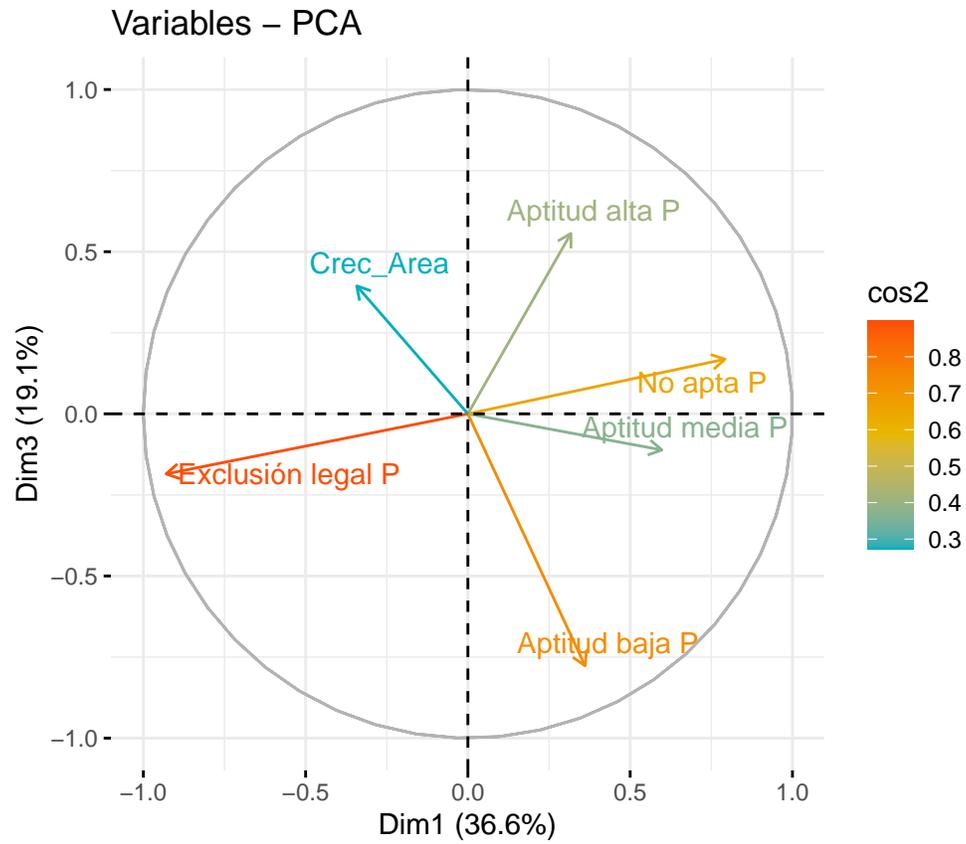
Por ejemplo, en Antioquia, los municipios con mayor aptitud para la siembra, tienen mayores zonas de exclusión legal. Por lo tanto, es difícil diferenciar si el crecimiento se está dando en uno u otro. Pero, como se vio anteriormente, en Antioquia se tiene más cantidad de municipios con aptitud media y baja, en donde se está dando una parte importante del crecimiento de las áreas de aguacate. Y viendo la dimensión tres, hay una parte importante del crecimiento de aguacate en municipios con un área importante de exclusión legal.



Valle del Cauca En el Valle del Cauca es probablemente haya mayor conflicto en el crecimiento de aguacate en zonas de exclusión legal en zonas no marginales, lo cual se evidencia en las tres primeras dimensiones del análisis de componentes principales.

