



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Importancia del paclobutrazol en la producción de cítricos fuera de
temporada

AUTOR:

Párraga Bazurto Fernando Alexander

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ING. Adriana Celi Soto Ph.D

SANTA ANA – MANABÍ - ECUADOR

2022

Resumen

La variabilidad estacionaria en la producción es un problema para los fruticultores y citricultores en general, por lo que herramientas que ayuden a desfasar la producción, serían una alternativa para el rendimiento; el uso de reguladores de crecimiento son una alternativa; por ejemplo, el uso del paclobutrazol (PBZ) ha sido una de las herramientas utilizadas para fortalecer la alternitud en la producción. El presente artículo se ha desarrollado con el objetivo de indagar la importancia del PBZ en la producción forzada de cítricos. El PBZ se ha involucrado en la inhibición de la síntesis de giberelinas y auxinas, acortando la elongación y división celular, su uso en cítricos ha sido documentado para forzar producción, es decir poder obtenerla cuando la oferta sea baja y así contribuir a la economía del productor. El PBZ aumenta la tolerancia de la planta al frío, manteniendo las yemas injertadas en un estado dominante durante condiciones adversas, inhibe el crecimiento vegetal induciendo los botones florales influyendo en la maduración temprana de los frutos, y maximizando el rendimiento productivo de las plantas y calidad de los frutos. Este compuesto permite optimizar el rendimiento de las plantas, promoviendo la producción fuera de temporada, equilibrando de esta manera la alternancia productiva.

Palabras clave: Cítricos; floración; producción; paclobutrazol; giberelina.

Abstract

Stationary variability is a problem for fruit producers and producers in general, hence tools that help to crop at any season would be an alternative to yield. For this reason, the use of growth regulators is a choice; for example, paclobutrazol (PBZ) has been used to strengthen alternativity in production. This article aims to investigate the importance of PBZ in the forced production of citrus fruits. PBZ has been involved in inhibiting the synthesis of gibberellins and auxins, shortening the elongation and cell division; its use in citrus has been studied to force production to obtain it when the supply is low and thus contribute to the producer's economy. PBZ increases plant tolerance to cold weather, keeping grafted buds in a dominant state during adverse conditions; inhibits plant growth by inducing flower buds by influencing early fruit ripening, and maximizing plant yield and fruit quality. This compound allows to optimize the yield of plants, promoting the production in any season, thus balancing the productive alternation.

Keywords: Citrus; flowering; production; paclobutrazol; gibberellin.

Introducción

El género *Citrus* pertenece a la subfamilia *Aurantioideae* de las Rutáceas (Gonzales & Tullo, 2019; Reuther & Webber, 1967), las especies cítricas tienen varios orígenes, tal es el caso, de las naranjas dulces y las mandarinas que son provenientes de la China, y el limón de la India (Talón et al., 2020). Sin embargo, existen nuevas evidencias que indican que otras especies de cítricos son nativas de Australia y áreas circundantes (Beattie et al., 2008). Aunque los cítricos pueden cultivarse en todo el mundo, suelen ser sensibles al frío, por lo que las condiciones ideales de crecimiento se encuentran en las regiones tropicales y subtropicales a lo largo de la línea ecuatorial (Talón et al., 2020).

Los cítricos son el principal cultivo frutícola con mayor superficie y producción (Orrego et al., 2020), siendo las especies de mayor importancia económica: la clementina (*Citrus x clementina*), limón (*C. x limon*), pomelo (*C. x paradisi*), lima (*C. aurantifolia*, *C. x latifolia*) naranja dulce (*C. x sinensis*) y mandarina o tangerina (*C. x reticulata*) (Wu et al., 2018), de este grupo es la naranja la especie que aporta más de la mitad de la producción en cítricos, con 130 millones de toneladas métricas producidas durante el periodo 2018–2019 (World Citrus Organisation, 2019).

Brasil se consolida como el primer país productor de (*C. x sinensis*), con una producción de 17 073.593 t.ha⁻¹ y un rendimiento de 28,96 t.ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019). Mientras que en Ecuador, la producción de naranja y limón en fruta fresca fue de 133.688 t, y 19.672 t respectivamente, siendo la provincia de Manabí la principal productora de limón, con 5.510 t.ha⁻¹, en una superficie plantada de 1.348 ha como monocultivo, según datos reportados por el INEC (2019).

De acuerdo con Zayas (2019), el elemento principal que permite un desarrollo factible de la producción cítrica es el clima predominante, por tal motivo la siembra de los cítricos debe darse acorde a la estación del año que promueva su vegetación, siendo el clima tropical y subtropical el más adecuado, debido a la estacionalidad que se manifiesta. Uno de los contratiempos que enfrentan los frutales usualmente está asociado con la cadena de producción, dada por la variabilidad de la oferta y la demanda en determinada temporada (González, 2009).

Castelló (2019), al referirse sobre la ley de la oferta y la demanda distingue que esta es inapelable, pues al existir una oferta excesiva de un producto, el precio al consumidor se reduce en un margen importante, afectando a la economía de los productores. Por otra

parte, Westreicher (2019) menciona que las características del exceso de oferta, destaca que existe un desequilibrio en el mercado, debido a la existencia de mercadería en abundancia, ocasionando reducción de precios, afectando a la economía del productor.

En lo que respecta a Ecuador, en la provincia de Manabí (Valarezo et al., 2020) para el año 2018, los meses de menor producción de limón sutil fueron de julio a noviembre, razón por lo que los precios son más elevados, llegando a costar el saco de 35 kg aproximadamente 35 USD; por otro lado, El MAG (2018) hace mención que de agosto a noviembre el precio del limón fluctuó entre 17 y 32 USD.

