CARACTERIZACION AGRONÓMICA Y CONTENIDO DE CANNABINOIDES EN 10 CULTIVARES DE *Cannabis sativa* L. BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

ROSA ELENA CRAWFORD GUZMAN

Universidad del Magdalena

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería agronómica

Santa Marta, Colombia

2022

CARACTERIZACION Y CONTENIDO DE CANNABINOIDES EN 10 CULTIVARES DE *Cannabis sativa* L. BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

ROSA ELENA CRAWFORD GUZMAN

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Agrónomo

Director (a):

PhD. Verónica Hoyos Castaño

Codirector (a):

PhD., Irma Quintero Pertúz

Línea de Investigación:

Manejo agrosostenible y sanidad vegetal

Grupo de Investigación:

Fitotecnia del Trópico

Universidad del Magdalena

Facultad de ingeniería

ingeniería Agronómica

Santa Marta, Colombia

2022

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Magdalena para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

_____

Jurado

_____

Jurado

Santa Marta, ____ de ____del _20_____

A mi madre, dedico este trabajo de grado con todo mi corazón, la bendición que me da a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Gracias por ser tan paciente y por amarme tanto.

AGRADECIMIENTOS

Con el presente trabajo agradezco a Dios quien como guía estuvo en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A la universidad del Magdalena, el programa de Ingeniería agronómica, y el Grupo de Investigación Fitotecnia del Trópico por la oportunidad de realizar esta pasantía de investigación.

A ALLAN KASSIN, DREAM GREEN Y PHARMASIERRA, por conceder la financiación del proyecto "**PRUEBAS DE EVALUACION AGRONOMICA DE CULTIVARES DE (Cannabis sp.) PARA LA SUBREGION CARIBE Y ANDINA**" del cual hace parte este trabajo de investigación.

A James Bolle, el mejor director científico que cualquier compañía podría tener, por ser mi guía por empoderarme y resaltarme las valiosas virtudes que tengo.

A mi directora del proyecto Verónica Hoyos por la confianza, las oportunidades, por la paciencia en el tiempo que se llevó a cabo la investigación, por creer en mí, por ayudarme a organizar las múltiples ideas presentadas, pero sobre todo por su tiempo y sus conocimientos.

A mi co-directora Irma Quintero y a la profesora Catherine Pardey, por brindarme la oportunidad de trabajar en este proyecto de investigación, por la dedicación y el apoyo durante el proyecto, por ser mi guía a lo largo de mi formación.

Al profesor Gabriel Consuegra por su apoyo, cuando decidí cruzar fronteras a otro país para aprender sobre el cultivo de Cannabis.

A Shaul Correa Correa, quien hizo posible la mejor experiencia de mi vida.

A mi madre Gloria Guzmán, por el amor, por los buenos principios inculcados, por su esmero por mostrarme el camino, por ser tan incondicional, a mis hermanos y mis sobrinos, que día a día están alentándome a seguir adelante, con su amor, respeto y cariño.

A el amor de mi hija, Marieth, por perdonarme cada vez que la privé de su tiempo para poder realizarme como profesional, por estar siempre a mi lado, incentivándome a ser mejor cada día y por creer en mis propósitos de vida.

A todos mis amigos y colegas, en especial a Rosmery Cruz y JonatHan Maestre, con quien resolví muchas dudas y di mis primeros pasos en la gran escalera que un ingeniero camina como profesional.

RESUMEN

La caracterización agronómica y contenido de cannabinoides de *Cannabis sativa* L. busca evaluar e introducir en la producción del cultivo de variedades productivas, resistentes y que cumplan con los parámetros de calidad que requiere el mercado actual. Para llevar a cabo esta investigación, se evaluaron diez cultivares de cannabis bajo invernadero, informados como fuente semillera, siguiendo el protocolo de Pruebas de Evaluación Agronómica-PEA de *Cannabis* desarrollado por el ICA. El desarrollo de esta evaluación se realizó en la Subregión Natural denominada Caribe (Palomino- La Guajira). Todo el material se obtuvo a partir de un sistema de propagación clonal y fue sembrado a densidades comerciales de siembra (9 plantas/m^2 en fase vegetativa y 4 plantas/m^2 en floración) dentro de un invernadero, bajo un diseño en bloques completamente al azar, donde el factor de bloqueo fue la luminosidad. El fotoperiodo empleado fue de 18 horas para la fase vegetativa de las primeras cuatro semanas y de 12 horas luz para la fase floración durante las siguientes ocho a once semanas antes de cosecha. Para toma de las variables agronómicas se tuvieron en cuenta todos los individuos en cada repetición, para la concentración de cannabinoides se realizó una muestra compuesta de diez plantas, correspondientes para cada cultivar, en los 3 bloques. Los resultados de concentración de cannabinoides indicaron que tres cultivares fueron no psicoactivos (PS111, PS153 y PS165) con un rango de CBD de 17,48 a 21,33%. Los otros siete cultivares (PS108, PS11, PS42, PS55, PS57, PS60 y PS97) pertenecieron a la categoría psicoactivo dado que el rango de THC entre estos fue de 14,93 a 24,38%. El rendimiento en biomasa estuvo entre los 295,84 a 385,63 g/planta, mientras que el peso de flor seca estuvo entre 33,74 a 70,07g/planta, evidenciando de esta forma que tanto a nivel de cannabinoides y de rendimiento, las condiciones ambientales de la Subregión Caribe (Palomino) pueden ser favorables para el desarrollo de estos cultivares. Los cultivares evaluados son promisorios para el uso farmacéutico de cannabis no psicoactivo y psicoactivo, por las concentraciones altas y estables de CBD y THC. Los óptimos rendimientos bajo densidades comerciales de siembra, la tolerancia a condiciones ambientales extremas características de la Subregión Caribe y al ataque de plagas y enfermedades, permite concluir que los cultivares evaluados son aptos para obtener el Registro Nacional de Cultivares.

Palabras claves: Cannabinoides, cannabidiol (CBD), cultivares, delta-9-tetrahidrocannabinol (THC), cannabigerol (CBG),

Abstract

The objective of the characterization and content of cannabinoids of *Cannabis sativa* L. is to develop and introduce into the production of the crop productive, resistant varieties that comply with the quality parameters required by the current market. To carry out this research, ten cannabis genotypes were evaluated under greenhouse, reported as seed source, following the Cannabis Agronomic Evaluation-PEA Test protocol developed by the ICA. The evaluation was carried out in the Natural Subregion called Caribbean (Palomino- La Guajira). All the material was developed from a clonal propagation system and was sown at commercial planting densities (9 plants/m^2 in vegetative phase, and 4 plants/m^2 in flowering), inside a greenhouse under a completely randomized block design, where the blocking factor was luminosity. The photoperiod used was 18 hours for the vegetative phase of the first four weeks and 12 light hours for the flowering phase during the following 8-11 weeks before harvest. For the concentration of cannabinoids, a sample composed of ten plants of each repetition (3 blocks) was made. The cannabinoid concentration results indicated that three genotypes were Non-Psychoactive (PS111, PS153 and PS165) with a CBD range of 17.48 to 21.33%. The other seven genotypes (PS108, PS11, PS42, PS55, PS57, PS60 and PS97) belonged to the psychoactive category since the THC range among these was from 14.93 to 24.38%. The biomass yield was between 295.84 to 385.63 g/plant, while that of only dry flower was between 33.74 to 70.07g/plant, thus showing that both at the level of cannabinoids and yield, the environmental conditions of the Caribbean Subregion (Palomino) may be more favorable for the development of these genotypes. The genotypes evaluated are promising for the pharmaceutical use of non-psychoactive and psychoactive cannabis not only due to the high and stable concentrations of CBD and THC but also due to their optimal yields under commercial planting densities (9 and 4 plants/m^2), due to tolerance to extreme environmental conditions characteristic of the Caribbean Subregion and to the attack of pests and diseases, therefore, they are eligible to obtain the National Registry of Cultivars.

Keywords: Cannabinoids, cannabidiol (CBD), genotypes, delta-9-tetrahydrocannabinol (THC), cannabigerol (CBG).

CONTENIDO

1. INTRODUCCION 12
2. OBJETIVOS 15
3. ESTADO DEL ARTE 16
4. MARCO CONCEPTUAL 19
4.1 Cannabis: *Cannabis sativa* L. 19
4.2 HISTORIA DE C. Sativa 19
4.3 DESCRIPCION BOTANICA 20
4.4 CULTIVO 20
4.5 SEMILLAS SEXUALES 21
4.6 CRECIMIENTO VEGETATIVO 23
4.7 PREFLORACION 24
4.8 FLORACION 24
5. MATERIALES Y MÉTODOS 25
5.1 LOCALIZACIÓN (SUBREGION NATURAL) 25
5.2 MATERIAL VEGETAL 26
5.3 DISEÑO EXPERIMENTAL 27
5.4 CONDICIONES DEL CULTIVO 28
5.5 MANEJO AGRONÓMICO DE RIEGO, FERTILIZACIÓN, PLAGAS Y ENFERMEDADES 30
5.6 VARIABLES EVALUADAS 30
5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO 37
6 RESULTADOS 39
6.4 COMPORTAMIENTO DE LOS CULTIVARES CON BASE EN LAS VARIABLES CUALITATIVAS 39
6.4.6 Pigmentación antociánica en diferentes órganos. 39
6.4.7 Color del tallo principal e intensidad del verde de la hoja 41
6.4.8 Profundidad de surcos y médula 42
6.5 COMPORTAMIENTO DE LOS CULTIVARES CON BASE EN LAS VARIABLES CUANTITATIVAS 43
6.5.6 Días a emergencia del esqueje 43
6.5.7 Días a floración 43
6.5.10 Variables cuantitativas vegetativas y reproductivas. 45
6.6 ANÁLISIS DE POTENCIA – CONTENIDO DE CANNABINOIDES 48

6.7 RESPUESTA A PLAGAS Y ENFERMEDADES 49
7 DISCUSIÓN 53
8 CONCLUSIONES 59
9 BIBLIOGRAFÍA 60
10 Anexo 1 65

Lista de figuras

Figura 1. Etapas de crecimiento de la semilla antes de emergencia. Tomado de CANNAWORLDCONGRESS: Rasgos fenotípicos, nutricionales y anatómicos a lo largo de las generaciones de una cepa de Cannabis sativa Lin. Var. C.G. 23
Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio “Palomino”. 25
Figura 3. Diseño experimental....27
Figura 4. Pigmentación antociánica en diferentes órganos de la planta. a. peciolo, b. corona y c. flor....40
Figura 5. a. Color del tallo principal y b. Intensidad del color verde de la hoja para las 60 plantas de los cultivares evaluados.....42
Figura 6. Profundidad de surcos para las 60 plantas de los cultivares evaluados. 43
Figura 7 . Respuesta al ataque de ácaros a. Incidencia de ácaros por cultivares para los tres bloques del diseño experimental. b. Número promedio de ácaros (severidad de la infestación) encontrados por punto muestral. 50
Figura 8 Ataque de Botrytis cinerea. a. Incidencia de Botrytis sp. por cultivares para los tres bloques del diseño experimental. b. Severidad de Botrytis cinerea en grados del avance de la enfermedad para cada cultivar.....51

Lista de tablas

Tabla 1 Definiciones y códigos de estados de crecimiento de plantas de C. sativa L. (Mediavilla et al., 1998. Decimal code for growth stages of hemp (Cannabis sativa L.). Traducido por Rodríguez (2011)). 16
Tabla 2. Descripción y codificación de cultivares de la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cannabis psicoactivo 26
Tabla 3. Desarrollo de plantas madre y ciclo de cultivo de la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA). 29

Tabla 4. Variables cualitativas evaluadas en la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de cannabis psicoactivo 31
Tabla 5 .Variables cuantitativas evaluadas en la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de cannabis psicoactivo 31
Tabla 6 Codificación de descriptores cualitativos y cuantitativos evaluadas en la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de cannabis psicoactivo 32
Tabla 7 Variables categóricas evaluadas en la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de cannabis no psicoactivo, relacionadas con resistencia a plagas y enfermedades 37
Tabla 8. Días a primer brote foliar, días a floración y días a cosecha de todos los cultivares evaluados 44
Tabla 9. Variables cuantitativas en estado vegetativo y reproductivo. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias de las variables cuantitativas relacionadas con el desarrollo y producción de cultivares de cannabis de la prueba de evaluación agronómica en la Subregión Caribe. 46
Tabla 10 Continuación- Comparación de medias 47
Tabla 11 Análisis de potencia – contenido de cannabinoides. 49

1. INTRODUCCION

El cannabis (*Cannabis sativa* L., C. sativa), perteneciente a la familia *Cannabaceae*, es una planta ampliamente conocida debido a sus usos como medicinales, alimenticios, y fuente de fibras textiles de alta calidad, entre otros (Scuderi et al., 2009).

Dentro de sus principales beneficios terapéuticos se encuentra una gran cantidad de efectos que incluyen propiedades anticonvulsivas, sedantes, hipnóticas, antipsicóticas, antiinflamatorias y neuroprotectoras (Scuderi et al., 2009). Durante la última década han surgido evidencias de los beneficios terapéuticos del cannabis en el tratamiento de enfermedades neurológicas y neurodegenerativas, con una eficacia potencial como analgésico y antiemético. Igualmente, para el tratamiento del dolor relacionado con el cáncer o los efectos secundarios del tratamiento contra esta enfermedad como las náuseas y vómitos (Afrin et al., 2020).

El tetrahidrocannabinol THC (∆9-THC) es el componente activo principal del cannabis y junto con el Δ8- tetrahidrocannabinol (∆8-THC), imitan la acción de la anandamida, un neurotransmisor producido de forma natural en el organismo. El THC produce el “efecto psicoactivo” asociado al cannabis a causa del enlace con el receptor CB1 del cerebro (Laverty et al., 2019). El cannabidiol (CBD) es el principal componente no psicotrópico de los tricomas del cannabis. A nivel fisiológico el CBD actúa como agonista parcial de los receptores CB2, PPARGAMMA, 5-HT1A y TRPV1. Por esta razón, el CBD carece de los efectos psicotrópicos no deseados del THC, por lo que representa uno de los componentes bioactivos de esta planta con el mayor potencial para uso terapéutico (Scuderi et al., 2009).

Un número cada vez mayor de estudios preclínicos ha establecido que ∆9-THC puede inhibir el crecimiento y la proliferación de células cancerosas a través de la modulación de los receptores de cannabinoides (CB1R y CB2R), pero la confirmación clínica sigue siendo (Afrin et al., 2020). Paralelamente, las propiedades anticancerígenas de los cannabinoides no THC, como el cannabidiol (CBD), están relacionadas con la modulación de receptores acoplados a proteínas

G, No-CB1R/CB2R, receptores de neurotransmisores y factores de transcripción regulados por ligandos, que juntos modulan la señalización oncogénica y la homeostasis REDOX. Evidencia adicional también ha demostrado las propiedades antiinflamatorias de los cannabinoides, y esto puede resultar relevante en el contexto del edema peritumoral y el microambiente inmunitario del tumor (Mechoulam et al., 2002).