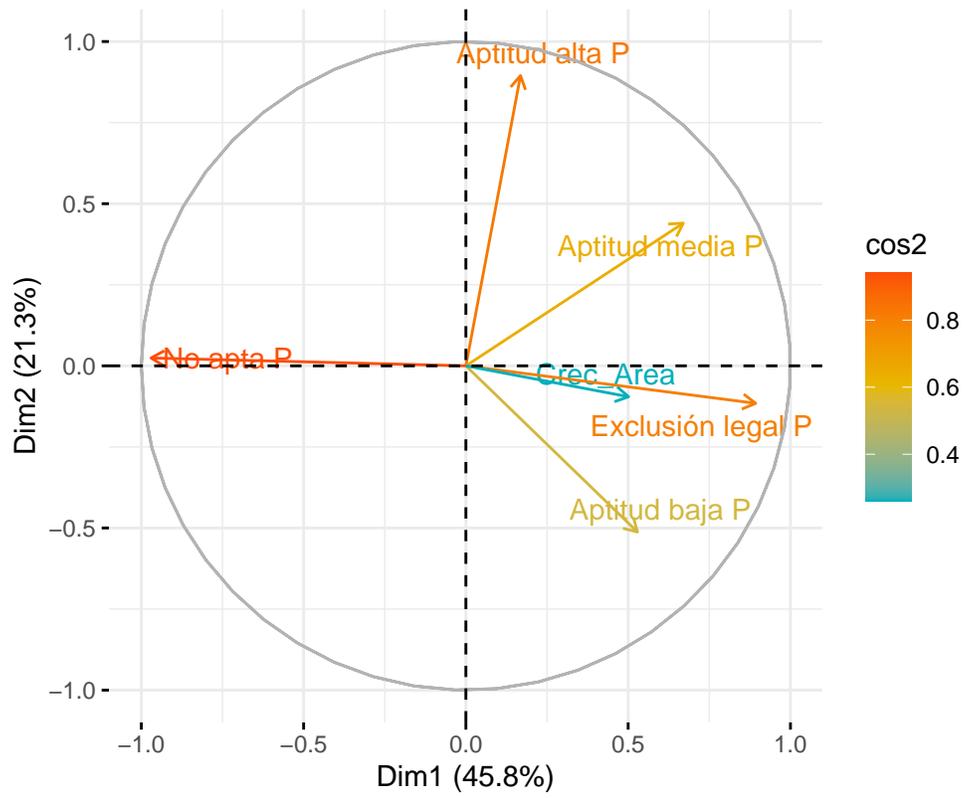
Variables – PCA

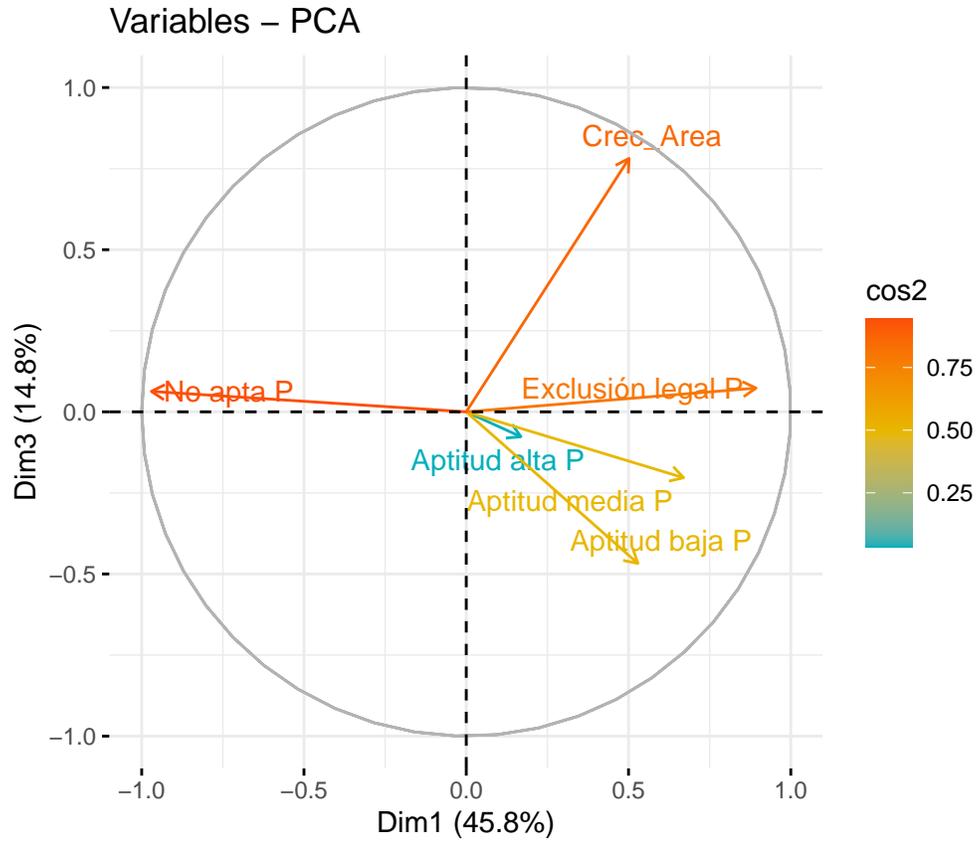




Tolima En Tolima, se observa que el crecimiento se esta dando sobre todo en zonas más marginales, es decir, zonas de aptitud baja-media y zonas de exclusión legal.