En concordancia a la investigación que antecede, ciertos productores de cítricos, detallaron las variaciones de precios de naranjas y limones en la provincia de Manabí en el primer periodo del año 2021, es así que Bazurto (2021), mencionó que la naranja es escasa y costosa durante los meses de noviembre 2020 a febrero 2021 y sus precios oscilaban entre USD 8 a 12 el ciento, mientras que el precio del saco de 35 kg de limón era de USD 4 a 5 dólares; a partir de julio del 2021 los precios de la mandarina y la naranja fueron de USD 3 y 5 el ciento respectivamente, sin embargo el limón fue escaso y los precios se elevaron llegando a costar un saco de 35 kg USD 40 y el saco del limón maduro en USD 18. El precio del saco de 35 kg de limón, en el mes de enero a marzo 2021 fue de USD 5 a 8 y de abril a mayo USD 10, mientras que en junio subió a USD 20, a partir de julio a septiembre se ha mantenido en USD 35 a 30. Tuárez (2021) es un productor que menciona que en su finca dejó de cosechar desde el mes de junio del 2021, producto de la escasa floración.

El PBZ contribuye a la uniformidad floral y a la producción (Michelini & Chinnerry, 1988, 1989). Este elemento puede inhibir la síntesis de giberelinas, favoreciendo la expresión del gen *FLOWERING LOCUS T (FT)* encargado de la inducción floral (Nakagawa et al., 2012), mismo que genera la expresión de los genes de floración (Corbesier et al., 2007; Natalia Muñoz et al., 2012; Zeevaart, 2008). Así también, El PBZ ha sido aplicado como un protector eficaz, debido a que ayuda a superar el estrés ambiental en las plantas (Javid et al., 2011). Se ha relacionado con el incremento del contenido de enzimas antioxidantes brindándole protección a la planta, otro uso es promover una mayor producción de los cultivos (Özmen et al., 2003). Finalmente algunas investigaciones lo han relacionado con disipar el estrés provocado por salinidad en cebada y trigo, (Javid et al., 2011). Por esta razón, el objetivo de la investigación fue desarrollar una búsqueda exhaustiva de información referente a la importancia del PBZ en la producción de cítricos fuera de temporada.

Material y métodos

Selección de datos

Los estudios que implican cítricos, hormonas y reguladores de crecimientos fueron obtenidos de bases de datos como: INEC, FAOSTAT, MAG, Scielo y Google Académico, mediante una búsqueda bibliográfica de artículos científicos, tesis, repositorios y libros que incluyeron las palabras claves: cítricos, floración, producción, paclobutrazol, giberelina, hormonas, síntesis e inhibidores.

Análisis

La investigación adquirida se encuentra abarcada entre los años 2016 a 2021, se realizó una síntesis con base a los datos más relevantes de los beneficios que se puede obtener en especies cítricas, con la aplicación de reguladores de crecimiento como PBZ, en función de una nueva tecnología, capaz de contribuir a equilibrar la alternancia, el crecimiento vegetativo y una mejor distribución de los fotosintatos para la obtención de una producción fuera de temporada.

Floración de los cítricos

Es importante destacar que en los árboles frutales como los cítricos se puede manifestar frecuentemente un fenómeno denominado alternancia productiva, es decir años “on” (alta producción) y años “off” (baja producción) (Angel, 2021), este fenómeno está relacionado con la inhibición de la floración a consecuencia de factores genéticos, nutricionales, hormonales (Lavee, 2007), fotoperiodo, vernalización y temperaturas ambientales, que reprimen la expresión del gen encargado de la floración (*FT*) (Andrés & Coupland, 2012), a consecuencia de las condiciones desfavorables.

El comportamiento floral de los árboles frutales difiere con respecto a otras especies, esto en razón de que su floración puede ser inducida por señales ambientales, sin embargo, se puede detener localmente a consecuencia de la presencia de frutos en desarrollo del ciclo anterior (Martínez-Fuentes et al., 2010), consecuentemente es posible implementar estrategias agrícolas para optimizar los recursos y que haya una mejor distribución de la producción en el tiempo (Martínez-Alcántara et al., 2015).

La limitación del número floral es consecuente a la gran cantidad de frutos cosechados, denominado (alternancia productiva); estos efectos pueden estar relacionados a una mala nutrición, provocando una disminución de reservas antes de la diferenciación floral, o la

inhibición floral ocasionada por la giberelina que se genera en los frutos (Zeng et al., 2019).

Para prevenir una excesiva intensidad de floración que afecten el cuajado de los frutos y reduzcan de forma relevante la cosecha, se aplica ácido giberélico como tratamiento hormonal (agente de inhibición floral) para promover una buena floración y un cuajado adecuado de los frutos (Nishikawa et al., 2017).

Los tratamientos con PBZ solo pueden estimular la floración en aquellos arboles con un número limitado de frutos (años off), es decir, aquellos que expresan los genes CiFT2 encargados de la inducción floral, sin embargo, en aquellos árboles que presentan una alta producción (años on), los métodos hormonales no tendrán ningún resultado (Martínez et al., 2013).

Métodos de regulaciones de producción en Cítricos

Los principales tratamientos de regulación de floración de los cítricos son: estrés hídrico, anillado, y las podas de fructificación.