En relación con su tipo de uso, el cannabis puede clasificarse como grupo de medicamentos trans-Δ-9-tetrahidrocannabinol (THC), grupo de cáñamo de fibra o grupo de aceite de semilla (Gallo-Molina et al., 2019) Y según su perfil y concentración de cannabinoides, De Meijer (2014) clasifica las plantas de cannabis en diferentes quimiotipos. El quimiotipo I corresponde a las plantas con una alta proporción de THC/cannabidiol (THC/CBD) (>1); las plantas con una proporción intermedia (≈1) se definen como quimiotipo II; las plantas de tipo fibra con una relación THC/CBD baja (<1) se definen como quimio tipo III; las plantas que contienen ácido cannabigerólico (CBGA) como cannabinoide principal se definen como quimiotipo IV y el quimiotipo V casi no contiene cannabinoides.

En el 2016, Colombia se convirtió en el cuarto país de América Latina en legalizar el cannabis con fines medicinales y científicos. Desde ese momento, y en los próximos años, se espera un aumento del cultivo de *Cannabis sativa* adaptados a los marcos regulatorios en Colombia y todo el mundo, que puedan promover la constitución de nuevas empresas y explotar productos obtenibles del cannabis (Calderón Vallejo et al., 2017).

A la fecha, el desarrollo de variedades de cannabis en Colombia ha sido realizado por cultivadores y de forma artesanal, principalmente enfocadas para el uso recreativo. El estudio de Florian et al. (2009) demostró que, en muestras cultivadas de cannabis en Colombia impera el alto contenido de THC más que el de CBD y que estas variedades han logrado adaptarse y ser productivas bajo las condiciones ambientales de los Llanos Orientales, Región del Cauca, Sierra Nevada de Santa Marta y el Eje Cafetero. Dado lo anterior, el cultivo de cannabis medicinal en Colombia enfrenta varios desafíos agronómicos relacionados principalmente con el

establecimiento y adaptación de cultivares idóneos para las condiciones ambientales del país y la variabilidad de los sistemas de producción.

Como se resalta anteriormente y teniendo en cuenta las capacidades de desarrollo medicinal, empresarial, industrial y de investigación del uso que tiene el Cannabis tipo psicoactivo y no psicoactivo para Colombia, el objetivo principal de este trabajo de investigación fue evaluar la variabilidad fenotípica existente de 10 cultivares, determinando las variables morfológicas y agronómicas que más contribuyen a la diferenciación fitoquímica de las accesiones en fase reproductiva, además de los rendimientos y adaptabilidad de los mismos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

2.1.1 Evaluar el comportamiento agronómico y diferenciación fitoquímica en 10 variedades de *Cannabis sativa* L. bajo condiciones de invernadero en la subregión Caribe seco.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Evaluar la variabilidad fenotípica 10 variedades de *Cannabis sativa* en 10 cultivares en la subregión Caribe-Seco bajo invernadero.

2.2.2 Determinar la fenología, rendimiento, incidencia de plagas y enfermedades de las diez cultivares de *Cannabis sativa*.

2.2.3 Determinar el contenido de cannabinoides en 10 cultivares de *Cannabis sativa* en la subregión Caribe-Seco bajo invernadero.

3. ESTADO DEL ARTE

Estudios realizados en *Cannabis sativa* L. informan que las plantas medicinales como las Cannabaceae, son plantas anuales que contienen cannabinoides, terpenoides, flavonoides y lignanos como metabolitos secundarios, estos constituyentes tienen innumerables propiedades terapéuticas, potencias que van desde analgésico, anti-espasmodico, anti- temblor, anti-inflamatorio, antioxidante, inmunosupresor, antieplileptico, antideresivo (Gautam et al., 2013).

Esto ha conllevado a que, en los últimos años, los cultivares de *C. sativa* han tenido un buen auge en todo el mundo dentro de las grandes industrias farmacéuticas; sin embargo, existe una brecha importante en el conocimiento del manejo agronómico del cultivo, ya que se ha detallado basándose más en la experiencia que en la experticia. Algunos de los estudios que se han realizado se comentan a continuación.

En la publicación de Fassio et al. (2013) describe que Mediavilla et al., (1998) desarrollaron un código de 4 dígitos, para realizar la descripción fenológica del cáñamo, basándose en la propuesta de Zadoks et al., (1974) para cereales (Tabla 1).

Tabla 1 Definiciones y códigos de estados de crecimiento de plantas de C. sativa L. (Mediavilla et al., 1998. Decimal code for growth stages of hemp (Cannabis sativa L.). Traducido por Rodríguez (2011)).

Código	Definición	Observaciones
Germinación y emergencia		
0000	Semilla seca	
0001	Radícula visible	
0002	Emergencia del hipocótilo	
0003	Cotiledones desplegados	
.		
.		

Estado vegetativo hace referencia al tallo principal. Las hojas se consideran desplegadas cuando los foliolos tienen al menos un centímetro de largo.

1002	1er par de hojas	1 foliolo
1004	2do par de hojas	3 foliolos
1006	3er par de hojas	5 foliolos
1008	4to par de hojas	7 foliolos
1010	5to par de hojas	
.		
.		
10xx	n par de hojas	XX=2(n par de hojas)

Floración y formación de semillas se refiere al talo principal incluyendo sus ramificaciones

2000	Punto GV	Cambio de filotaxis en el tallo principal de opuestas a alternada. Distancia entre los peciolos de hojas alternadas de al menos 0.5 cm.
2001	Primordio floral	Sexo casi indistinguible.
PLANTA DIOICA		
macho		
2100	Formación de flores	Primeras flores con estambres cerrados
2101	Comienzo de floración	Primeras flores con estambres abiertos
2102	Floración	50% de flores con estambres abiertos
2103	Fin de la floración	95% de flores con estambres abiertos
hembra		
2200	Formación de flores	Primeras flores con gineceo. Brácteas sin estilos
2201	Comienzo de floración	Estilo de las primeras flores femeninas
2202	Floración	50% de las brácteas formadas
2203	Comienzo madurez de semilla	Primeras semillas duras
2204	Madurez de semilla	50% de las semillas duras
2205	Fin madurez de la semilla	95% de las semillas duras o partidas
PLANTA MONOICA		
2300	Formación de flores femeninas	Primeras flores con gineceo (pistilo). Brácteas con perigonal sin gineceos
2301	Comienzo de la floración femenina	Primeros gineceos visibles
2302	Floración femenina	50% de las brácteas formadas
2303	Formación de flores masculinas	Primeras flores con estambres cerrados
2304	Floración masculina	La mayor parte de las flores con los estambres abiertos
2305	Comienzo de la madurez de la semilla	Primeras semillas duras
2306	Madurez de la semilla	50% de las semillas duras
2307	Fin de madurez de semilla	95% de las semillas duras y partidas

Senescencia

3001	Desecación de hojas	Las hojas se secan
3002	Desecación del tallo	Las hojas se caen
3003	Descomposición del tallo	Liberación de las fibras del floema

C. sativa es un cultivo polivalente que también ha sido de importancia económica en el mundo textil, por ejemplo, Amaducci et al. (2008) evaluaron la densidad de las plantas y el tiempo de cosecha sobre el impacto en la determinación de la producción de fibra y flores en términos de cantidad y calidad, concluyendo que el aumento de la densidad de siembra da como resultado un aumento de la producción de fibra y no de flores.

Por su parte, Zuk-Golaszewska & Golaszewski (2018) revisan aspectos botánicos, productividad del cultivo, aplicaciones industriales, propiedades medicinales y estándares agronómicos de un cultivo al aire libre en el noreste de Europa. Este estudio describe las semillas, los requisitos del suelo, los regímenes de fertilización, la cosecha de plantas / hierbas y los beneficios ambientales del cannabis medicinal cultivado en el campo. Además, muestra los parámetros de calidad del cannabis medicinal y aspectos medioambientales.

La producción de medicamentos a base de cannabis es un proceso complejo, que comienza con la producción de materia prima y termina en el tratamiento medicinal. El proceso de producción de cannabis medicinal implica cinco etapas críticas: 1) cultivo interior o exterior, 2) control de calidad de la planta, 3) procesamiento y manipulación de productos farmacéuticos de cannabis, 4) seguridad y transporte, y 5) tratamiento medicinal. El desarrollo de estándares agronómicos para el cultivo sostenible de marihuana medicinal en el clima europeo aumentará la calidad de las materias primas para el procesamiento farmacéutico (Zuk-Golaszewska & Golaszewski, 2018).

Por otro lado, el cáñamo industrial tiene numerosas aplicaciones y es un recurso clave en la economía de base biológica, debido a sus propiedades beneficiosas para la salud, las semillas de cáñamo industrial se utilizan en la producción de suplementos dietéticos y preparaciones a base de hierbas (Gallegos, 2021). Las

plantas de cannabis también brindan beneficios ambientales al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Zuk-Golaszewska & Golaszewski, 2018).

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 Cannabis: *Cannabis sativa* L.

*"Cannabis sativa L. es una planta anual que pertenece a la familia Cannabaceae, fue clasificada botánicamente por primera vez en 1753 por Carl Linnaeus. Posteriormente, en 1785, Jean Baptiste Lamarck descubre otra especie a la cual denomina C. indica. Actualmente, el Jardín Botánico de Missouri reconoce trece especies, incluidas C. sativa y C. indica: C. americana, C. chinensis, C. 19rrática, C. faetens, C. generalis, C. gigantea, C. intersita, C. kafiristanica, C. lupulus, C. macrosperma y C. ruderalis; además de una serie de variedades para las especies C. sativa y C. indica Cannabis sativa" (*Ángeles López et al. 2014*).* Es una especie cosmopolita que se distribuye ampliamente en todo el mundo, y este nombre colectivo "Cannabis" se utiliza para denotar varias formas botánicas, donde dos variedades tienen mayor significado: *C. sativa* y *C. indica*. Son comúnmente referido como cannabis industrial cáñamo y cannabis medicinal/marihuana medicinal, respectivamente (Ángeles López et al., 2014).

4.2 HISTORIA DE C. Sativa

C. sativa tiene su centro de origen en Asia (Ferrer, 2005) y se registran usos desde el año 5000 A.C en la producción de fibras, y del 2700n A.C como tratamiento fitoterapeuta. Con el conocimiento a través del tiempo se le han atribuidos propiedades analgésicas, relajantes musculares, antidepresivas, hipnóticas, inmunosupresoras, antiinflamatorias, ansiolíticas, broncodilatadoras, entre otras (Russo, 2007). Las plantas con efecto psicotrópicos es una de las más antiguas, en registros de la medicina Ayurvédica, se describen tres formulaciones de *C. sativa* "el "bhang", preparado con las hojas secas; el "ganja", preparado con flores

femeninas secas; y, el "charas", que es la resina que se encuentra en las hojas" (Zuardi, 2006).

En la época de 1531 por órdenes de españoles se procedió a intensificar las siembras de semillas de catilla, lino y cáñamo, momento en el cual la distribución del cultivo en las "indias" se masifico, por la siembra de los indígenas en sus parcelas para uso medicinal, y se conocía como *"pipiltzintzintlis", debido* a sus propiedades psicoactivas, haciendo alusión a las hojas y semillas de la planta (Campos, 2012).

4.3 DESCRIPCION BOTANICA

C. sativa puede llegar a alcanzar hasta 4 metros de altura, posee un tallo erecto y hojas palmadas con estipulas, las superiores alternas y las inferiores con disposición opuesta. Los peciolos pueden llegar a medir hasta 7 cm de longitud. La hoja en promedio se compone de 3 a 9 foliolos estrechos, ápice agudo, con bordes serrados y con la presencia de tricomas glandulares sobre ambas caras, de un color más claro. Los tricomas de esta planta producen una resina como protección contra agresiones. Las inflorescencias se generan de las axilas de las hojas superiores o en terminación de las ramas, con brácteas pequeñas y glandulosas. Las inflorescencias masculinas son sueltas, bastante ramificadas y con muchas flores; por otro lado, las femeninas son densas con flores entre 5 a 8). El fruto es un aquenio, con una sola semilla, ovoide, algo comprimida, blanco o verdoso teñido de púrpura, encerrado en el perianto (Conabio, 2014).

4.4 CULTIVO

El ciclo natural de *C. sativa* comienza con la germinación de las semillas. La etapa de crecimiento vegetativo se lleva a cabo aproximadamente en 8 semanas, hasta que las plantas comienzan a florecer. El desarrollo floral se mantiene durante dos o tres meses para la mayoría de las variedades (Growithjane, 2020).

C. sativa en condiciones controladas y óptimas para la planta puede llegar a desarrollarse entre 3 a 4 meses (Connell, 1981), como es en el caso de las caracterizaciones para evaluaciones agronómicas donde no se realizan podas formativas. Las variables que más influencian y que deben ser controladas, incluyendo la selección de las semillas, son: temperatura (25-20 °C), humedad (60-70 %), fotoperiodo (de 16 h luz/ 8 h oscuridad a 12 h luz/ 12 h oscuridad) e intensidad luminosa (400-700 nm) (Cervantes, 2006).

Si se acompaña el crecimiento con una solución nutritiva óptima, esta es capaz de influir en las cantidades de Δ^9-tetrahidrocanabinol (THC). Se hace necesario realizar un control de plagas y enfermedades para asegurar el crecimiento y calidad de la planta (Rosenthal, 2012).

4.5 SEMILLAS SEXUALES

A continuación, se describe las etapas de crecimiento de la semilla antes de emergencia publicado por (Vega & Guevara, 2019) (Figura 1).

Etapa 0: El embrión se encuentra en dormancia o inactivo. La caliptra o punta de la raíz presenta pocas líneas celulares.

Etapa 1: El tejido embrionario se encuentra activo y en división, la caliptra aumenta levemente el número de células. La radícula mide 0,21 x 0,009 mm.

Etapa 2: La radícula se elonga levemente y se diferencia (0,27 x 0,009 mm); en el meristemo radicular se diferencian cinco tipos de tejidos, epidermis (EP), estela (vasos y periciclo), tejido fundamental (córtex y endodermis), la caliptra (CA), y el centro quiescente (CQ).

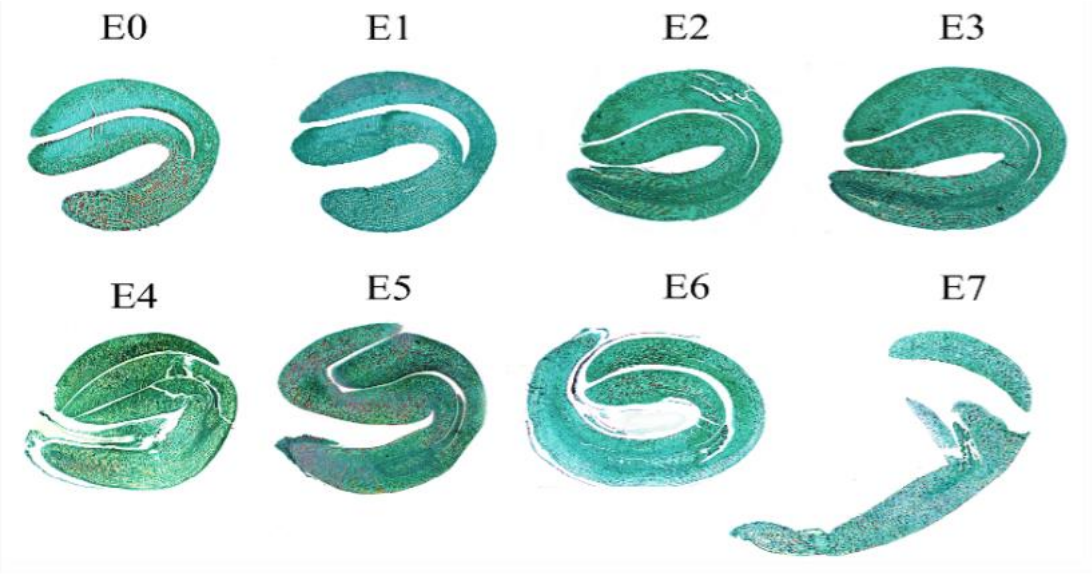
Etapa 3: Se ensanchan el peridermis (PE) y el procambium (PC), la actividad vascular es mayor por aumento del cilindro central (CC). La caliptra aumenta de tamaño (CA) y el meristemo radicular (MR) mantiene actividad mitótica, el centro quiescente (CQ) sigue delimitado.