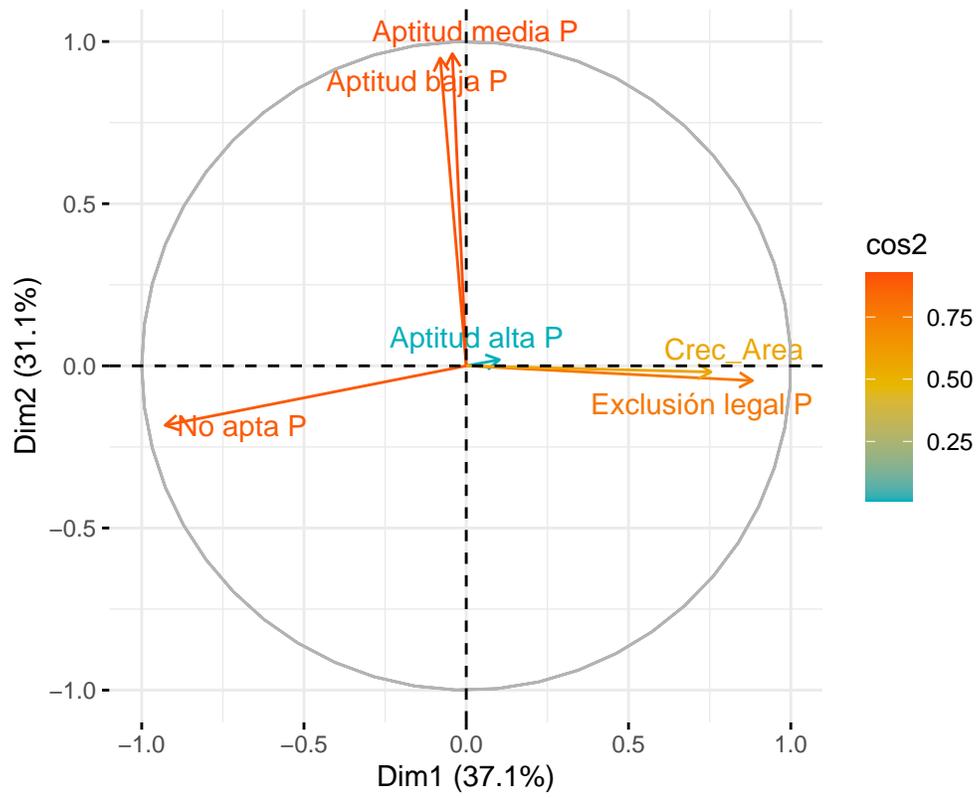
Variables – PCA

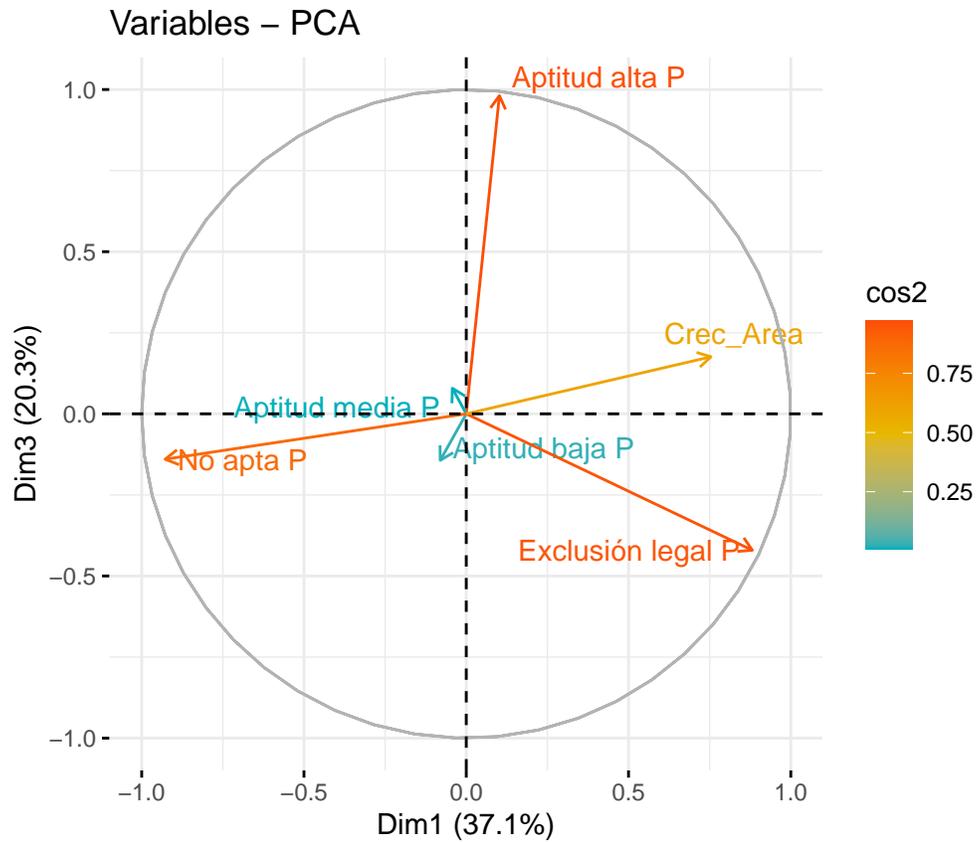




Quindío Similar a lo que sucedía con el Valle del Cauca, Quindío también presenta crecimiento en municipios con aptitud alta, pero con mayor área de exclusión legal. Y es donde probablemente haya un mayor conflicto de uso del suelo en este sentido. Además, no hay crecimiento en áreas con aptitud media y baja, o es posible que en el Quindío no haya muchas áreas con estas aptitudes.