Estrés hídrico: De acuerdo con Delgado (2018) en el caso de limón sutil, al ser sometido a una suspensión de riego en período de 30 y 45 días, se incentiva el número de yemas e inflorescencia, sin embargo, para potenciar su efecto se puede asociar a otras estrategias como la remoción de flores y frutos, esto para disminuir competencia.

El anillado: Práctica que consiste en retirar la corteza del tronco o rama de una forma circular, e involucra tejidos como el floema, favoreciendo la acumulación de carbohidratos y reducción de crecimiento (Cervantes et al., 2018).

Las podas de fructificación: son una de las principales actividades en los cítricos, favorece la cantidad, calidad y tamaño de frutos (Artavia-Mejía, 2019), debido a una óptima distribución y equilibrio entre la vegetación y la fructificación, se mejora el proceso fotosintético permitiendo una producción continua (Angel, 2021).

Las hormonas fueron descubiertas a principio del siglo XX, y han sido empleadas como un instrumento agronómico, principalmente en la fruticultura (Lal et al., 2017). Las fitohormonas actúan a nivel celular, y se da en bajas concentraciones (Kumar et al., 2021), actualmente se reconocen 5 grupos de fitohormonas (Aremu et al, 2020). Entre las que se destacan: ácido abscísico, ácido giberélico, ácido indolacético, citocininas y etileno (Kwon et al., 2020). Con el uso de las fitohormonas aparecieron productos de síntesis (industriales) y se acuñó el término 'regulador de crecimiento' (Lal et al., 2017), estos son mucho más efectivos que sus análogos naturales por tal motivo, es imprescindible

conocer aspectos como: ración, susceptibilidad de la variedad, estado de la planta, etc. (Kwon et al., 2020).

Los reguladores en plantas se emplean en procesos de crecimiento y desarrollo, por medio de modificaciones de las técnicas bioquímicas y fisiológicas asociadas, de los cuales, el PBZ se considera uno de los retardadores de crecimiento vegetales más variables, capaz de limitar el crecimiento vegetativo para estimular la floración en varios árboles frutales (Kumar et al., 2021) englobando los cítricos (Aron, Monselise, Goren, & Costo, 1985). Una de las opciones que sugiere Rani et al. (2018) es realizar la poda y aplicar PBZ, este proceso es utilizado en muchos cultivos frutales con el fin de controlar el vigor del árbol y mejorar la eficiencia productiva, mientras que Hegde et al. (2018) menciona su eficacia en la reducción de la altura de las plantas, debido a que, el PBZ restringe la síntesis de las giberelinas en el meristemo subapical, limitando la elongación y la división celular, dando como resultado la disminución del crecimiento de los brotes.

Importancia de los triazoles en la producción de cítricos

Rugeles (2017) hace énfasis que los triazoles se han convertido en el grupo universal más empleado para la protección de cereales, englobando aproximadamente el 60% del mercado mundial. Entre uno de los veneficios que aporta es su eficacia sobre un extenso espectro de enfermedades fúngicas, como el Oídio, Roya, Mildeo polvoso, etc.; este compuesto ejerce su acción contra los grupos Deuteromicetos – Ascomicetos y Basidiomicetos. Gracias a que puede detener la síntesis de esteroides (Chaney, 2005).

Los triazoles tienen una acción sistémica. Se desplazan por medio del xilema (acción acropetal) es decir desde la base hacia el ápice, y por medio de las hojas (circulación translaminar) (López, 2019). A consecuencia de su movimiento sistémico y acropetal, los triazoles preservan los sitios de crecimiento (Rugeles, 2017). Esta sustancia cuenta con ciertos atributos útiles vinculados con el ajuste del crecimiento de las plantas (Presser, 2016). Mejora el contenido de clorofila en los tejidos, aumenta la fase de asimilación y aumenta la fotosíntesis, incrementando el período de llenado de los frutos y granos (López, 2019).

Según Davis et al., (1988), el principal uso que se le ha dado al PBZ es el control o reducción del crecimiento de la altura de los tallos; y brotes (Phadung et al., 2011), en patrones de cítricos (Hadlow, 1988) y esto se debe a la disminución de la biosíntesis de giberelina (Hartmann et al., 2011), dando como resultado la reducción del crecimiento vegetativo (Chaney, 2005), aumentando el contenido de carbohidratos totales lo cual se traduce en una floración (Yeshitela, Robbertse, & Stassen, 2004).

El PBZ, también ha sido empleado para incrementar el número de flores en cultivos de cítricos tal como lo demuestra Muñoz et al., (2012) quienes aplicaron 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico y 2000 mg L⁻¹ de PBZ en plantas de naranjas, las cuales fueron rociadas utilizando 10 L por árbol, teniendo como resultado que con la aplicación de ácido giberélico, obtuvieron una reducción del 72% del número de flores por cada 100 nudos, además incrementó el crecimiento de los brotes vegetativos, sin embargo, en el tratamiento con PBZ lograron aumentar el número de flores por cada 100 nudos en un 123% y el número de yemas germinadas en un 74%, y se redujo el número de brotes vegetativos.

En cuanto a lo mencionado se puede establecer que, los triazoles tienen la capacidad de alterar el equilibrio hormonal vegetal, teniendo entre las más importantes la giberelina, ácido abscísico y las citoquininas (Hajihashemi et al., 2007). Esta sustancia puede incitar al aumento de la síntesis de ácido abscísico, ocasionando modificaciones morfológicas de la hoja, como la reducción del número de estomas e incrementar la síntesis de citoquininas, favoreciendo el crecimiento radicular, brindándole una mayor protección contra el estrés ambiental (Chaney, 2005).