Etapa 4: Elongación del meristemo apical (MA) y la radícula en general, el peridermis (PE) se ensancha notablemente, las células del procambium (PC) y del cilindro central (CC) aumentan en número. Aumenta el área de la caliptra (CA), el meristemo radicular (MR) continúa diferenciándose y el centro quiescente (CQ) está interconectado con el cilindro central (CC).

Etapa 5: Se abre levemente la testa y se observan elongados el meristemo apical (MA), la caliptra (CA) y el cilindro central (CC), y diferenciación del xilema (XL). Breve expansión del centro quiescente (CQ) y diferenciación del meristemo radicular (MR), hay aumento significativo de células de la caliptra.

Etapa 6: Los cotiledones se separan levemente y se ensancha el meristemo apical (MA), la radícula se elonga rodeando los cotiledones (CT); hay ensanchamiento del peridermis (PE), y aumenta del número celular del procambium (PC) y el cilindro central (CC), se diferencian los límites entre la caliptra (CA) y el meristemo radicular (MR), el centro quiescente (CQ) continua estable y la epidermis (ED) está bien diferenciada.

Etapa 7: Se elonga totalmente la radícula, saliendo de la testa, hay diferenciación del meristemo apical (MA) y la elongación y separación de los cotiledones (CT). La epidermis (EP), el procambium (PC) y el cilindro central (CC) están ensanchados. La región de la caliptra (CA) se encuentra disminuida, el meristemo radicular (MR) está compacto, pero bien diferenciado.



Fuente: (Vega & Guevara, 2018)

Figura 1. Etapas de crecimiento de la semilla antes de emergencia. Tomado de CANNAWORLDCONGRESS: Rasgos fenotípicos, nutricionales y anatómicos a lo largo de las generaciones de una cepa de Cannabis sativa Lin. Var. C.G.

4.6 CRECIMIENTO VEGETATIVO

Este es el periodo de máximo crecimiento, la planta crece a la velocidad en que sus hojas pueden producir energía, día a día se crea más tejido foliar lo que aumenta la capacidad general de crecimiento. El número de cada foliolo comienza a disminuir durante la mitad de la etapa vegetativa, luego la disposición de las hojas en el tallo (filotaxia) cambia de lo opuesto habitual a alterno. Los entrenudos (espacio del tallo de un par de hojas al siguiente, que había ido aumentando de longitud), comienza a disminuir en el crecimiento volviendo este mas grueso. Las ramas que aparecieron en las axilas de cada conjunto de hojas crecen y dan forma a la planta a su forma característica. La etapa vegetativa se completa en el tercer del quinto mes de crecimiento (Alicia, 2020)

4.7 PREFLORACION

Este es un periodo de reposo de una o dos semanas durante el cual el crecimiento se ralentiza considerablemente. La planta está comenzando un nuevo programa de crecimiento codificado en sus genes. Este sistema antiguo se apaga y el nuevo comienza con las primeras apariciones de las flores (vegetalbioplant & Madame Grow, 2019).

4.8 FLORACION

C. sativa es una planta dioica, donde cada planta produce flores masculinas o femeninas. Las plantas femeninas suelen empezar a florecer alrededor de un mes antes que las masculinas; sin embargo, están expuestas a ser polinizadas. Primero se alargan los entrenudos superiores y en pocos días aparecen las flores masculinas. Las flores masculinas son pequeñas de aproximadamente ¼ de pulgada y de color verde pálido, amarillo o rojo/violeta. Se desarrollan en densos cúmulos caídos (cimas) capaces de liberar nubes de polvo de polen. Una vez que el polen cae, las flores masculinas pierden vigor y mueren pronto (Fassio et al., 2013).

La flor femenina consta de dos pequeños estigmas blancos difusos, levantados en signos de “V” y unidos en la base de un ovulo que está contenido en una pequeña vaina verde, la vaina está formada por hojas modificadas (brácteas y bractéolas), que envuelven la semilla en desarrollo. Las flores femeninas se desarrollan muy juntas para formar densos racimos o brotes, la formación continua hasta que el polen llega a las flores, fertilizándolas y comenzando la formación de semillas. La floración puede durar entre uno y dos meses (Fassio et al., 2013).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

La prueba de evaluación agronómica para el registro de nuevos cultivares de Cannabis se realizó de conformidad con la Resolución 067516 del 11 de mayo 2020 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), siguiendo los lineamientos del Protocolo para la ejecución de Pruebas de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de *Cannabis* sp. La PEA inició en el primer semestre del año 2020 y finalizó en el segundo semestre del mismo año.

5.1 LOCALIZACIÓN (SUBREGION NATURAL)

Los cultivares fueron evaluados para la Subregión Natural del Caribe (Figura 2) en las instalaciones de los predios licenciados del agricultor ALLAN KASSIN ubicada en el municipio de Riohacha- La Guajira (Vereda Dibulla) lote Mama Santa Cultural y los manatíes. Debido a que la ubicación de este predio es cercana al municipio de Palomino, la referencia descrita en el presente informe se mencionara como Región Caribe, "**Palomino**".

Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio "Palomino".

5.2 MATERIAL VEGETAL

Se evaluaron diez (10) cultivares informados como fuente semillera de Cannabis de ALLAN KASSIN (Tabla 2). La ejecución de la PEA fue aprobada por el ICA según el oficio número 20192127603 del 11 de diciembre de 2019. Para la evaluación de las plantas utilizadas en el diseño experimental se empleó un esquema de plantas madre y generación de 20 esquejes o clones que conformarían las unidades muéstrales en cada bloque.

La generación de las plantas madre partió de la germinación de diez (10) semillas por cultivar. Posteriormente, se dejó desarrollar cada individuo y se realizó una selección de individuos basados en la velocidad del endurecimiento, desarrollo de área radicular y de área foliar. Los individuos (uno por cultivar) que presentaron un desarrollo precoz en las fases iniciales post-germinación fueron seleccionados como plantas madre donantes de esquejes para conformar la unidad experimental.

De cada individuo por cultivar seleccionado como planta madre se propagaron hasta diez (10) clones (conformidad con el cupo otorgado) de los cuales se cosechó el esqueje para el diseño experimental de la presente investigación.

Tabla 2. Descripción y codificación de cultivares de la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cannabis psicoactivo

Nombre informado en la fuente semillera	Código en la PEA
ALF ATTACK PS11	PS 11
BEAST MODE PS 42	PS 42
CERSEI PS55	PS 55
CHIBUKU PS57	PS 57
CINTEOTL PS60	PS 60
HOMELESS SAM PS97	PS 97
JAMES BONDZ PS108	PS 108
KAMA PS111	PS 111
OSIRIS PS153	PS 153
QUETZACOATL PS165	PS 165

5.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Siguiendo la guía del ICA, para las PEA de *Cannabis sativa L.,* se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por 20 plantas por cultivar. Como control local del experimento se estimó la luminosidad en el área durante la fase de floración. Este parámetro fue medido en la cantidad de lux (lumen/m^2) que se transmitía asumiendo que las plantas estuvieran a un metro de distancia del suelo. Diferentes puntos fueron tomados en toda el área y se construyó un *Heat- map* de lux para definir los bloques (Tabla 3). Las mediciones se realizaron con un luxómetro profesional DT-8809ª-CEM®.

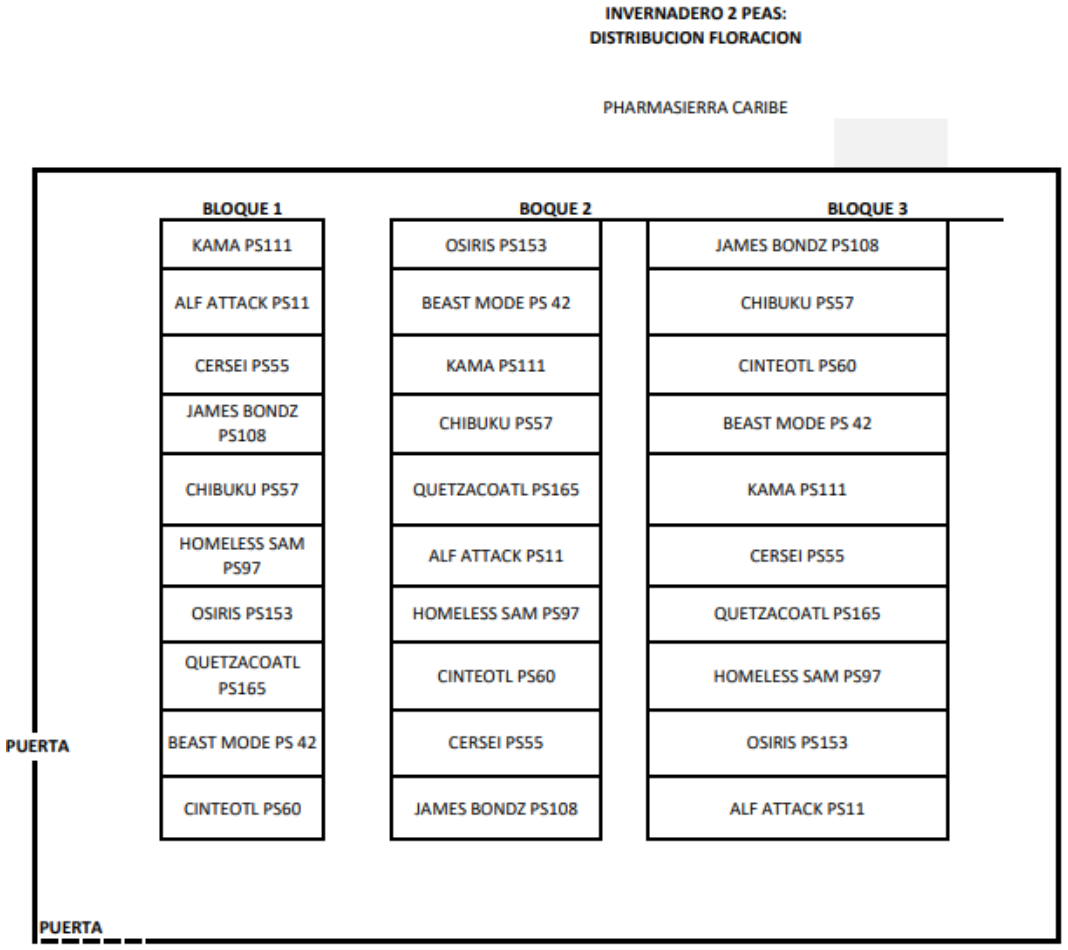


Figura 3. Diseño experimental de la distribución de cultivares evaluados

5.4 CONDICIONES DEL CULTIVO

5.4.1 **Sustrato y siembra del material**: El material vegetal fue sembrado en sustrato tipo turba esterilizada que cuenta con registro ICA. Se utilizaron contenedores de diez (10) litros para las fases vegetativa y de floración.

5.4.2 **Siembra de esquejes:** Los esquejes se cosecharon y sembraron hasta que estos desarrollaron raíz. Para la PEA en Palomino, el 26 de junio de 2020 se cosecharon 75 esquejes *(flush 1*) por cultivar y se generó un ambiente de cámara húmeda donde se mantuvo una temperatura ambiental entre 20-30 °C y humedad relativa (HR) entre 70-80%, y así mismo favorecer el desarrollo y enraizamiento del esqueje. Posteriormente se tomaron las mediciones de emergencia de brotes.

5.4.3 **Densidades de siembra**: Durante el ciclo de cultivo las plantas fueron sembradas a una densidad comercial de 9 plantas/m^2 en la fase vegetativa y de 4 plantas/m^2 en floración.

5.4.4 **Ciclo de cultivo y fotoperiodo**: En la tabla 4 se describen las diferentes fases del cultivo, con las respectivas fechas de inicio de cada etapa desde la creación de las plantas madre hasta la cosecha.

5.4.5 **Fotoperiodo**: Durante la fase vegetativa el material estuvo bajo un fotoperiodo de 18 horas luz, de las cuales 12 horas correspondieron a luz natural y los 6 restantes a luz complementaria artificial con bombillas LED de 30w. Este periodo complementario de luz se adicionó para extender únicamente el fotoperiodo según los requerimientos de la planta en la fase vegetativa y no con el objetivo de estimular crecimiento. Para el caso de la fase de floración las plantas estuvieron bajo un fotoperiodo de 12 horas. Durante ninguna de las etapas se utilizó luz suplementaria estimuladora de crecimiento o producción de biomasa (Tabla 3).

Tabla 3. Desarrollo de plantas madre y ciclo de cultivo de la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA).

Fase	Actividad	Fecha de actividades	Foto periodo
Alistamiento de material vegetal	Desarrollo de plantas madre matera 20 litros	Siembra: 19-octubre-2019	18 h
Alistamiento de material vegetal	Cosecha y siembra de esquejes	26-jun-2020	18 h
Fase vegetativa	Trasplante e inicio fase vegetativa	17-jul-2020 (Bombilla LED 30w)	18 h
Fase floración	Inicio Fotoperiodo fase floración	15-ago-2020	12
Cosecha	Inicio Cosecha	8-oct-2020	NA

5.4.6 Temperatura: El material se estableció y organizó en un solo invernadero para las fases vegetativa y de floración. El rango promedio de temperatura mínimo y máximo (22,5 – 39,4 °C) y promedio general 30 °C.

5.4.7 Humedad relativa: la HR marco mínimos y máximos de 50,6 a 98,4% con un promedio de 75,6%. Es importante resaltar que para esta localidad durante las últimas semanas (mes de septiembre-octubre) se presentaron lluvias de alta intensidad con un promedio de precipitación superior a 50 mm/m^2.

5.5 MANEJO AGRONÓMICO DE RIEGO, FERTILIZACIÓN, PLAGAS Y ENFERMEDADES

Para el manejo integrado de riego y fertilización de las plantas se utilizaron fuentes inorgánicas como suplemento nutricional con registro ICA. En la fase vegetativa de la planta madre como el de las unidades experimentales de la PEA se manejó una relación de elementos mayores, N:P:K 4:2:1. Para la fase de floración la relación de estos elementos se invirtió a 1:4:4. Igualmente, durante todo el ciclo se realizaron refuerzos nutricionales a nivel foliar y edáfico con P, K, Cu, Zn y B.