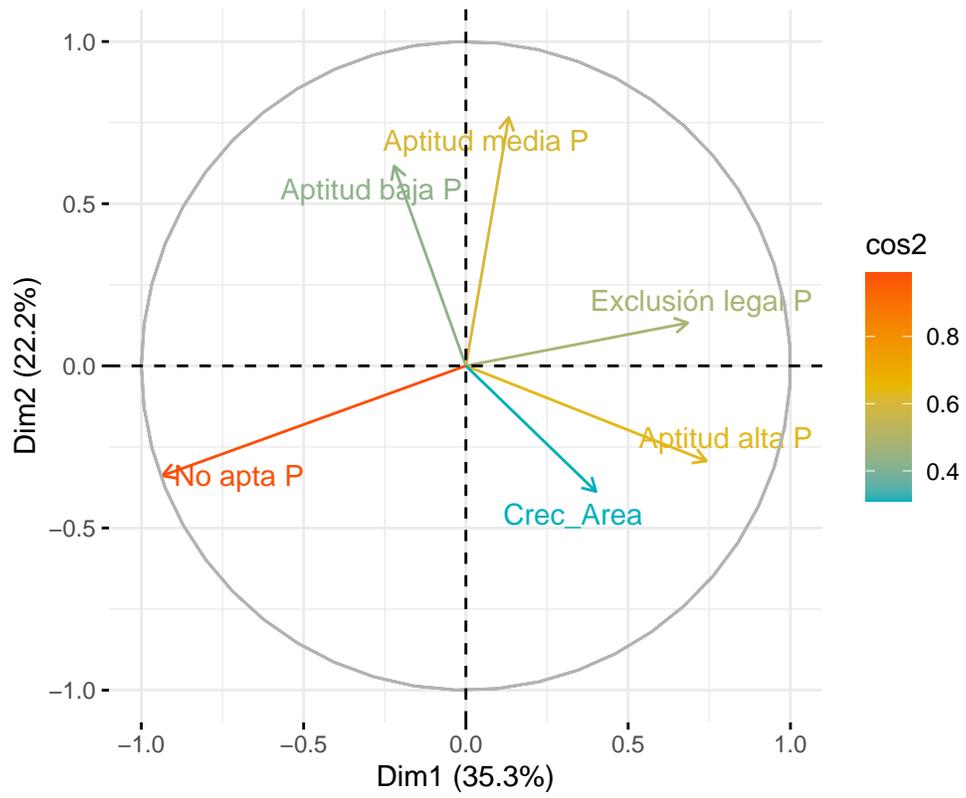
Variables – PCA

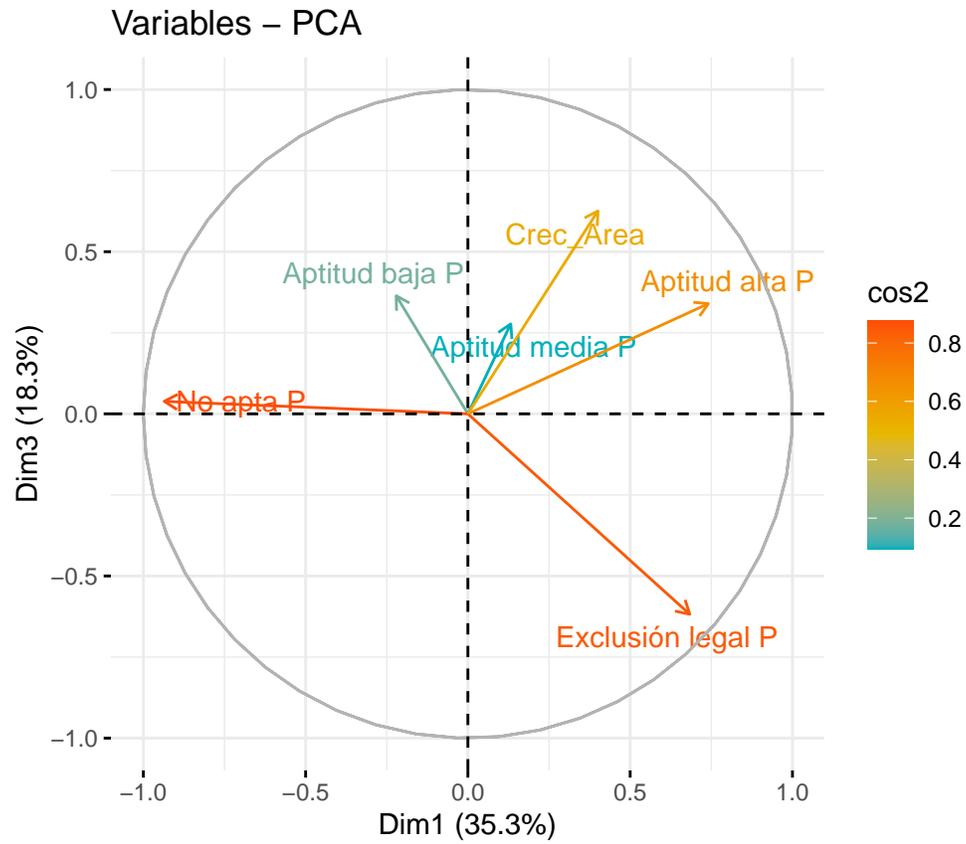




Caldas En Caldas se observa un mayor crecimiento en áreas de aptitud alta, pero también relacionado con zonas de exclusión legal, aunque no tan fuerte como lo visto en el Valle del Cauca y en Quindío. Y las áreas de aptitud baja y media, se presentan en los mismos municipios, aunque no ha habido crecimiento de aguacate en estos.