Efecto del uso de Fitohormonas y el PBZ en la producción forzada de cítricos

Los compuestos de triazoles como el PBZ inhiben la síntesis de giberelinas y auxinas (AIA), acortando el alargamiento celular y la división celular (Hartmann et al., 2011), el PBZ presenta ciertas propiedades como retardador del crecimiento (Lewis et al., 2016), debido a que este inhibe específicamente los tres pasos en la oxidación del precursor (Hedden & Graebe, 1985) del ácido giberélico de ent-kaureno a ácido ent-kaurenoico (Hedden & Graebe, 1985; Rademacher, 2016) por medio de la desactivación de las oxigenasas dependientes del citocromo P-450 (Hedden & Graebe, 1985), sin embargo, el efecto del PBZ puede ser modificado a través de la aplicación exógena de ácido giberélico (Lever, 1986).

Mientras tanto que, el Ácido abscísico se sintetiza mediante la vía isoprenoide al igual que las giberelinas, sin embargo, estos dos compuestos generalmente presentan comportamientos fisiológicos opuestos, el ácido abscísico es una fitohormona relacionada con la inhibición de varios procesos, mejorando la aclimatación y el estrés ambiental en plantas (Assmann, 2010; Mackay et al., 1990) el efecto que causa el PBZ en el ácido abscísico es que actúa como protección contra el estrés (Fletcher & Hofstra, 1988), debido a que este ayuda a mejorar las concentraciones del ácido abscísico en las hojas, influyendo en el cierre y apertura estomática, reduciendo las mermas de agua por medio de la

transpiración, así mismo se disminuye el crecimiento de brotes, reduce el área de superficie para la transpiración e incrementa el índice radicular para mayor absorción de agua (Desta & Amare, 2021).

Por su parte, Rook et al. (2001) hace énfasis en la importancia del ácido abscísico en el proceso de regulación de las vías metabólicas de azúcares, aumentando la estimulación en la respuesta de los tejidos, lo cual puede estar relacionado con lo propuesto por Flórez & Pereira (2008) quienes mencionan que los niveles opuestos de ácido abscísico y ácido indolacético aceleran el desarrollo floral en *Solidago x luteus*. Según Bhattacharya (2019), las citoquininas participan en muchos aspectos de crecimiento y desarrollo, Jordán y Casaretto (2006) mencionan que promueven la división celular, estimula el crecimiento de brotes, y las yemas laterales y en estado de dormancia las activa, además promueve el desarrollo de cloroplastos.

Los triazoles estimulan la síntesis de citoquininas mejorando el desarrollo de cloroplastos, evitando la degradación de la clorofila (Fletcher et al., 2000), las plantas tratadas con PBZ presentan un aumento de citoquininas y poliaminas retrasando la senescencia producida por la síntesis de etileno y ácido abscísico, de igual forma, estudios realizados por Hunter & Proctor (1992) en la vid y en arándanos, así como Basiouny (1993) demostraron un atraso de la senescencia basándose en tratamientos con PBZ.

Algunos fitorreguladores utilizados en frutales se explican en la tabla (1), que muestra la clasificación de las fitohormonas involucradas en la producción forzada de frutales, según la literatura citada en este documento, así como un biorregulador del crecimiento (paclobutrazol).

Tabla 1

Mecanismos fisiológicos de acción de fitohormonas y biorreguladores del crecimiento

Clasificación	Ejemplos	Modo de acción	Fuente
Auxinas	Ácido naftalenacético, ácido indolacético	Dos rutas de biosíntesis, la ruta principal por medio del triptófano. Promueven la división y expansión celular, la dominancia apical, el desarrollo de raíces, estimulan la síntesis de giberelinas e indirectamente estimulan el crecimiento del tallo. Sin embargo, las formas en que estas auxinas se transportan a través de la planta son muy diferentes.	(Fahad et al., 2015; Muñoz, 2016)
Giberelina	Ácido giberélico	Se sintetiza a través de la vía terpenoide en los plástidos y citoplasma, derivado de la vía biosintética de los isoprenoides, y entre sus funciones estimula la división y elongación celular, y se relaciona con el crecimiento del tallo, la geminación de la semilla, el desarrollo del fruto y la floración.	(Wang et al., 2020; Muñoz, 2016; Hernández-García et al., 2020)
Acido abscísico	Acido abscísico (ABA)	La síntesis de ABA ocurre en los cloroplastos a través de una vía indirecta de pirofosfato de isopentenilo (IPP), está asociada con la tolerancia al estrés a través del cierre de estomas, inhibe las	(Chávez et al., 2012; Muñoz, 2016)

		enzimas inducibles por giberelina, estimula el crecimiento de raíces, la latencia de semillas, la maduración de frutos y la abscisión.	
Citoquininas	Zeatina y Tidiashuron	Tiene su origen en la adición de pirofosfato de isopentenilo al N6, estimula la división y diferenciación celular dando lugar a la formación de raíces, hojas, flores y frutos, alarga el período vegetativo y ayuda a la acumulación de nutrientes.	(Muñoz, 2016; Azcón-Bieto & Talón, 2008; Obregón, 2021; Nisler, 2018)
Poliaminas	Putrescina, Espermidina, Espermina y Cadaverina	La síntesis de arginina junto con S-adenosil metionina se ha implicado en la división y elongación celular, la estabilización de membranas, el retraso de la senescencia y la reducción del efecto del estrés hídrico.	(Muñoz, 2016; Luna-Esquivel et al., 2014)
Triazol	Paclobutrazol	Se considera retardante del crecimiento e inhibe la síntesis de giberelinas, disminuyendo la competencia entre el crecimiento vegetativo y generativo, aumentando la floración y la translocación de carbohidratos al órgano reproductor, mejorando la tolerancia al estrés y aumentando el contenido de clorofila y enzimas antioxidantes.	(López, 2015; Soumya et al., 2017)