Para la determinación de la incidencia y severidad de plagas y enfermedades, se estableció un monitoreo semanal durante todo el ciclo del cultivo con el fin de determinar cuáles eran los blancos biológicos y la presión natural que presentaba cada uno de ellos. Por cada repetición de cada cultivar se evaluaron cuatro puntos, para un total de 120 puntos muéstrales evaluados en todo el experimento.

Los únicos manejos de control de plagas que se realizaron fueron el uso de aspirados semanales desde la fase vegetativa hasta la cosecha y la ubicación de trampas de color, para captura de insectos voladores, remoción de material vegetal afectado por *Botrytis*.

5.6 VARIABLES EVALUADAS

Siguiendo el Protocolo para la ejecución de Pruebas de Evaluación Agronómica de cultivares de *Cannabis* sp. se evaluaron 26 descriptores. Dado que el material vegetal se obtuvo a partir de esquejes y que uno de los objetivos de la prueba era evaluar las tasas de propagación clonal de los materiales.

5.6.6 Variables cualitativas: Siete descriptores de tipo cualitativo fueron evaluados durante la PEA, estos descriptores estuvieron asociados con las coloraciones presentes en el material, el tipo de flor presente en la planta y el ciclo del cultivo, ya que este último fue predeterminado dentro del experimento (Tabla 4). En la tabla 6 se describe la codificación para cada variable.

Tabla 4. Variables cualitativas evaluadas en la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de cannabis psicoactivo

Variables cualitativas evaluadas	**Abreviatura**
Pigmentación antociánica del peciolo	PAPEC
Color del tallo principal	CTP
Pigmentación antociánica de lasflores masculinas y femeninas	PAFMAN y PAFFEM
Pigmentación antociánica de la corona	PACOR
Intensidad del color verde de la hoja	ICVHO
Profundidad de los surcos del tallo principal	PROFSURC
Médula en la sección transversal del tallo principal	MEDULA

5.6.7 Variables cuantitativas: Diecinueve descriptores de tipo cuantitativo fueron evaluados y se detallan en la Tabla 5 junto con la unidad de medida. En la tabla 6 se describe la codificación para cada variable.

Tabla 5 .Variables cuantitativas evaluadas en la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de cannabis psicoactivo

Variables cuantitativas evaluadas	**Abreviatura**
Días a emergencia – esquejes	DEE
Proporción de plantas hermafroditas (%)	PPHERM
Proporción de plantas femeninas (%)	PPFEM
Proporción de plantas masculinas (%)	PPMAN

Número de foliolos	NFOL
Longitud del entrenudo en el tallo principal (cm)	LETP
Días a floración masculina y femenina	DFM y DFF
Longitud del peciolo (cm)	LPEC
Longitud del foliolo central de la hoja (cm)	LFCH
Anchura del peciolo central de la hoja (cm)	APCH
Grosor del tallo principal en el ápice y en la base (cm)	GTPA y GTPB
Días a cosecha	DC
Altura del tallo cosechado (cm)	ATC
Altura de planta (cm)	ATP
Número de tallos por planta	NTP
Rendimiento de biomasa planta fresco (hojas, tallos y flores) (g/planta)	RTOPLA_FRESCO
Rendimiento de biomasa hojas (g/planta)	RTOHO
Rendimiento de biomasa planta seca (g/planta)	RTOPLA_SECO
Rendimiento de flor planta seca (g/planta)	RTOFLOR_SECO

Tabla 6 Codificación de descriptores cualitativos y cuantitativos evaluadas en la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de cannabis psicoactivo

CODIFICACIÓN DESCRIPTORES			
Descriptor	**Tipo variable**	**Categorías**	**Codificación en base de datos**
FORMA DEL COTILEDON	Cualitativa	Oboval estrecha	1
		Oboval media	2
		Oboval ancha	3
COLOR DEL COTILEDON	Cualitativa	Amarillo	1
		Verde claro	2
		Verde medio	3
		Verde Oscuro	4
NÚMERO DE FOLIOLOS	Cuantitativa		
ALTURA DE LA PLANTA	Cuantitativa		

LONGITUD DEL ENTRENUDO EN EL TALLO PRINCIPAL	Cuantitativa		
PIGMENTACIÓN ANTOCIÁNICA DEL PECIOLO	Cualitativa	Ausente	1
		Débil	2
		Media	3
		Fuerte	4
		Muy fuerte	5
COLOR DEL TALLO PRINCIPAL	Cualitativa	Amarillo	1
		Verde	2
		Verde Oscuro	3
		Púrpura	4
DIAS A FLORACIÓN FEMENINA	Cuantitativa		
DIAS A FLORACIÓN MASCULINA	Cuantitativa		
% PLANTAS HERMAFRODITAS	Cualitativa		
% PLANTAS FEMENINAS	Cualitativa		
% PLANTAS MASCULINAS	Cualitativa		
PIGMENTACIÓN ANTOCIÁNICA DE LA CORONA	Cuantitativa	Ausente	1
		Débil	2
		Media	3
		Fuerte	4
INTENSIDAD DEL COLOR VERDE DE LA HOJA	Cuantitativa	Ligero	1
		Medio	2
		Oscuro	3
LONGITUD DEL PECIOLO	Cuantitativa		
PIGMENTACIÓN ANTOCIÁNICA DEL PECIOLO	Cualitativa	Ausente	1
		Débil	2
		Media	3
		Fuerte	4
		Muy fuerte	5
PIGMENTACIÓN ANTOCIÁNICA DEL FLOR	Cualitativa	Ausente	1
		Débil	2
		Media	3
		Fuerte	4
		Muy fuerte	5

LONGITUD DEL FOLIOLO CENTRAL DE LA HOJA	Cuantitativa		
ANCHURA DEL FOLIOLO CENTRAL DE LA HOJA	Cuantitativa		
GROSOR DEL TALLO PRINCIPAL (cm)	Cuantitativa		
PROFUNDIDAD DE LOS SURCOS DEL TALLO PRINCIPAL	Cualitativa	Poco profundo	1
		Medios	2
		Profundos	3
MÉDULA EN LA SECCION TRANSVERSAL TALLO PRINC	Cualitativa	Ausente	1
		Delgada	2
		Media	3
		Gruesa	4
CONTENIDO DE THC	Cuantitativa		
CONTENIDO DE CBD	Cuantitativa		
DIAS A COSECHA	Cuantitativa		
ALTURA DEL TALLO COSECHADO	Cuantitativa		
NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA	Cuantitativa		
PESO 1000 SEMILLAS	Cuantitativa		
COLOR DE TEGUMENTO	Cualitativa	Gris ligero	1
		Gris medio	2
		Marrón gris	3
		Marrón amarillento	4
		Marrón	5
VETEADO DE LA SEMILLA	Cualitativa	Débil	1
		Medio	2
		Fuerte	3
HIPOCOTILO INTEN. PIGM.ANTOCIANICA	Cualitativa	Débil	1
		Media	2
		Fuerte	3
RENDIMIENTO DE FLORES Y SEMILLAS	Cuantitativa		

RENDIMIENTO DE BIOMASA	Cuantitativa		
REACCIÓN A PLAGAS Y ENFERMEDADES	Cuantitativa		

Para el caso de las variables relacionadas con el tipo de flor como porcentaje de plantas hermafroditas, masculinas y femeninas, en el momento en el que se detectaran plantas con flores hermafroditas o masculinas, estas se descartaban completamente, con el fin de evitar contaminación de las flores femeninas con polen.

Para la evaluación de la emergencia de esquejes, estos se mantuvieron en bandejas de 18 alveolos con cúpula para mantener la HR superior al 70% y temperatura de enraizamiento entre 20-30 °C, condición que favoreció el establecimiento del esqueje y su enraizamiento.

Para las variables del ciclo de cultivo-días a cosecha todos los materiales de cada cultivar manejaron el mismo número de semanas en las fases de enraizamiento y vegetativo. En la fase de floración se estimó como punto de cosecha la coloración lechosa-ámbar de los tricomas para cultivares no psicoactivos y mayor intensidad ámbar para cultivares psicoactivos.

El rendimiento de biomasa hojas (RTOHO) correspondió con el proceso de defoliación de hojas (*fan leaves*), el cual se realizó tres semanas antes de la cosecha, removiendo las hojas más grandes de la planta con el objetivo de permitir el paso de la luz.

Para determinar las variables de rendimiento de flores y de biomasa se dividió la planta según sus órganos después del proceso de defoliación de *fan leaves*. Primero se tomó el peso fresco de toda la planta que comprendía tallos, ramas, hojas pequeñas y flor. La planta con solo ramas y flores se llevó a un cuarto de secado con una temperatura entre 20-22 °C y humedad relativa menor al 50%. Diez días después se tomó el peso de la planta seca (RTOPLA_SECO – g/planta). Posteriormente se separaron las inflorescencias y se tomó el peso de solo este órgano (RTOFLOR_SECO – g/planta).

5.6.8 Variables cuantitativas de contenido de Fito cannabinoides (THC, CBD y otros)

Para la cuantificación de Fito cannabinoides como THC y CBD se siguieron las instrucciones del protocolo de PEA para cannabis del ICA. Se construyó una muestra compuesta por las inflorescencias de los primeros 30 cm del ápice de diez plantas de cada bloque por cultivar. Después de seca la flor, se realizó un procedimiento de *trimming* para eliminar hojas en la inflorescencia. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio del Medio Ambiente y Calibración WR SAS de la ciudad de Bogotá. El análisis cuantitativo de los dos Fito cannabinoides se realizó utilizando la metodología de detección de cromatografía de líquida de ultra alto rendimiento (UHPLC). Los resultados fueron enviados a Agroidea, compañía dedicada a la investigación y desarrollo agrícola, reportando la concentración de Fito cannabinoides en base húmeda y base seca (humedad al 13%), junto con las gráficas de retención, estandarización y línea base del equipo, con el fin de garantizar la calidad del análisis

El laboratorio identificó los cannabinoides como cannabidiol (CBD), cannabinol (CBN) y THC para el total de las 30 muestras para la localidad (diez cultivares por tres repeticiones). Sin embargo, se identificaron complementariamente los cannabinoides cannabigerol (CBG), CBDA precursor acido del cannabidiol CBD, THCA ácido tetrahidrocannabinolico. Para determinar el total de CBD se presenta la suma entre cannabidiol (CBD) y el ácido cannabidiólico (CBDA), mientras que el THC total hace referencia a la suma entre el THCA (ácido tetrahidrocannbinólico) y el THC (Tetrahidrocannabinol). El porcentaje hace referencia a miligramos del Fito cannabinoide encontrado por cada 100 miligramos de muestra.

5.6.9 Variables relacionadas con presencia de plagas y enfermedades: En la tabla 7 se describe las variables de reacción a plagas y enfermedades que se evaluaron. Con base en los resultados del monitoreo se establecieron los porcentajes de incidencia y severidad para determinar la respuesta o susceptibilidad a plagas y enfermedades de los cultivares.

Tabla 7 Variables categóricas evaluadas en la Prueba de Evaluación Agronómica (PEA) de cultivares de cannabis no psicoactivo, relacionadas con resistencia a plagas y enfermedades

Variables categóricas	**Definición**
Incidencia	Incidencia de insectos o presencia de la enfermedad por sitio monitoreado por bloque
Severidad de la infestación de plagas	Promedio de individuos por los sitios muestreados
Severidad de la enfermedad	Se establecieron grados de avance de la enfermedad con relación a una escala de severidad de Botrytis principalmente y se categorizó en tres grados: Grado1: Presencia de la enfermedad en el tercio superior de la planta (33%) Grado2: Progreso de la enfermedad hasta en dos tercios de la planta (66%) Grado3: Progreso de la enfermedad hacia los tres tercios de la planta (99-100%)

5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el caso de las variables cualitativas se evaluó el comportamiento de las variables en el total de las 60 plantas que conformaban los tres bloques. Los resultados se presentan en gráficas de barras dado la estabilidad del material.

Para cada variable cuantitativa se realizó el análisis de varianza utilizando el PROCEDIMIENTO GLM del software SAS STUDENT® versión libre. Con el fin de

terminar cuales fueron las mejores variedades en la localidad, se realizó la prueba de Tukey ($p > 0.05$) como prueba de comparación de medias entre variedades.

6 RESULTADOS

6.4 COMPORTAMIENTO DE LOS CULTIVARES CON BASE EN LAS VARIABLES CUALITATIVAS

A continuación, se presentan los resultados de los siete descriptores de tipo cualitativo que fueron evaluados en las 60 plantas de los diez cultivares.

6.4.6 Pigmentación antociánica en diferentes órganos.

Las pigmentaciones antocianicas en los órganos como el peciolo, la corona y la flor femenina evidencian diferencias entre los diez cultivares evaluados.

A nivel del peciolo (Figura 4a), los cultivares presentaron pigmentaciones medias (rango 37-90%), seguido por la categoría débil (rango 10-41%) y un pequeño porcentaje presentó coloraciones fuertes (rango del 5 – 10%). Los cultivares PS 108 y PS 55 fueron los que concentraron un mayor número de individuos en la categoría media (90-75% respectivamente) y el resto de los individuos estuvieron en la categoría de débil pigmentación.

En la pigmentación antociánica de la corona (Figura 4b), para 8 de los 10 cultivares se evidenciaron las coloraciones antociánicas en una intensidad media (43-97%). los cultivares con mayor pigmentación de antocianinas en corona fueron PS 11 y PS 60 (pigmentación media 97 y 95%, respectivamente).