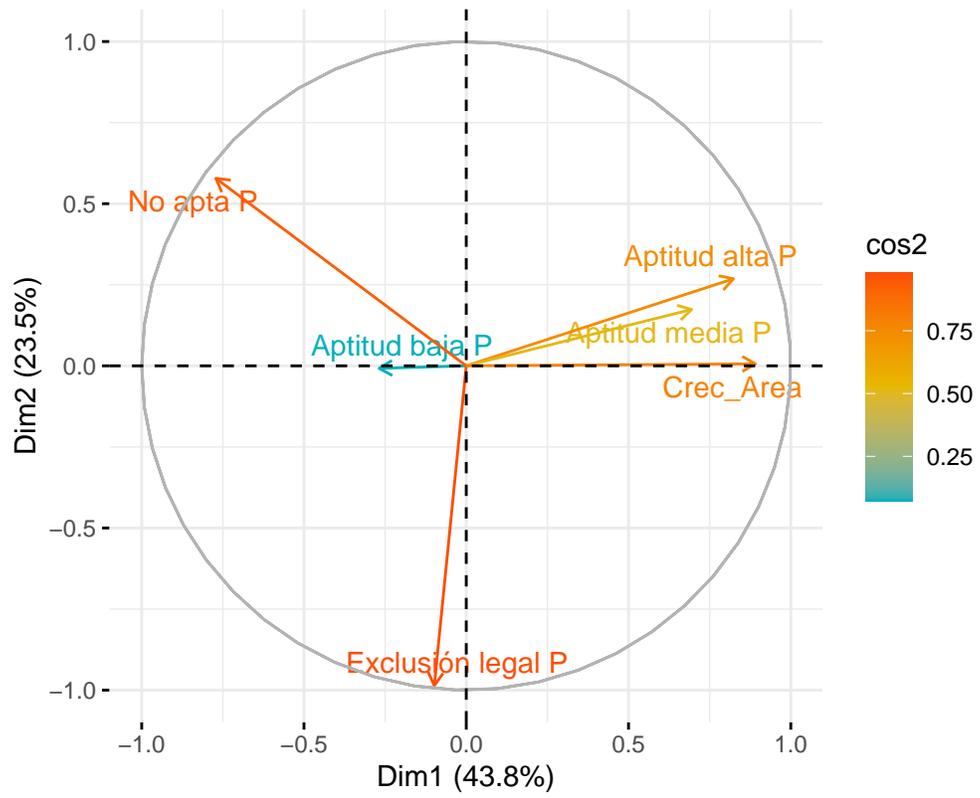
Variables – PCA

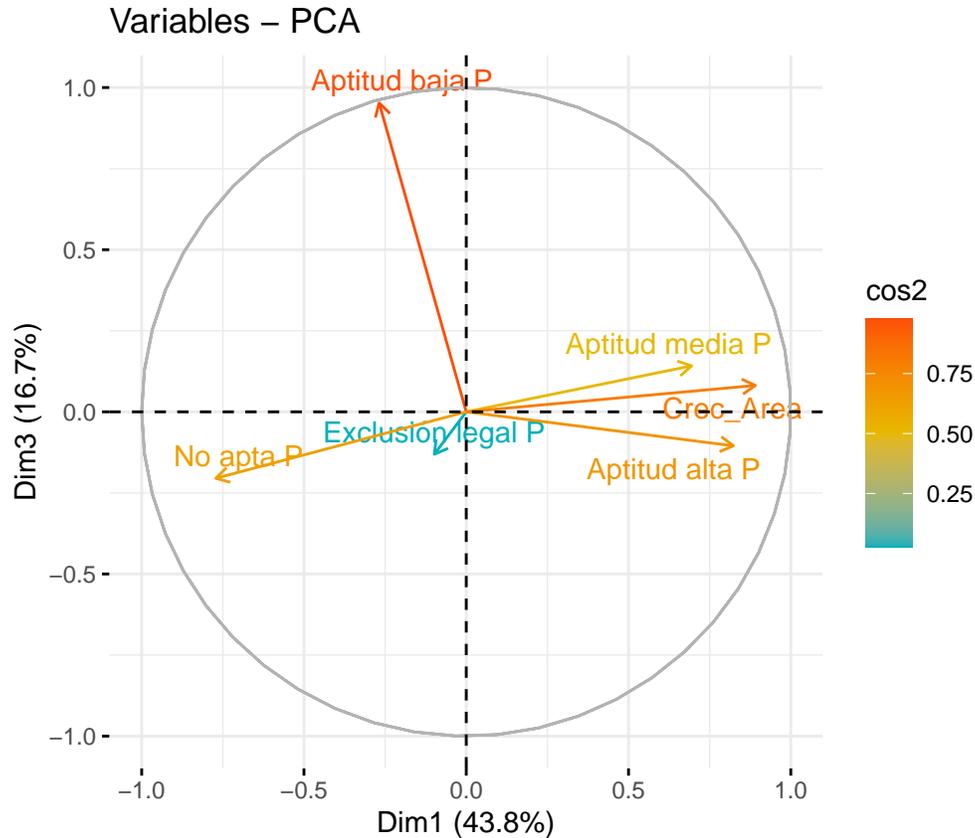




Risaralda Mientras tanto en Risaralda, las áreas de crecimiento se dan principalmente en municipios con media y alta aptitud para la siembra. Lo cual sería el escenario ideal.

Variables – PCA





Conclusiones

En general, en Colombia las áreas de crecimiento de aguacate se están dando en zonas de aptitud alta, lo cual resultaría ideal, sin embargo, también existen nuevas áreas de aguacate en municipios con importantes zonas de exclusión legal (reservas naturales, forestales, resguardos, etc.)

Los departamentos en donde hubo mayor crecimiento de aguacate son: Valle del Cauca, Antioquia y el eje cafetero. Estos departamentos presentarían 3 grupos:

- Valle del Cauca y Quindío, en donde los crecimientos o áreas nuevas de aguacate se están dando en municipios en donde hay mayor área asignada a aptitud alta, pero también mayor área destinada a la exclusión legal.
- Tolima y Antioquia en donde las áreas nuevas se dan en zonas marginales, es decir, aptitud media y baja y zonas de exclusión legal.
- Risaralda y Caldas, en donde las áreas nuevas de cultivo se dan en zona de aptitud media y alta. Escenario ideal.

Finalmente, aunque no se incluyeron por separado en este escrito, existen tres departamentos para un análisis posterior muy interesante, Boyacá, Santander y Cundinamarca, las cuales tienen importantes áreas aptas para la siembra, pero prácticamente no tienen un aumento en el área sembrada. Por lo que deben existir factores socioculturales y económicos para que se decida no sembrar aguacate, aún cuando hayan zonas aptas de desde el punto de vista edafoclimático e infraestructural.