Incidencia del PBZ en la producción de cítricos fuera de temporada

El PBZ con su estructura química [(2RS, 3RS)-1-(4-clorofenil)-4,4-dimetil-2-(1H-1,2,4-triazol-1-il) pentan-3-ol] (Rademacher, 2016), pertenece al grupo triazol y es un retardante sintético del crecimiento (Desta & Amare, 2021). Al inhibir la biosíntesis de giberelinas (Kumar et al., 2021), bloquea la reacción de oxidación entre el ácido kaureno y ácido kaurenoico. Este regulador tiene como objetivo principal reducir o controlar la altura de los tallos y yemas de las plantas (García et al., 2001), y actúa en casi todas las especies vegetales (Barrett, 2001).

Por tanto, el paclobutrazol tiene el efecto de enanizador cuando se utiliza en cítricos, ya que puede reducir el crecimiento excesivo de los brotes, razón por la cual, se deben realizar aplicaciones foliares para no alterar el crecimiento normal de las raíces, lo que favorece la obtención de una planta injertada de tamaño adecuado (García et al., 2001).

En cítricos, el ácido giberélico reduce la floración por lo que es necesario aplicar tratamientos inhibidores de esta hormona, como el PBZ. La aplicación de reguladores debe estar en la etapa de inducción o diferenciación floral, debido que una vez bloqueada esta síntesis habrá un incremento de la concentración de almidón en las raíces, favoreciendo la floración, y el decrecimiento de azúcares solubles en las hojas. De esta forma, el programa de tratamiento de ácido giberélico / PBZ se puede utilizar para ajustar la cosecha (García et al., 2001).

Por otro lado, el PBZ aumenta la tolerancia al frío de los cítricos, porque mantiene las yemas injertadas en un estado dominante durante las condiciones adversas, para la germinación de yemas; además, es importante considerar que este regulador es activo a

bajas concentraciones aplicado mediante el riego, provocando una reducción del tamaño en las plantas en un 20% (García et al., 2001).

Entonces, el PBZ se considera como un inhibidor del crecimiento vegetal en la clase de triazol, y su principal modo de acción es inhibir la biosíntesis de ácido giberélico; obstaculizando el crecimiento vegetativo, promoverá el crecimiento radicular, reducirá el crecimiento de los entrenudos del tallo e inducirá los botones florales (Magdaleno et al., 2019). Sus principales efectos incluyen en la floración precoz, madurez temprana en frutos, restricción de yemas vegetativas, eliminación de la alternancia productiva, incremento en la producción de flores perfectas y altos rendimientos (Cárdenas & Rojas, 2003).

El paclobutrazol, ha sido vinculado también con el incremento en el contenido de clorofila; actuando en la oxidación del kaureno a ácido kaurenoico que son agentes que provocan riesgo por toxicidad, estimulando la producción de flores dando paso a la fructificación de la planta (Cázarez, 2015). Para

Quezada (2015), la aplicación de giberelina, en dosis de 0,35 g/L a una concentración del 10% en árboles de Naranja Washington Navel (*Citrus sinensis*), permitió obtener un rendimiento de 54.171 naranjas por hectárea, mientras que el testigo al cual no se le indujo ningún tratamiento rindió 18.334 naranjas por hectárea, lo que demuestra que los reguladores permiten aumentar el rendimiento productivo de los árboles frutales de cítricos.

Efecto fisiológico en la acción de triazoles

Los triazoles pueden ser encontrados con los siguientes nombres comerciales Bonzi, Clipper, Cultar y Parsley (Fletcher et al., 1986); su forma de aplicación puede ser pulverización foliar o al suelo en forma de drench (Rademacher, 2015) debido a que los triazoles pueden ser transportados de forma acropetal (*xilema*) (Jung et al., 1985) y basipetal, a pesar de ello son poco móviles en el floema (Rademacher, 2000), lo que reduce la eficiencia de la pulverización foliar debido a que el PBZ solo actuara en su lugar de contacto (Desta & Amare, 2021). A diferencia de las aplicaciones de PBZ en drench que son más eficiente en concentraciones más bajas, debido al contacto directo con las raíces, además en la raíz es donde mayor cantidad de ácido giberélico se sintetiza y este las inhibe (Sopher et al., 1999), la vida útil del PBZ en el suelo es de 6 a 12 meses dependiendo de las condiciones edafoclimáticas (Nørremark & Andersen, 1990)

Uno de los efectos fisiológicos del PBZ es que inhibe la biosíntesis de ácido giberélico, bloqueando la oxidación de ent-kaureno a ácido ent-kaurenoico (Rademacher, 2018), este

proceso se realiza a través de la desactivación de la oxigenasa dependiente del citocromo p450 (Rady & Gaballah, 2012), como se observa en la figura (1) en consecuencia hay una disminución de la división y elongación celular, ocasionando una reducción del crecimiento vegetativo, y los asimilados destinados para esta función se emplearan en el crecimiento generativo, mejorando la uniformidad de la floración (Sousa et al., 2020). De igual forma, también afecta a la síntesis del ácido abscísico debido a que este también se sintetiza mediante la vía terpenoide, y una vez bloqueada la síntesis de giberelina se forma una acumulación de precursores en esta vía, los cuales favorecen la síntesis de ácido abscísico (Rademacher, 1997). Aumentando sus concentraciones en las hojas, siendo su función el cierre estomático para evitar las pérdidas de agua a través de la transpiración, disminuye el crecimiento de brotes y estimula el crecimiento de las raíces para una mayor captación hídrica (Desta & Amare, 2021).