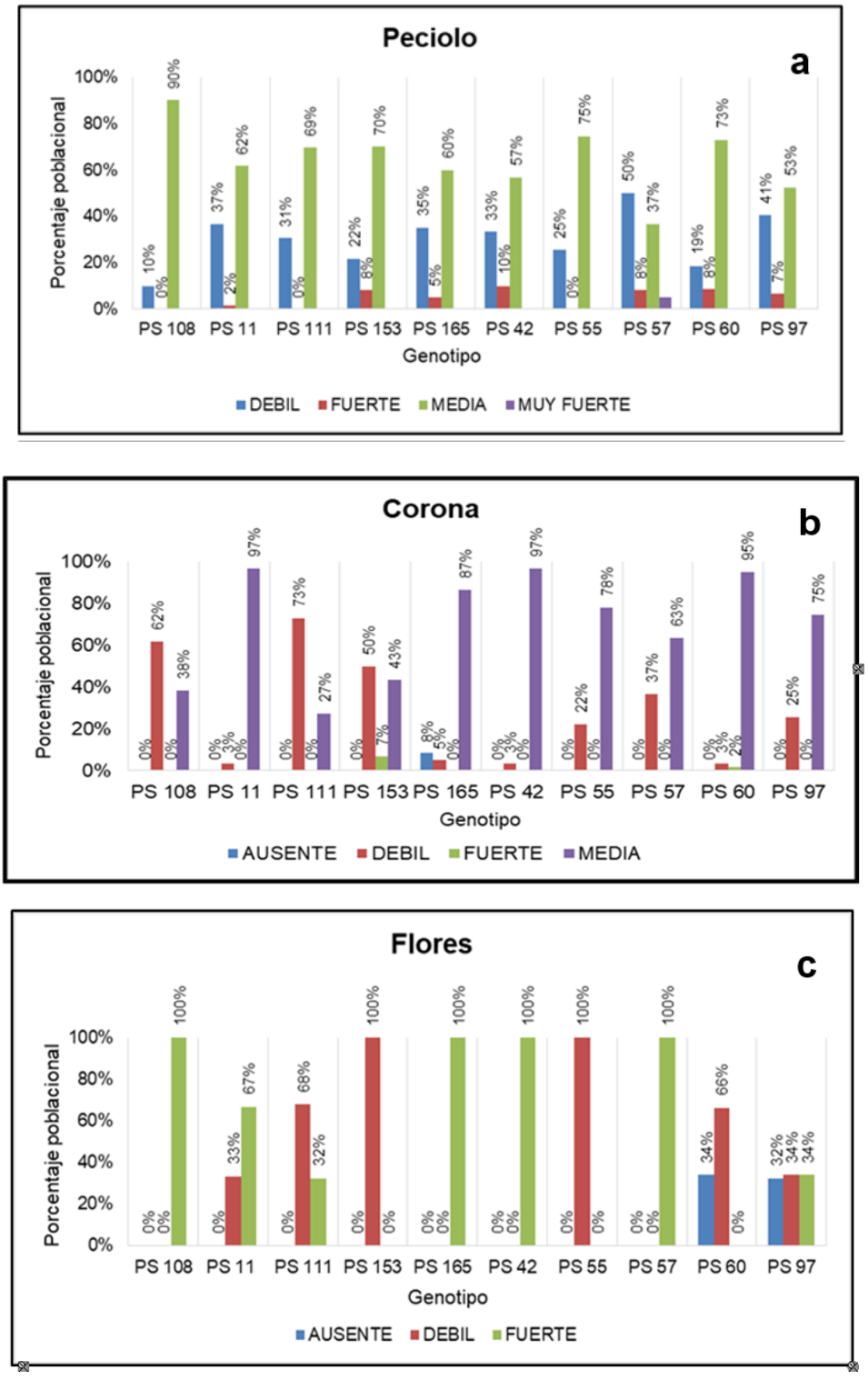


Figura 4. Pigmentación antociánica en diferentes órganos de la planta. a. peciolo, b. corona y c. flor

En la flor (figura 4c), el 40% de los cultivares presentaron intensidad fuerte en el 100% de los individuos evaluados, y 20% presentaron intensidad débil, otro 20% restante tuvo una combinación en la pigmentación media a fuerte (32%-68%) por último el cultivar PS 60 presento pigmentaciones entre ausente y fuerte (34%-66%) mientras el cultivar PS97 presento las tres categorías de pigmentación. Las pigmentaciones antocianicas estuvieron muy relacionadas con una respuesta ambiental como la cantidad de radiación o luminosidad recibida, debido a que la mayoría de los cultivares presentaron una pigmentación débil a fuerte. El bloque tres ubicado al costado oriental del invernadero (sin barrera natural), fue el que recibió mayores radiaciones y en la mayoría de los casos alcanzo a ser superior en un 10 a 20% comparado con los otros dos bloques.

6.4.7 Color del tallo principal e intensidad del verde de la hoja

Con respecto al color del tallo principal, 8 de los 10 cultivares evaluados presentaron una coloración verde en el tallo, evidenciando la alta estabilidad fenotípica del carácter en estas poblaciones (Figura 5a).

Igualmente, para la concentración de clorofila o intensidad verde de la hoja (Figura 5b) se observó una mayor estabilidad, debido a que más del 70% de los individuos de los diez cultivares tuvieron hojas verdes –oscuras.

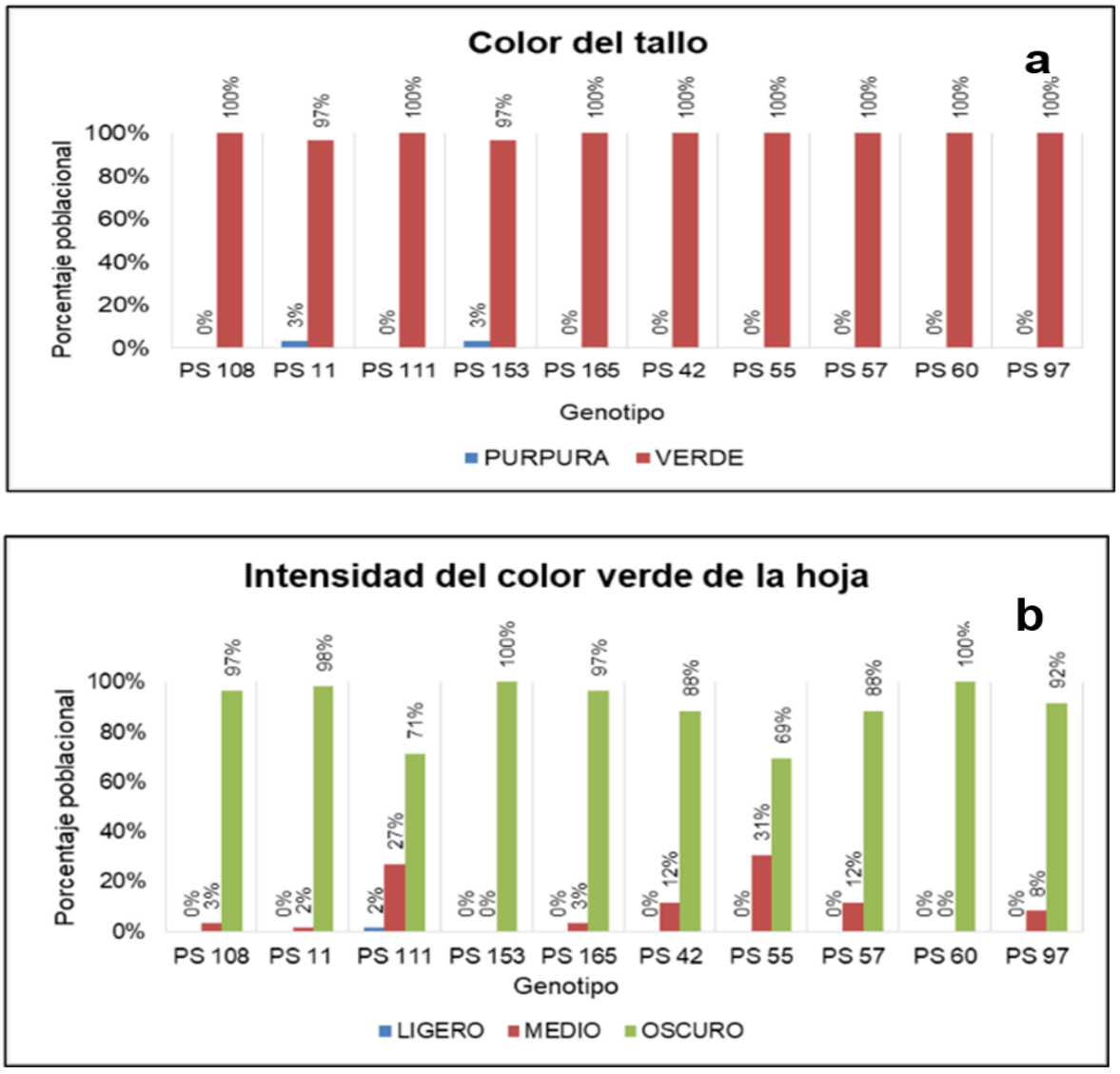


Figura 5. a. Color del tallo principal y b. Intensidad del color verde de la hoja para las 60 plantas de los cultivares evaluados.

6.4.8 Profundidad de surcos y médula

En las variables de profundidad de surcos (Figura 6) y médula en la sección del tallo principal se presentó una alta uniformidad entre los individuos y cultivares. El 100% de los cultivares presentó médulas gruesas. Mientras que en la variable de profundidad media se presentó mayor variabilidad, evidenciando surcos poco profundos (rango 66-100%).

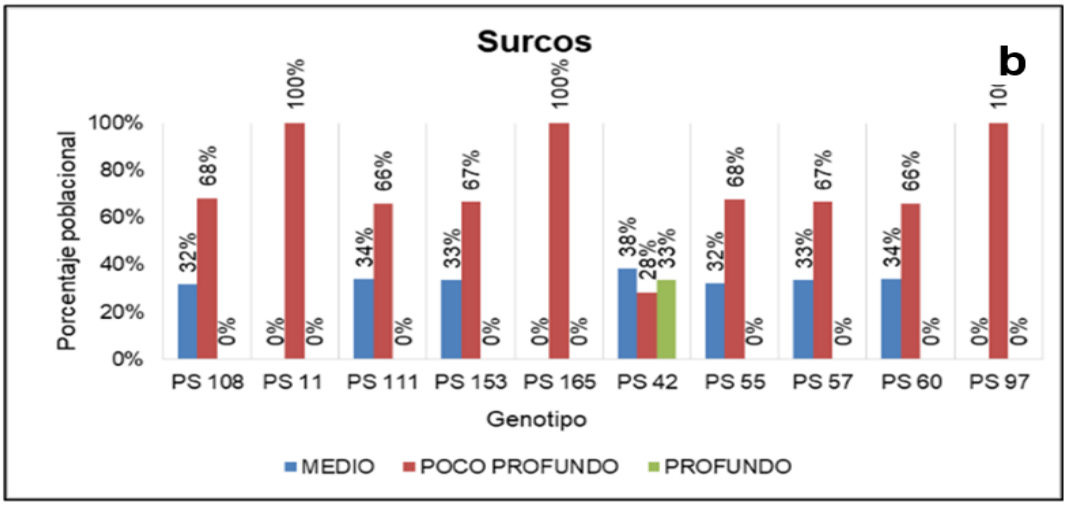


Figura 6. Profundidad de surcos para las 60 plantas de los cultivares evaluados.

6.5 COMPORTAMIENTO DE LOS CULTIVARES CON BASE EN LAS VARIABLES CUANTITATIVAS

6.5.6 Días a emergencia del esqueje

En general, los cultivares de la localidad de Palomino emitieron brotes foliares con alta variación entre la unidad experimental (Tabla 8). El 50 % de plantas con brotes se alcanzó para los cultivares de PS 42, 60, 153, 111, 108 a los 32 días y en los de PS 97, 165, 57, 11 a los 33 días, el cultivar PS 55 fue el atrasado al alcanzar su 50% de plantas con brotes a los 35 días.

6.5.7 Días a floración

La detección del tipo de flor se realizó entre el día 37 al 43 después de iniciada la fase vegetativa - ddt (trasplante a matera de 10 Litros). Seis cultivares presentaron floración precoz iniciándola desde los 37 a 39 ddt (PS 108, PS 11, PS 55, PS 57 – PS 60 y PS 97) (Tabla 8).

6.5.8 Días a cosecha

El ciclo de cultivo cuantificado desde la emergencia del esqueje hasta el día de inicio de cosecha (dcos) dado por la coloración del tricoma (blanquecina-ámbar) es presentado en la tabla 8. La cosecha de los individuos de las tres unidades experimentales de cada cultivar se realizó el mismo día para garantizar la homogeneidad entre repeticiones. Es importante mencionar que la cosecha debió adelantarse una semana debido a la alta Humedad Relativa presentada en la zona por el incremento de lluvias durante las semanas de la fase de floración. Por esta razón, el ciclo a cosecha en la mayoría de los individuos estuvo entre los 83-87 dee, siendo PS 153 y PS 60 los cultivares más precoces (83 dcos), y PS 57 y PS 108 los más tardíos (87 dcos).

Tabla 8. Días a primer brote foliar, días a floración y días a cosecha de todos los cultivares evaluados.

Cultivar	Días a primer brote	Días a floración	Días a cosecha
PS108	32	37	87
PS11	33	37	86
PS111	32	41	86
PS153	32	41	83
PS 165	33	43	84
PS 42	32	41	85
PS 55	35	37	84
PS 57	33	37	87
PS 60	32	37	83
PS 97	33	39	85

Se registro cuando el 50% de la población presentó brotes o flores. Días a cosecha desde el inicio de la fase vegetativa hasta la cosecha del material. El punto de cosecha se determinó cuando las repeticiones en el tricoma alcanzaron un coloración blanquecina-ámbar

6.5.9 Porcentaje de plantas con flores masculinas y femeninas

Todos los cultivares evaluados desarrollaron flores femeninas en el 100% del total de individuos evaluados (60 plantas). Este resultado demuestra la estabilidad de

estos diez cultivares en cuanto a su naturaleza reproductiva.

6.5.10 Variables cuantitativas vegetativas y reproductivas.

En la tabla 9 se presenta el resumen de los análisis de varianza para las variables cuantitativas que mostraron diferencias estadísticamente significativas al igual que el análisis de comparación de medias utilizando el método de Tukey, con los respectivos valores para cada variable y cada cultivar.

Para la localidad Palomino, la variable grosor del tallo de la base (GTPB) no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares, debido probablemente a que los cultivares responden de manera muy similar a la fórmula de fertilización estándar que se empleó en esta PEA. Esta condición de uniformidad del tallo también se ve refleja en el tipo de grosor de la medula, el cual fue descrito anteriormente.

Para la mayoría de las variables los coeficientes de variación fueron inferiores al 20% indicando la alta estabilidad dentro de la unidad experimental por cultivar. Sin embargo, para las variables asociadas con rendimiento de hoja, biomasa y de flor seca (RTOBIO_HOJA, RTO_BIOMASA y RTOFLOR_SECO) este valor fue superior al 20%, la explicación se detalla más adelante.

El número de foliolos (NFOL) para los diez cultivares se evaluaron cinco (5) hojas por cada planta, presentando para esta subregión siete foliolos para 60% de los cultivares. Los cultivares que desarrollaron mayor número de foliolos fueron PS11, PS111, PS153, PS42, PS57 y PS97 con siete foliolos cada uno, PS108 y PS 55 desarrollaron seis foliolos y PS165 y PS60 desarrollaron cinco foliolos.

Los foliolos centrales de las hojas de los diferentes cultivares presentaron mayor longitud y ancho. El rango promedio de longitud (LFCH) estuvo entre 12,47 y 17,52 cm (PS153 – PS42). En cuanto al ancho del foliolo central (AFCH), este rango fue de 2,02 a 3,40 cm (PS153 – PS60).

Las variables longitud del peciolo central (LPEC) y longitud del entrenudo en el tallo principal (LETP) mostraron diferencias significativas entre cultivares. El rango de LETP fue de 5,65 a 13,46 cm (PS111 a PS97). En el caso de LPEC el rango estuvo

7,56 a 12,07 cm (PS153 a PS60).

Por otra parte, el grosor del tallo en ápice (GTPA) fue delgado con un rango entre los 0,38 a 0,51 cm (PS11 a PS42). El grosor del tallo en la base (GTPB) aunque no presento diferencia entre cultivares, estuvo entre 0,88 a 3,67 cm, indicando que la mayoría de los cultivares tienen tallos con tendencia a ser delgados.

Tabla 9. Variables cuantitativas en estado vegetativo y reproductivo. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias de las variables cuantitativas relacionadas con el desarrollo y producción de cultivares de cannabis de la prueba de evaluación agronómica en la Subregión Caribe.