Bibliografía

- Arenas, C. 2021. Artículo de prensa: El aguacate desata conflictos en el Eje Cafetero. 070. Universidad de los Andes. En: <https://cerosetenta.uniandes.edu.co/el-aguacate-desata-conflictos-en-el-eje-cafetero/>
- Cayueta, L., (2014). Modelos lineales: Regresión, ANOVA y ANCOVA. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid
- Kassambara, A. (2017). Practical guide to principal component methods in R: PCA, M (CA), FAMD, MFA, HCPC, factoextra (Vol. 2). Sthda.
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2018. Base agrícola EVAs, Evaluaciones agropecuarias 2007-2017. En: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=59>
- Ministerio de agricultura, 2018. Cadena del aguacate. Indicadores e instrumentos. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2018-07-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- UPRA, 2019. Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate (Persea americana Mill.) variedad Hass en Colombia, escala 1:100.000. https://www.upra.gov.co/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/GEKyUuxHYSXZ/content/la-upra-presenta-la-zonificacion-de-aptitud-para-el-cultivo-comercial-de-aguacate-hass-en-expo-agrofuturo#:~:text=El%20mapa%20de%20aptitud%20de,.772%20ha%2C%20aptitud%20baja.
- UPRA, 2021. Evaluaciones agrícolas municipales 2021. En: <https://www.upra.gov.co/web/guest/eva-2021>