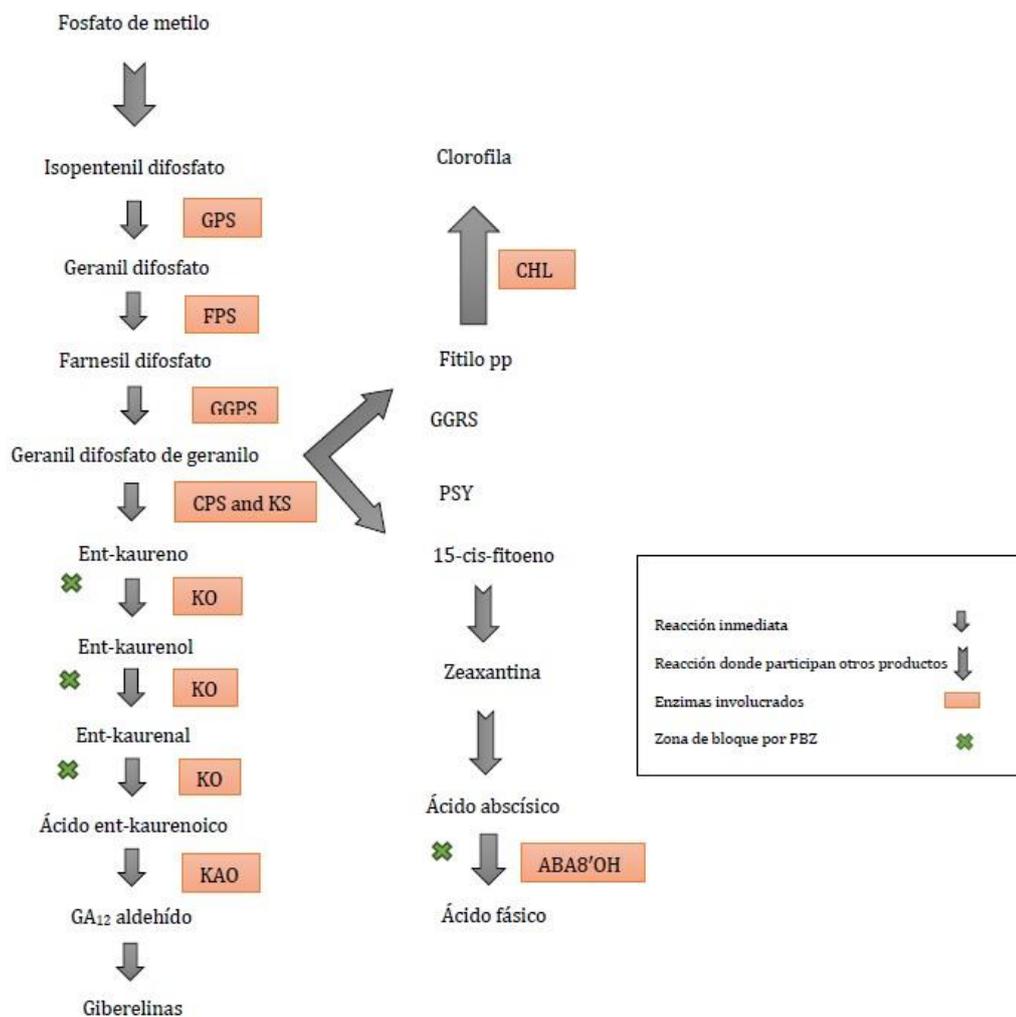


Figura 1. Ruta de los terpenoides para la biosíntesis de giberelinas, puntos de formación de ácido abscísico y clorofila, además de áreas bloqueadas por inhibición enzimática por aplicación de paclobutrazol. (Hedden & Sponsel, 2015; Soumya et al., 2017; Desta & Amare, 2021)

Avances científicos en cuanto al uso de PBZ en la producción de cítricos (Naranja, limón y mandarina)

El uso de productos retardantes de crecimiento dentro de los frutales ha contribuido a grandes avances en cuanto al estudio de las producciones citrícolas. Debido a que es una estrategia sencilla y eficaz, utilizada para manejar el vigor del árbol, promover floración y aumentar la producción (Rani et al., 2018).

Existen varios estudios que demuestran la eficacia del PBZ para estimular la floración en varias especies de cítricos como *C. aurantifolia*, (Snowball et al., 1994); *C. sinensis* (Acosta et al., 1994) entre otras; tal es el caso de los estudios realizados con la especie *C. aurantifolia*, donde las aplicaciones foliares de 1000 pp o al suelo 15 mL a.i. L⁻¹ de PBZ, comprendido en los meses de abril y agosto, favorecieron la floración entre julio y octubre y cosecharon los frutos de diciembre a marzo, donde existe un déficit productivo de la fruta, alcanzando los precios más elevados del mercado (Medina et al., 1995), de igual forma Tripathi & Dhakal (2005) manifiestan que la aplicación de 5 ml de PBZ disuelto en un litro de agua aplicado en la zona del cuello de los árboles en el mes de julio, provocó la inducción de la floración en el mes de diciembre, con una anticipación de 70 días previos a la fecha normal de floración de la lima acida en Nepal.