Fuentes de variación	GL	NFOL	LETP	LPEC	LFCH	AFCH	GTPA
Bloque	2	4,83 ***	3156,12 ***	9,33 ns	59,93 ***	8,55 ***	0,022 ns
Variedad	9	19,45 ***	600,78 ***	91,88 ***	149,71 ***	10,70 ***	0,083 ***
Error		0,58	44,03	3,096	4,87	0,344	0,0063
CV%		12,15	75,4	18,63	14,26	19,65	17,84

Fuentes de variación	GL	GTPB	NRAM	ATCOS	DFF	D_COS	APLA
Bloque	2	25,00 ns	13119,25 ***	14373,79 ***	7024,68 ***	22841,54 ***	6442,73 ***
Variedad	9	47,74 ns	4194,79 ***	42380,9 ***	3578,06 ***	6273,74 ***	42028,3 ***
Error		47,54	273,98	711,91	151,79	285,42	383,4
CV%		46	81,2	24,11	29,07	21,36	14,74

Fuentes de variación	GL	RTOBIO_HOJA	RTO_BIOMASA	RTOFLOR_SECO
Bloque	2	144063,04 ***	401222,77 ***	7113,80 ***
Variedad	9	33117,866 ***	221125,23 ***	6513,31 ***
Error		2665,08	6334,75	219,56
CV%		48,67	27,52	31,1

, *= Niveles de significancia al 0,05 y <0.0001, respectivamente. Ns= No significativo. CV = Coeficiente de variación. NFL: Numero de foliolos ,LETP: longitud del entrenudo en el tallo principal en cm, LPEC: longitud del peciolo en cm, LFCH longitud del foliolo central de la hoja, AFCH: ancho del foliolo central de la hoja , GTPA: grosor del tallo principal en el ápice , GTPB: grosor tallo principal en la base , NRAM: numero de ramas , ATCOS: altura del tallo cosechado , DFF: días final floración, D_COS: días a cosecha , APLA: alto de la planta, RTOBIO_HOJA: rendimiento de biomasa hojas, RTO_BIOMASA: rendimiento de biomasa, RTFLOR_SECO: rendimiento de flor seca.

Tabla 10 Continuación- Comparación de medias

PALOMINO															
Genotipo	NFOL			LETP cm			LPEC cm			LFCH cm			AFCH cm		
PS 108	7	6	BC	4	10,39	C	3	9,93	CB	3	16,48	BAC	5	3,09	BDAC
PS 11	2	7	BA	7	7,17	ED	2	10,55	B	2	17,03	BA	8	2,89	D
PS 111	1	7	A	10	5,65	G	9	8,18	FG	8	14,29	D	9	2,38	E
PS 153	5	7	BA	3	12,28	B	10	7,56	G	10	12,47	E	10	2,02	F
PS 165	10	5	D	2	12,73	BA	7	8,95	FED	9	12,83	E	4	3,23	BAC
PS 42	3	7	BA	8	6,73	EF	4	9,74	CBD	1	17,52	A	3	3,32	BAC
PS 55	8	6	C	6	7,24	ED	5	9,27	CED	6	15,88	BC	7	3,03	DC
PS 57	4	7	BA	5	7,67	D	6	9,23	CED	5	15,96	BC	2	3,37	BAC
PS 60	9	5	D	9	6,15	GF	1	12,07	A	4	16,34	BAC	1	3,40	A
PS 97	6	7	BA	1	13,46	A	8	8,45	FEG	7	15,35	DC	6	3,06	BDC
Genotipo	GTPA cm			GTPB cm			NRAM			ATCOS cm			DFF		
PS 108	9	0,40	DC	5	1,11	A	9	15	D	2	141,86	BA	9	37,00	E
PS 11	10	0,38	D	2	2,80	A	6	16	CD	3	135,95	B	10	37,00	E
PS 111	5	0,44	BC	4	1,12	A	7	16	CD	4	117,25	C	4	41,00	C
PS 153	8	0,41	DC	7	1,08	A	1	35	A	6	100,86	ED	1	57,34	A
PS 165	4	0,46	B	9	0,98	A	4	20	CB	10	62,55	G	3	50,62	B
PS 42	1	0,51	A	6	1,10	A	2	34	A	7	94,11	EF	5	41,00	C
PS 55	6	0,44	BC	3	1,23	A	10	13	D	5	105,16	D	7	37,00	E
PS 57	3	0,47	BA	8	1,07	A	5	18	CD	1	148,61	A	8	37,00	E
PS 60	2	0,48	BA	10	0,88	A	8	16	CD	9	91,65	F	6	39,00	D
PS 97	7	0,42	DC	1	3,67	A	3	25	B	8	92,45	F	2	51,80	B
Genotipo	DCOS			APLA cm			RTOHO g/planta			RTOPLA FRESCO g/planta			RTOFLOR SECO g/planta		
PS 108	1	87,00	A	2	160,55	B	9	89,93	CD	4	317,94	CB	7	54,00	C
PS 11	4	86,00	BA	3	156,20	B	5	99,43	CB	2	334,72	B	4	57,66	CB
PS 111	3	86,00	BA	5	132,88	DC	6	99,33	CB	1	385,63	A	2	74,33	A
PS 153	9	67,00	D	4	136,52	C	2	140,52	A	7	267,57	ED	3	61,07	B
PS 165	8	67,80	D	10	82,78	G	4	109,96	B	5	177,06	G	9	45,95	D
PS 42	10	66,90	D	6	127,92	D	1	141,94	A	8	253,52	E	5	57,24	CB
PS 55	5	84,00	BC	8	118,59	E	7	97,05	CB	6	291,81	CD	8	52,85	C
PS 57	2	87,00	A	1	174,73	A	8	90,53	CD	3	322,30	CB	6	55,88	CB
PS 60	6	83,00	C	9	101,56	F	10	74,31	D	9	216,93	F	10	33,74	E
PS 97	7	68,60	D	7	125,20	DE	3	134,06	A	10	295,84	CD	1	79,07	A

Número izquierda: indica el lugar ocupado por el cultivar. Medias con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales con P≤0.05 (Tukey). Promedio entre los tres bloques. NFL: Numero de foliolos ,LETP: longitud del entrenudo en el tallo principal en cm, LPEC: longitud del peciolo en cm, LFCH longitud del foliolo central de la hoja, AFCH: ancho del foliolo central de la hoja , GTPA: grosor del tallo principal en el ápice , GTPB: grosor tallo principal en la base , NRAM: numero de ramas , ATCOS: altura del tallo cosechado , DFF: días final floración , D_COS: días a cosecha , APLA: alto de la planta, RTOBIO_HOJA: rendimiento de biomasa hojas, RTO_BIOMASA: rendimiento de biomasa, RTFLOR_SECO: rendimiento de flor seca

El número de tallos por plantas (NTP) en todos los cultivares fue uno (1). Pero se presentó una alta diferenciación en el número de ramas con un coeficiente de variación del 81%. Los cultivares con mayor desarrollo de ramas en el Caribe fueron PS153 y PS42 con un promedio de 35-34 ramas sobre el tallo principal. El número de ramas o puntos de crecimiento puede ser un factor ligado a la longitud y distancia de entrenudos, la cual al igual que el grosor del ápice se pueda ver afectado por radiaciones o luminosidad de forma puntual que a su vez generaría una variación

entre los individuos de la unidad muestral.

La altura de la planta (APLA) se estimó desde la base del tallo hasta la punta del ápice. El cultivar más alto fue PS57 (174,73 cm) y el más bajo PS165 (82,78 cm). La variable altura del tallo cosechado (ATC) fue estimada a partir de la primera rama que produjo flor. Los rangos de ATC estuvieron entre 62,55 a 148,61 cm (PS165 a PS57).

En términos de biomasa de hojas de la planta (RTOHO) tomado al momento de la cosecha, el cultivar con mayor rendimiento promedio en producción de hojas fue PS42 (141,94 g/planta) y el menor PS60 (74,31 g/planta). El coeficiente de variación de este parámetro fue del 30% y del 48%, esto puede ser explicado porque al momento de colectar las hojas (*fun leaves*) para la medición, se observó una alta variación en el desarrollo de la senescencia del follaje, por lo tanto, se puede indicar que la perdida de agua y marchitez de las hojas no es estable en la planta.

En la variable biomasa fresca total de la planta (RTOPLA_FRESCO), los cultivares con mayor rendimiento fueron PS111 y PS11 con 385,63 y 334,72 g/planta, respectivamente, y los de menor rendimiento de biomasa fresca fueron PS60 y PS97 con 216,93 y 295,84 g/planta.

Para la variable RTOFLOR_SECO se separaron los cogollos o inflorescencias secas de las ramas o tallos. Este rendimiento osciló entre los 33,74 y 79,07 g/planta (PS60 y PS97 respectivamente). En esta localidad se observa que hay un mayor rendimiento en biomasa y por ende en flor seca evidenciando que la producción bajo las condiciones ambientales de la Región Caribe favorece con mayor éxito la expresión genética de las variedades evaluadas.

6.6 ANÁLISIS DE POTENCIA – CONTENIDO DE CANNABINOIDES

En la tabla 11 se presenta la concentración de cada fitocannabinoides expresado como el porcentaje en la muestra y corresponde al promedio de las tres repeticiones de cada muestra para cada cultivar junto con el respectivo coeficiente de variación. Los valores por cada muestra se presentan en los anexos 2 y 3 como el resumen

de resultados entregados por el laboratorio WR.

Las muestras analizadas demostraron que tres cultivares pertenecen a la categoría de cannabis No Psicoactivo (PS111, PS153 y PS165), dado que el promedio de THC total fue menor al 1%, concordante con la legislación colombiana en la clasificación de cannabis. Los otros siete cultivares (PS108, PS11, PS42, PS55, PS57, PS60 y PS97) pertenecieron a la categoría psicoactivo dado que el rango de THC entre estos fue del 14,93 al 24,38%.

Los coeficientes de variación (CV%) en todas las muestras para los dos cannabinoides fue inferior al 20%. El rango del promedio total de CBD fue 17,48 a 21,33%, el cultivar PS165 con mayor concentración de CBD total. La concentración promedio de THC más alta fue en el cultivar PS108 (22,58% y 24,38%) mientras que la más baja fue en PS42 (13,13 y 14,93%).

Tabla 11 Análisis de potencia – contenido de cannabinoides.

PALOMINO						
Genotipo	Promedio de THC TOTAL (% BS)	Promedio de CBD TOTAL (% BS)	Desvest de THC TOTAL (% BS)	Desvest de CBD TOTAL (% BS)	CV-THC (%)	CV-CBD (%)
PS108	24,38	.	2,98	.	12%	.
PS11	19,30	.	1,41	.	7%	.
PS111	0,69	17,48	0,11	1,60	17%	9%
PS153	0,67	17,74	0,11	2,89	17%	16%
PS165	0,84	21,33	0,02	1,40	2%	7%
PS42	14,93	.	1,39	.	9%	.
PS55	18,73	.	1,02	.	5%	.
PS57	15,61	.	0,94	.	6%	.
PS60	17,52	.	4,11	.	23%	.
PS97	21,72	.	1,84	.	8%	.

%CV: Coeficiente de variación (%). Devest: Desviación estándar entre las tres muestras

6.7 RESPUESTA A PLAGAS Y ENFERMEDADES

Los principales blancos biológicos que se encontraron en el Caribe fueron ácaros (*Tetranychus urticae*) y *Botrytis cinerea* (moho gris). Sin embargo, para esta región

también se detectaron algunos insectos plaga, perteneciente a las familias *Cicadellidae* y *Pseudococcidae*, aunque la infestación no fue relevante en términos de daño (Figura 7).

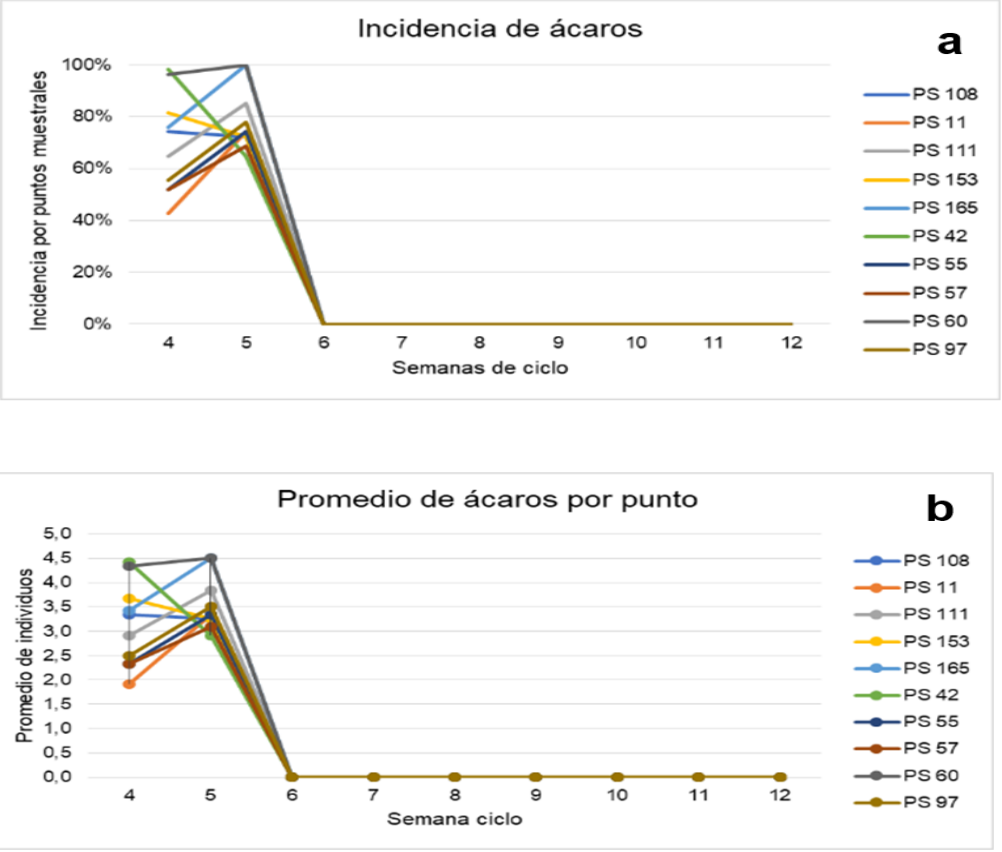


Figura 7 . Respuesta al ataque de ácaros a. Incidencia de ácaros por cultivares para los tres bloques del diseño experimental. b. Número promedio de ácaros (severidad de la infestación) encontrados por punto muestral.

La incidencia de ácaros (Figura 7a) se evidenció al finalizar la fase vegetativa (semana 4-6) e iniciando floración, donde la mayoría de los cultivares alcanzaron más del 60% de sitios muéstrales con presencia de la plaga. Los cultivares con mayor incidencia fueron PS60 y PS165 con un 100-95% de incidencia respectivamente. En términos de severidad o promedio de ácaros por punto muestral, estos últimos cultivares alcanzaron a tener hasta 4,5 individuos/sitio. Los de menor número de individuos por sitio fueros PS57 y PS11 (máximo 3 individuos).

En la Figura 8 se presentan los análisis de incidencia y severidad por cada cultivar

para *B. cinerea* identificados en la subregión caribe seco. La presencia de Botrytis se evidenció desde la semana ocho del ciclo y tuvo un crecimiento hasta la cosecha. La mayoría de los cultivares alcanzaron una incidencia superior al 70% sobre el total de sitios muestreados, pero en el caso de PS55 y PS111 fueron los que tuvieron la menor incidencia de la enfermedad (máximo del 66%).