Ariza et al., (2015) encontró que el uso de fitohormonas y bioestimulantes, para estimular la floración y mejorar la producción y calidad de la lima mexicana de invierno, llegó a alcanzar un índice de color verde con biofol y PBZ, y un rendimiento de 9.763 kg/ha., aplicando biofol a 1 L ha⁻¹; sin embargo, el rendimiento que obtuvo con la aplicación de paclobutrazol a 1,5 g m⁻²; fue menos del 50%, esto coincidió con los bajos rendimientos reportados en la naranja cv. Valencia mediante la aplicación de PBZ, en Veracruz (Curti et al., 1990), sin embargo, Tripathi & Dhakal (2005) acota sobre un proceso muy importante y crítico en el uso de PBZ, esto va en relación de saber manejar los tiempos, debido a que un tratamiento fuera de la temporada de crecimiento puede producir respuestas diferentes, siendo la época más efectiva en el uso de PBZ las fechas tempranas para inducir a una floración.

Phadung et al., (2011) en experimentos realizados en pomelo en Tailandia, observaron que cuando aplicaron los tratamientos de PBZ a 750 mg/L esparcido dos veces cada 15

días, y estrés hídrico, es decir, suspensión del agua durante un periodo de 12 días y luego volver a capacidad de campo, percibieron que en el tratamiento reprimido a estrés hídrico, lograron una floración relevante, logrando los mismos resultados en el tratamiento con PBZ y estrés hídrico; con la desigualdad que, este último no muestra una disminución notable del potencial hídrico de las hojas (Ψ). Lo cual podría estar relacionado a que el PBZ estimula la producción de ácido abscísico, y este a su vez está vinculado con el cierre estomático para evitar las pérdidas de agua por transpiración, equilibrando el Ψ (Chaney, 2005), además de inducir la floración en pomelos (Phadung et al., 2011)

Una investigación en torno a la producción lima 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka), injertada con limonero 'Rangpur' (*Citrus limonia* Osbeck), sometidas a estrés hídrico y a las que se aplicó PBZ, obtuvieron mayor número de flores a concentraciones de 762 mg por plantas⁻¹ de PBZ, obteniendo 192 flores en cada 100 nudos, es decir representó un aumento de 371% en plantas sometidas a estrés hídrico (Cruz, De Siqueira, & Salomão, 2009).

Sobre la base de la información precedente, se establece que, si bien los cítricos tienen un alto valor económico por su comercialización a nivel mundial, su producción puede ser inducida o inhibida por factores endógenos y exógenos. Entre los factores exógenos que dan respuesta a la inducción floral se encuentra el estrés hídrico, zonas tropicales, subtropicales o templadas (Gravina, 2014), el factor endógeno que afecta la inducción floral es la carga fructifica, debido a la acumulación de giberelina (Martínez-Fuentes et al., 2010) que reduce los genes CiFT (Muñoz et al., 2011), este efecto de las giberelina fue demostrado por medio de un estudio donde aplicaron ácido giberélico en la etapa inductiva y redujo en un 72% la floración en comparación al testigo, sin embargo, al aplicar PBZ lograron resultados opuesto aumentando en un 123% la floración (Muñoz et al., 2012) por ende la aplicación de insumos se vuelve un factor importante en la fruticultura ya que promueve la producción fuera de temporada, de manera que se pueda obtener un equilibrio productivo para beneficiar a los productores y a su vez a los consumidores.

Se realizó una descripción (Cuadro 2) de los principales efectos que provoca el PBZ en diferentes frutales a través de aplicaciones foliares y al suelo.

Tabla 2.

Eficiencia de PBZ por medio de aplicación edáfica y foliar a diferentes frutales

Frutal	Forma de aplicación	Dosis	Efecto	Fuente
--------	---------------------	-------	--------	--------

<i>Mangifera indica</i> . L	Edáfica	750 1000 mg l ⁻¹	El crecimiento de los brotes disminuyó en un 30 y un 13 %, respectivamente. Ambas dosis aumentaron la producción en comparación con el control. Se incrementó el número de panículas y la calidad del fruto. El aumento de la dosis de PBZ disminuyó TSS.	(Luo et al., 2016; Souza et al., 2016; Zhu & Stafne, 2019)
<i>Mangifera indica</i> . L	Foliar	1000 2500 mg l ⁻¹	Promovió un 80% la floración y reducción de la longitud de los cogollos. Incremento de la floración y diferenciación de cogollos en un 60%.	(Barman & Mishra, 2018)
<i>Persea americana</i> Mill.	Edáfico	150 300 450 ppm/20 0L	Los tratamientos no influyeron significativamente en el diámetro de los brotes. Aumento de la eficiencia de reducción del tamaño de los brotes, reducción de la longitud del entrenudo. Aumento del diámetro, longitud y peso de los frutos. Incrementó el porcentaje de botones florales por brote en un 35,32% con respecto al testigo con un 12,60%, obteniendo además un mejor flujo de fotoasimilados al botón reproductivo y mayor rendimiento.	(Brogio et al., 2018; Brioso & Layme, 2020; Ramírez, 2021)
	Foliar	1750		
	Edáfico	2500 mg l ⁻¹		
<i>Citrus aurantifolia</i>	Zona del cuello	5ml/1L	Indujo floración con una anticipación de 70 días previos a la floración normal	(Tripathi & Dhakal, 2005)
<i>Citrus paradisi</i>	Foliar	750 mg l ⁻¹	Incrementó la floración en los tratamientos de PBZ a 750 mg l ⁻¹ y PBZ + PBZ a 750 mg l ⁻¹ con la diferencia que este último mantuvo el potencial hídrico de las hojas.	(Phadung et al., 2011)
<i>Citrus latifolia</i> Tanaka		762 mg/ planta	Incremento número de flores, 192 flores por cada 100 nudos en plantas sometidas a estrés hídrico.	(Cruz et al., 2009)
<i>Citrus clementina</i> , <i>citrus sinensis</i>	Foliar	2500 mg l ⁻¹	Aumento de la floración en relación con el testigo Incrementó el número de nudos, inflorescencias y disminuye el número de brotes vegetativos. En las hojas incrementó la expresión de genes <i>CiFT</i> y <i>LFY</i> que son los encargados de la inducción y la diferenciación floral respectivamente	(Munoz-Fambuena et al., 2013)