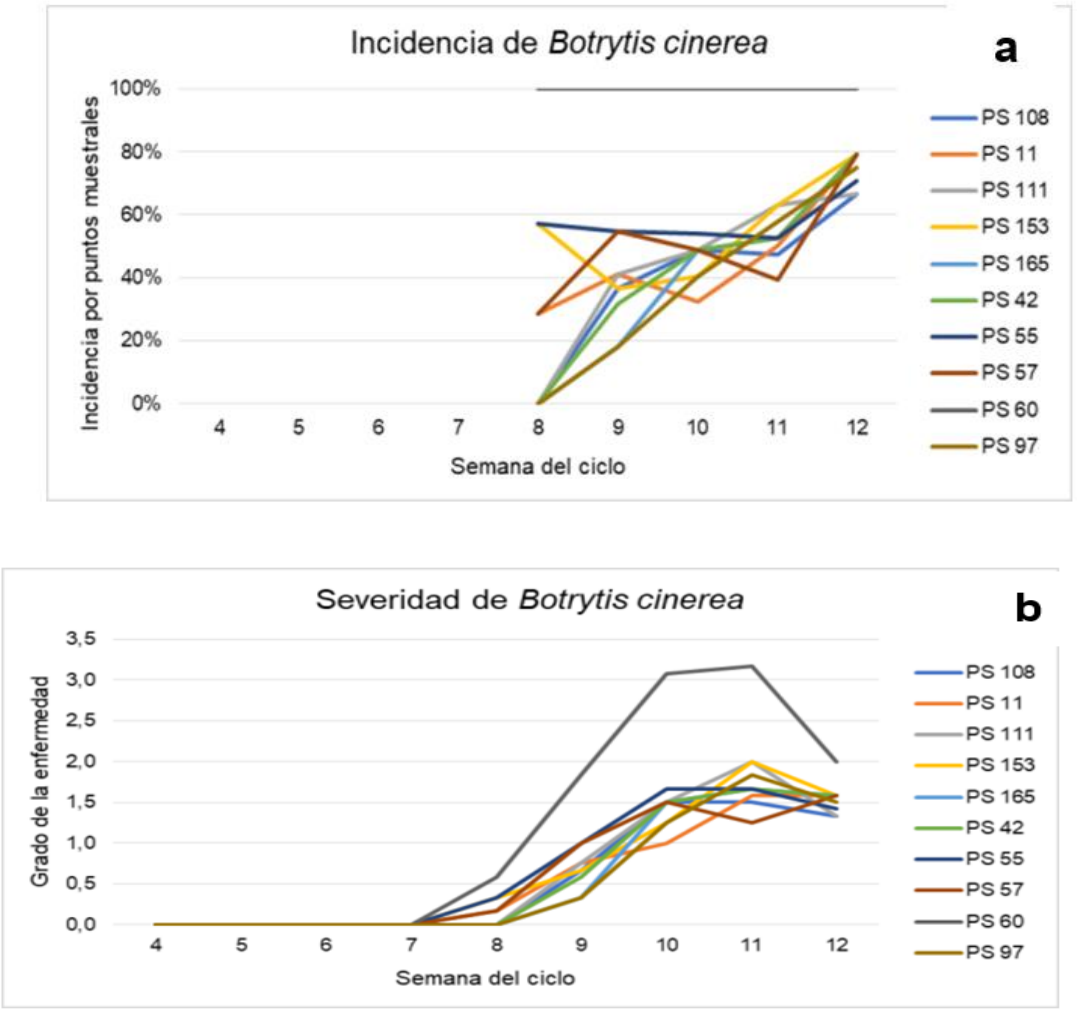


Figura 8 Ataque de Botrytis cinerea. a. Incidencia de Botrytis sp. por cultivares para los tres bloques del diseño experimental. b. Severidad de Botrytis cinerea en grados del avance de la enfermedad para cada cultivar.

La severidad de la enfermedad (Figura 8b) se evidenció en diferentes grados dependiendo la semana de evaluación; sin embargo, los grados máximos en semana 12 estuvieron entre el grado 1 y 2 para la mayoría de los cultivares, es decir, fue una severidad media a baja. Únicamente, el cultivar PS60 alcanzó el

grado 3 de la enfermedad, es decir, en los tres tercios de las plantas muestreadas de este cultivar se observó presencia de la enfermedad.

El desarrollo de Botrytis se pudo ver favorecido por las altas humedades relativas (HR 90-100%) que se presentaron principalmente en las etapas finales del cultivo debido a las lluvias intensas en la región, las cuales también generaron una alta formación de gotas (glutación) sobre la epidermis de la hoja y de las flores que a su vez pudo generar un microambiente en la planta idóneo para el desarrollo de patógenos necrótrofos como Botrytis.

Durante el proceso de cosecha se cortó completamente la planta con la respectiva flor y se tomaron los datos de rendimiento fresco. Sin embargo, todos los cogollos que tenían síntomas o presencia de *Botrytis* fueron removidos de las partes sanas, para evitar contaminación en el proceso de secado.

7 DISCUSIÓN

Tres de los diez cultivares evaluados para la Región Caribe fueron catalogados como no psicoactivos debido a que su concentración de THC fue menor al 1%, característica muy ventajosa para comercializar los derivados de cannabis en mercados como el europeo y norteamericano. Los otros siete restantes fueron Psicoactivos con niveles superiores al 12% de THC, e incluso dos de ellos sobrepasaron el 20% de concentración para este Fito cannabinoide.

En las investigaciones desarrolladas sobre las rutas metabólicas de los fitocannabinoides se ha identificado que las formas ácidas de estos compuestos, denominadas como THCA y CBDA, se sintetizan a partir del ácido cannabigerólico (CBGA) por las enzimas relacionadas THCA sintasa (THCAS) y CBDA sintasa (CBDAS), respectivamente. La expresión de THCAS y CBDAS parece ser el factor principal que determina el contenido de cannabinoides, pero los mecanismos que subyacen a la expresión de estas enzimas son aún desconocidos.

Entre las variedades evalúalas PS111, PS153 y PS165 entraron al rango de No Psicoactivo ya que la concentración de THC es menor al 1%, en los cultivares restantes (PS108, PS11, PS42, PS55, PS57, PS60 y PS97) pertenecieron a la categoría psicoactivo dado que el rango de THC entre estos fue del 14,93 al 24,38%.

Esta maximización puede ser explicada a que los deltas de temperatura y humedad son altos durante el día (30 °C - ∆HR 50%), aumentando así la cantidad de estrés ambiental al que se ven sometidas las plantas y permitiéndoles una mayor fijación o producción de cannabinoides (Backer et al., 2019).

Los cambios en la concentración de fitocannabinoides también han sido asociados con diferentes condiciones del cultivo como la intensidad y calidad lumínica, la densidad de siembra y condiciones de fertilización. Por ejemplo, en el metaanálisis desarrollado por (Backer et al., 2019)se indica que las condiciones ligeramente

estresantes de mayor densidad de plantas (> 1 planta/m^2) y temperatura máxima (> 30 °C) pueden contribuir a una mayor acumulación de THC. A pesar de las altas densidades de siembra que se manejaron en la PEA (9 y 4 plantas/m^2), los diez cultivares presentaron una alta y estable concentración de cannabinoides no psicoactivos y psicoactivos (CBD>12% y THC>13%), indicando nuevamente que son cultivares muy promisorios y que responden exitosamente en sistemas productivos con alta competencia o variación de la luminosidad natural (fase de floración).

En las investigaciones realizadas por Chandra et al., (2011) sobre el comportamiento de diferentes cepas de cannabis bajo diversos rangos de temperatura se ha identificado que aquellas cepas de tipo fármaco, se desarrollan de manera óptima a una temperatura entre 30–35 °C, dado que tienen una tasa fotosintéticamente activa con mayor rendimiento, a mayor temperatura habría una mayor concentración de clorofila. Sin embargo, los principales problemas que se presentaron a altas temperaturas fueron en el uso eficiente del agua. Los cultivares evaluados en la presente investigación, a pesar de los deltas de temperatura y las altas temperaturas durante las fases de vegetativo y de floración, tuvieron un óptimo desarrollo y producción, evidenciando, su resistencia a condiciones ambientales adversas o fluctuantes.

La alta estabilidad también se presentó en otras características como tipo de médula, profundidad de surco, días de emergencia del esqueje, días a floración y días a cosecha. Estas condiciones, así como su grado de estabilidad dentro de los cultivares, se esperaba dado que el origen del material vegetal para las diferentes repeticiones en cada bloque se obtuvo a partir de una propagación clonal de una planta madre por cada variedad.

En la región Caribe se observó variación e intensificación de antocianinas en la corona y en algunas flores. Por otra parte, los diez cultivares presentaron entre débil y baja pigmentación antociánica en peciolo, indicando que probablemente la concentración o síntesis de este tipo de flavonoides no posee una alta expresión fenotípica en estos cultivares bajo las condiciones climáticas de la evaluación. La

presencia de flavonoides en las plantas ha sido asociada con la filtración de los rayos ultravioleta protegiendo las plantas (Flores-Sanchez & Verpoorte, 2008). A nivel celular los flavonoides tienen funciones de reguladores del ciclo celular. Ciertos flavonoides se sintetizan en las raíces de las plantas y tienen papeles cruciales en el establecimiento de hongos simbióticos o de micorrizas y, al mismo tiempo, en el combatir las infecciones causadas por hongos patógenos(Pollastro et al., 2018).

En cannabis se han podido aislar 26 tipos de flavonoides, grupo al que pertenecen las antocianinas. La distribución de flavonoides se caracteriza por una alta variabilidad entre especies de cannabis con diversidad importante de planta a planta y de un tejido vegetal a otro (Pollastro et al., 2018). De acuerdo con (Magagnini et al., 2018), longitudes de onda más cortas, entre el rango de luz azul y luz UV, es el más efectivo en la acumulación de antocianinas y flavonoides. Para la época en la que se llevó a cabo esta investigación, el periodo de floración coincidió con los meses de septiembre-octubre de 2020, meses en los cuales se presenta una radiación y brillo solar media-alta para el Caribe, zona Palomino y la Guajira, influyendo probablemente en el aumento de concentración de antocianinas en los diferentes órganos y en la concentración de cannabinoides como se explicó anteriormente.

Los cultivares que fueron más precoces en la producción de raíces y activación de brotes nuevos fueron PS108, PS153 y PS60, aunque precisamente en esta condición se presentó mayor variabilidad y emergencia de brotes entre individuos de un mismo cultivar. Estas diferencias se pueden explicar desde la concentración hormonal de la planta madre en las etapas iniciales de producción de esqueje porque el material esquejado para esta investigación fue de plantas que fueron germinadas desde semillas. Como se describió en la metodología, los esquejes cosechados para la PEA en Palomino correspondieron a la primera cohorte de esquejes "*flush1",* es decir fue un esqueje con mayor concentración de auxina y giberelinas, lo cual puede favorecer y estabilizar el enraizamiento y por ende la emergencia de nuevos brotes.

El éxito de enraizamiento del esqueje en cannabis también ha sido asociado con la estabilidad de las condiciones ambientales necesarias para el óptimo desarrollo de estos como temperaturas entre 20-22°C y HR entre el 70-80% (Caplan et al., 2018). Igualmente, con la calidad fitosanitaria y óptimo desarrollo de la planta madre, el tipo de hormona y la respuesta innata del cultivar, ya que resulta de vital importancia escoger material vegetal proveniente de plantas sanas y vigorosas, donde la mayor influencia es la edad de la planta madre y su estado fenológico (Hartmann & Kester, 1991).

Durante el proceso de establecimiento de las plantas para la conformación de la unidad experimental de cada cultivar en la PEA, se garantizaron las condiciones para el buen desarrollo del esqueje, por lo tanto, se considera que los cultivares más precoces mencionados anteriormente, poseen una buena respuesta en la activación de hormonas que generen diferenciación celular y por ende produzcan nuevas raíces. Igualmente, los cultivares más tardíos en el enraizamiento pueden poseer tejidos celulares con paredes más engrosadas las cuales retarden un poco más la diferenciación celular y desarrollo de nuevas estructuras, debido a que se presente una gran cantidad de meristemos principales en los sitios de mayor concentración de auxinas y no se estimule rápidamente la inducción de raíces (Salisbury et al., 1994).

Los retrasos en el enraizamiento durante el establecimiento del material vegetal en la presente investigación se obedecieron a problemas logísticos asociados con la pandemia y a demoras en el otorgamiento de los permisos para ejecutar la evaluación por parte de las autoridades competentes. Sin embargo, por los resultados obtenidos se puede indicar que las diez variedades pueden enraizar de manera muy acelerada e incluso en tiempos de 10 – 15 días después de cosechado del esqueje, condición que favorece su éxito en la propagación.

De acuerdo con el ciclo del cultivo desde siembra a cosecha se puede indicar que los diez cultivares evaluados fueron relativamente uniformes. El inicio de la floración fue sincronizado para todos los materiales evaluados, e igualmente el tiempo a cosecha fue estable para los cultivares. Esta estabilidad era de esperarse ya que

los diez cultivares poseen relaciones muy similares en su composición genética de variedades *indica:sativa* factor genético que puede estar influenciando la similitud entre el tiempo de desarrollo fenológico de los cultivares.

En cannabis uno de los factores que más influye en el rendimiento y producción de biomasa corresponde a la densidad de siembra ya que afecta la forma del dosel de la planta, lo que a su vez afecta el rendimiento total de la misma (Chandra et al., 2011). En términos de rendimiento, la producción en esta subregión fue hasta un 50% superior, evidenciando que las condiciones ambientales en el Caribe pueden ser más favorables para el desarrollo de está genética.

En términos de la relación entre la producción de flor seca sobre el peso de toda la planta fresca o biomasa representó aproximadamente entre el 20-40% de la producción de los cultivares evaluados. Esta alta producción de flor seca indica que los diez cultivares responden satisfactoriamente a las condiciones de alta densidad de siembra (9 y 4 plantas/m^2), alta competencia de luminosidad y buen desarrollo de biomasa en contenedores pequeños de 10 litros, destacando que el sistema de producción y de manejo agronómico bajo el que se desarrolló esta investigación es idóneo para que los cultivares expresen su potencial genético y agronómico.

La presencia de plagas y enfermedades, especialmente de ácaros y botrytis, alcanzaron incidencias medias-altas (aproximadamente el 50%) en el experimento, pero la severidad fue baja (grados 1-2 o 3-4 ácaros/planta), a pesar de que las condiciones ambientales como humedad relativa y temperatura pudieron favorecer su proliferación. Teniendo en cuenta este comportamiento, se puede indicar que los cultivares tuvieron una respuesta satisfactoria a este grado de presión de infestación o de inóculo dado que no se generaron daños relevantes que limitaran la producción o que permitieran en el caso de ácaros, evaluar la severidad del daño.

Es importante destacar que la incidencia de ácaros se vio drásticamente disminuida después de la semana 6 del ciclo llegando hasta una incidencia del 0%. Este comportamiento se generó después de realizar prácticas culturales oportunas para evitar la proliferación de la plaga, tales como podas y eliminación de hojas con presencia de ácaros en puntos focales y usos de lavados con jabón potásico en

mezcla con extracto de neem (*Azadirachta indica*).

Todos los cultivares evaluados fueron exitosos y estables de acuerdo con sus características cualitativas y cuantitativas, así como de rendimiento y concentración de cannabinoides a pesar de haber sido sometidos a condiciones extremas de producción como: altas densidades de siembra, alta competencia por luz y deltas de temperatura y HR significativos. Esta estabilidad puede deberse a las condiciones genéticas de cada variedad y también al manejo integrado de fertilización y labores culturales (aclareo, mantenimiento de follaje) que se llevaron a cabo durante el experimento en esta localidad.

8 CONCLUSIONES

Las características cualitativas de los cultivares fueron estables a pesar de los deltas de luminosidad, temperatura y humedad relativa del área de evaluación.

Las condiciones ambientales de la Región Caribe potencializaron el rendimiento y concentración de Fito cannabinoides de los diez cultivares evaluados.

En sistemas de producción con alta densidad los cultivares evaluados presentaron un rendimiento exitoso según la producción de biomasa total de la planta y la relación de flor seca.

Los cultivares evaluados fueron consistentes en cuanto a su concentración de Fito cannabinoides bajo un sistema de alta competitividad lumínica.

En función a los análisis del comportamiento de los cultivares evaluados, se encontró que estos sobresalen en varias características importantes y en su buen comportamiento agronómico, así como en la adaptación satisfactoria en la Subregión Natural Caribe.

9 BIBLIOGRAFÍA

Afrin, F., Chi, M., Eamens, A. L., Duchatel, R. J., Douglas, A. M., Schneider, J., Gedye, C., Woldu, A. S., & Dun, M. D. (2020). Can Hemp Help? Low-THC Cannabis and Non-THC Cannabinoids for the Treatment of Cancer. *Cancers*, *12*(4), 1033. https://doi.org/10.3390/cancers12041033

Alicia. (2020, febrero 28). Etapa vegetativa de las plantas de Cannabis: Una guía para principiantes. *Grow with Jane*. https://growithjane.com/es/planta-cannabis-etapa-vegetativa/

Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., & Venturi, G. (2008). Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (Cannabis sativa L.) fibre and implication for an innovative production system. *Field Crops Research - FIELD CROP RES*, *107*, 161-169. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.002

Ángeles López, G. E., Brindis, F., Cristians Niizawa, S., & Ventura Martínez, R. (2014). Cannabis sativa L., una planta singular. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, *45*(4), 1-6.

Backer, R., Schwinghamer, T., Rosenbaum, P., McCarty, V., Eichhorn Bilodeau, S., Lyu, D., Ahmed, M. B., Robinson, G., Lefsrud, M., Wilkins, O., & Smith, D. L. (2019). Closing the Yield Gap for Cannabis: A Meta-Analysis of Factors Determining Cannabis Yield. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 495. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00495

Calderón Vallejo, G. A., Pareja Hincapié, L. M., Secretaría de Salud de Medellín, Caicedo Cano, C., Fundación Carla Cristina, Chica Ríos, R. A., & Fenix

Healing Centre Ltd. Progreso en Canadá. (2017). REGULACIÓN DEL USO DE MARIHUANA EN COLOMBIA CON FINES MEDICINALES. *Hacia la promoción de la salud*, *22*(1), 43-55. https://doi.org/10.17151/hpsal.2017.22.1.4

Campos, I. (2012). *Home grown: Marijuana and the origins of Mexico's war on drugs*. Univ of North Carolina Press.

Caplan, D., Stemeroff, J., Dixon, M., & Zheng, Y. (2018). Vegetative propagation of cannabis by stem cuttings: Effects of leaf number, cutting position, rooting hormone, and leaf tip removal. *Canadian Journal of Plant Science*, *98*(5), 1126-1132. https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0038

Cervantes, J. (2006). *Marijuana Horticulture: The indoor/outdoor medical grower's bible*. Van Patten Publishing.

Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., & Elsohly, M. A. (2011). Temperature response of photosynthesis in different drug and fiber varieties of Cannabis sativa L. *Physiology and Molecular Biology of Plants: An International Journal of Functional Plant Biology*, *17*(3), 297-303. https://doi.org/10.1007/s12298-011-0068-4

Conabio. (2014). *Cannabis sativa—Ficha informativa*. http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cannabaceae/cannabis-sativa/fichas/ficha.htm

Connell, R. (1981). *Marijuana Botany. An advanced study: The propagation and breeding of distinctive Cannabis*.

Fassio, A., Rodriguez, M., & Sergio Caretta. (2013). *Cáñamo (Cannabis sativa L.)* (INIA). https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348

Ferrer, C. (2005). *La Biblia del cannabis*. CARENA EDITORS, SL.

Flores-Sanchez, I. J., & Verpoorte, R. (2008). Secondary metabolism in cannabis. *Phytochemistry Reviews*, *7*(3), 615-639. https://doi.org/10.1007/s11101-008-9094-4

Florian, N., Parada, F., & Garzon, W. (2009). Contenido de Cannabinoides en Muestras de Marihuana de Varias Regiones de Colombia. *Revista de la facultad de quimica farmaceutica*, *16 numero 2*, 237-244.

Gallegos, H. (2021). APLICACIONES DE CÁÑAMO COMO ALTERNATIVA RENTABLE A LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA DE ECUADOR TRAS LA PANDEMIA DE COVID-19. *Perfiles*, *1*(25), 45-53. https://doi.org/10.47187/perf.v1i25.112

Gallo-Molina, A. C., Castro-Vargas, H. I., Garzón-Méndez, W. F., Martínez Ramírez, J. A., Rivera Monroy, Z. J., King, J. W., & Parada-Alfonso, F. (2019). Extraction, isolation and purification of tetrahydrocannabinol from the Cannabis sativa L. plant using supercritical fluid extraction and solid phase extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, *146*, 208-216. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.01.020

Gautam, A. K., Kant, M., & Thakur, Y. (2013). Isolation of endophytic fungi from Cannabis sativa and study their antifungal potential. *Archives Of*

Phytopathology And Plant Protection, *46*(6), 627-635. https://doi.org/10.1080/03235408.2012.749696

Growithjane. (2020, febrero 4). El ciclo de vida de la planta de Cannabis—Etapas semana a semana. *Grow with Jane*. https://growithjane.com/es/etapas-planta-cannabis/

Hartmann, T., & Kester, D. (1991). *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1510

Laverty, K. U., Stout, J. M., Sullivan, M. J., Shah, H., Gill, N., Holbrook, L., Deikus, G., Sebra, R., Hughes, T. R., Page, J. E., & van Bakel, H. (2019). A physical and genetic map of Cannabis sativa identifies extensive rearrangements at the THC/CBD acid synthase loci. *Genome Research*, *29*(1), 146-156. https://doi.org/10.1101/gr.242594.118

Magagnini, G., Grassi, G., & Kotiranta, S. (2018). The Effect of Light Spectrum on the Morphology and Cannabinoid Content of Cannabis sativa L. *Medical Cannabis and Cannabinoids*, *1*(1), 19-27. https://doi.org/10.1159/000489030

Mechoulam, R., Parker, L. A., & Gallily, R. (2002). Cannabidiol: An overview of some pharmacological aspects. *Journal of Clinical Pharmacology*, *42*(S1), 11S-19S. https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.2002.tb05998.x

Pollastro, F., Minassi, A., & Fresu, L. G. (2018). Cannabis Phenolics and their Bioactivities. *Current Medicinal Chemistry*, *25*(10), 1160-1185. https://doi.org/10.2174/0929867324666170810164636

Rosenthal, E. (2012). *Marijuana pest and disease control: How to protect your plants and win back your garden*. Ed Rosenthal.

Russo, E. B. (2007). History of Cannabis and Its Preparations in Saga, Science, and Sobriquet. *Chemistry & Biodiversity*, *4*(8), 1614-1648. https://doi.org/10.1002/cbdv.200790144

Salisbury, F. B., Ross, C. W., & González Velázquez, V. (1994). *Fisiología vegetal* (Número 571.2 S2F5).

Scuderi, C., Filippis, D. D., Iuvone, T., Blasio, A., Steardo, A., & Esposito, G. (2009). Cannabidiol in medicine: A review of its therapeutic potential in CNS disorders. *Phytotherapy Research: PTR*, *23*(5), 597-602. https://doi.org/10.1002/ptr.2625

Vega, J., & Guevara, T. (2019). Rasgos fenotípicos, nutricionales y anatómicos a lo largo de las generaciones de una cepa de Cannabis sativa Lin. Var. C.G. *CANNAWORLDCONGRESS*, 46-57. https://cannaworldcongress.com/wp-content/uploads/2020/04/CANNAWORLDCONGRESS-201911..pdf

vegetalbioplant & Madame Grow. (2019, mayo 3). Etapas de la floración de marihuana semana a semana | Madame Grow. *Blog de Madame Grow*. https://vegetalbioplant.com/blog/es/etapas-de-la-floracion-de-marihuana-semana-a-semana-la-prefloracion-parte-i/

Zuardi, A. W. (2006). History of cannabis as a medicine: A review. *Brazilian Journal of Psychiatry*, *28*, 153-157. https://doi.org/10.1590/S1516-44462006000200015

Zuk-Golaszewska, K., & Golaszewski, J. (2018). Cannabis sativa L. – cultivation and quality of raw material. *Journal of Elementology*, *23*(3). https://doi.org/10.5601/jelem.2017.22.3.1500

10 Anexo 1

Se presentan los resultados originales de la concentración de fitocannabinoides en archivo digital para diez cultivares de la PEA de ALLAN KASSIN enviados por el Laboratorio WR para dos localidades.

Resumen de cannabinoides Palomino:

Código	Cod-Lab	CBD (%BH)	Δ9-THC (%BH)	Δ8-THC (%BH)	CBN (%BH)	CBDA (%BH)	THCA (%BH)	CBG (%BH)	THC TOTAL (%BH)	CBDTOTAL (%BH)	CBD (%BS)	Δ9-THC (%BS)	Δ8-THC (%BS)	CBN (%BS)	CBDA (%BH)	CBG (%BH)	THCA (%BS)	THCTOTAL (%BS)	CBDTOTAL (%BS)
PS11	C10644	ND	0,684	ND	NC	ND	20,398	NC	18,573	ND	ND	0,756	ND	NC	ND	22,552	NC	20,534	ND

PS111	C10065	ND	0,568	ND	NC	ND	19,431	NC	17,609	ND	ND	0,632	ND	NC	ND	21,631	NC	19,602	ND
PS111	C10063	NC	0,656	ND	NC	NC	17,894	NC	16,349	NC	NC	0,712	ND	NC	NC	19,435	NC	17,756	NC
PS55	C10067	ND	1,300	ND	NC	ND	16,708	NC	15,953	ND	ND	1,439	ND	NC	ND	18,498	NC	17,662	ND
PS55	C10068	ND	1,251	ND	NC	ND	18,916	NC	17,841	ND	ND	1,381	ND	NC	ND	20,872	NC	19,686	ND
PS55	C10066	NC	1,221	ND	NC	NC	17,967	NC	16,978	NC	NC	1,354	ND	NC	NC	19,926	NC	18,829	NC
PS57	C10072	ND	0,422	ND	NC	2,539	15,027	NC	13,601	2,227	ND	0,468	ND	NC	2,810	16,634	NC	15,056	2,464
PS57	C10073	ND	0,738	ND	NC	ND	14,908	NC	13,813	ND	ND	0,806	ND	NC	ND	16,274	NC	15,078	ND
PS57	C10074	NC	0,635	ND	NC	NC	16,371	NC	14,992	NC	NC	0,707	ND	NC	NC	18,231	NC	16,696	NC
PS42	C10085	ND	1,468	ND	NC	ND	15,653	NC	15,196	ND	ND	1,595	ND	NC	ND	17,005	NC	16,508	ND
PS42	C10086	ND	1,131	ND	NC	ND	13,762	NC	13,200	ND	ND	1,234	ND	NC	ND	15,012	NC	14,400	ND
PS	C1	NC	1,	ND	NC	NC	12,8	NC	12	NC	NC	1,	ND	NC	NC	13	NC	13	NC

42	084		466				14		,704			601				,995		,875	
PS60	C10089	ND	0,906	ND	0,947	ND	16,133	NC	15,055	ND	ND	1,009	ND	1,054	ND	17,951	NC	16,752	ND
PS60	C10087	NC	1,458	ND	0,476	NC	12,782	NC	12,668	NC	NC	1,594	ND	0,520	NC	13,971	NC	13,847	NC
PS60	C10088	NC	0,848	ND	1,117	NC	21,659	NC	19,842	NC	NC	0,938	ND	1,236	NC	23,964	NC	21,954	NC
PS111	C10060	0,641	NC	ND	ND	19,477	0,851	NC	0,747	17,722	0,697	NC	ND	ND	21,187	0,926	NC	0,812	19,278
PS111	C10061	0,514	NC	ND	ND	17,102	0,684	NC	0,600	15,513	0,563	NC	ND	ND	18,713	0,749	NC	0,657	16,974
PS111	C10062	0,469	NC	ND	ND	16,243	0,612	NC	0,537	14,714	0,517	NC	ND	ND	17,879	0,674	NC	0,591	16,197
PS108	C10070	NC	1,610	ND	ND	NC	26,512	NC	24,861	NC	NC	1,801	ND	ND	NC	29,652	NC	27,806	NC
PS108	C10069	NC	1,593	ND	ND	NC	21,672	NC	20,600	NC	NC	1,773	ND	ND	NC	24,115	NC	22,922	NC
PS108	C10071	NC	1,278	ND	ND	NC	21,621	NC	20,239	NC	NC	1,414	ND	ND	NC	23,938	NC	22,408	NC
PS16	C1008	1,1330	NC	ND	ND	19,8	0,8766	NC	0,76	18,5	1,2533	NC	ND	ND	22,0	0,97	NC	0,85	20,544

5	1					49			8	37					00	1		2	7
PS165	C10822	0,7661	NC	ND	ND	22,7115	0,8755	NC	0,767	20,682	0,844	NC	ND	ND	25,2006	0,9700	NC	0,8511	22,9500
PS165	C10833	0,6911	NC	ND	ND	20,2199	0,8400	NC	0,7377	18,4233	0,7688	NC	ND	ND	22,4699	0,9344	NC	0,8199	20,4977
PS97	C10755	NC	1,3044	ND	NC	ND	20,668	NC	19,4300	NC	NC	1,4322	ND	NC	ND	22,6887	NC	21,3288	NC
PS97	C10766	NC	1,0766	ND	NC	NC	19,4484	NC	18,1544	NC	NC	1,1822	ND	NC	NC	21,5911	NC	20,1177	NC
PS97	C10777	NC	1,3244	ND	NC	NC	23,086	NC	21,5700	NC	NC	1,4566	ND	NC	NC	25,3944	NC	23,7277	NC
PS153	C10788	0,8600	NC	ND	ND	18,2200	0,6911	NC	0,6066	16,8389	0,9499	NC	ND	ND	20,1199	0,7633	NC	0,6699	18,5933
PS153	C10799	0,6311	NC	ND	ND	14,4977	0,5811	NC	0,5110	13,3455	0,6866	NC	ND	ND	15,7777	0,6322	NC	0,5544	14,5222
PS153	C10800	0,7377	NC	ND	ND	19,9322	0,8001	NC	0,7022	18,2188	0,8144	NC	ND	ND	21,9900	0,8833	NC	0,7744	20,0999