Conclusión

Los cítricos son las especies frutales consolidadas con mayor importancia económica a nivel mundial. Su producción se limita a la temporada de producción y cosecha, lo que genera reducciones de precios en el mercado y afecta los costos directos de producción.

Los triazoles como el Paclobutrazol, que inhibe la síntesis de giberelinas y auxinas, se ha utilizado en la búsqueda de herramientas de manejo, disminuyendo el crecimiento de la planta favoreciendo el desarrollo de la floración y por tanto consiguiendo mayores rendimientos, siendo un factor importante en la inducción de la planta. para obtener una cosecha fuera de temporada y lograr mayores rendimientos.

Según la literatura consultada, se ha demostrado la importancia del paclobutrazol para inducir la producción fuera de temporada de cítricos en varios países; sin embargo, no existen datos en Ecuador sobre el uso de este compuesto para la producción de cítricos. Por lo tanto, es necesario realizar nuevas investigaciones que involucren el proceso productivo de los cítricos con el uso de paclobutrazol como estimulante del rendimiento de frutos de estas especies vegetales.

De acuerdo al análisis de la bibliografía citada, se ha logrado forzar la producción, logrando un equilibrio de precios en el mercado, por lo que este es favorable para el productor.

En Ecuador la investigación es limitada respecto a PBZ, por lo que es de vital importancia realizar investigaciones con PBZ en cítricos, específicamente en limón sutil que es predominante en la provincia de Manabí y uno de los problemas se centra en la sobreoferta de producción en determinadas épocas, por lo que los resultados de estos estudios se convertirían en un apoyo directo a los productores de limón, cuya preocupación es el precio del producto en el mercado. También se le atribuyen propiedades antifúngicas a la PBZ, por lo que al ampliar la investigación se podrían obtener resultados sobre el tipo de control que se lograría en relación al tipo de enfermedades fúngicas en cítricos.

Referencias

- Acosta, J., González, J., Rodríguez, R., & León, W. (1994). Effect of growth regulator applications on the juvenile period of Valencia oranges (*Citrus sinensis*). *Centro Agrícola*, 21, 51-56.
- Andrés, F., & Coupland, G. (2012). The genetic basis of flowering responses to seasonal cues. *Nature Reviews Genetics*, 13(9), 627-639.
- Angel, A. N. (2021). Producción de naranjas navel en el noreste de la provincia de Buenos Aires. Campaña 2019–2020. Factores condicionantes. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Recuperado de https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/8682/INTA_CRBsAs_Norte_EEASanPedro_Angel_AN_Produccion_naranjas_Navel_campaña2019-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aremu, A., Fawole, O., Makunga, N., Masondo, N., Moyo, M., Buthelezi, N., ... Doležal, K. (2020). Applications of Cytokinins in Horticultural Fruit Crops: Trends and Future Prospects. *Biomolecules*. 10(9), 1009-1222.
- Ariza, R., Barrios, A., Herrera, M., Barbosa, F., Aceves, A. M., Otero, M., & Tejacal, I. (2015). Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno * Phytohormones and bio-stimulants to flowering, production and quality of Mexican lime in winter Resumen Introducción. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1653-1666. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000700018
- Aron, Y., Monselise, S. P., Goren, R., & Costo, J. (1985). Chemical control of vegetative growth in citrus trees by paclobutrazol. *HortScience*, 20(1), 96-98.
- Artavia-Mejía, J. D. (2019). *Efecto de la Poda de fructificación por ventanas sobre la brotación, floración y fructificación del Limón Mesina (Citrus Latifolia Tan.) en Finca Artaca SA, Heredia, Sarapiquí, Costa Rica*.
- Assmann, S. (2010). Abscisic Acid Signal Transduction in Stomatal Responses. *Springer, Dordrecht.*, 399-426. Recuperado de <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978->

- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). Transporte de agua y balance hídrico en la planta. En *Fundamentos de Fisiología vegetal*. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetalAzcon.pdf>
- Barman, P., & Mishra, D. (2018). Tip pruning for synchronized vegetative growth and controlling alternate bearing in mango (*Mangifera indica*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88(4), 621-627.
- Barrett, J. (2001). Mechanisms of Action in Tips on Regulating Growth of Floriculture Crops. O.F.A. *Batavia: Ball Publishing*, 32-47.
- Basiouny, F. M. (1993). Shelf life and quality of Rabbiteye Blueberry fruit in response to preharvest application of CaEDTA, Nutrical and Paclobutrazol. In *International Symposium on Postharvest Treatment of Horticultural Crops*, 368, 893-900.
- Bazurto, G. (2021). Fluctuaciones de los precios de la naranja, mandarina y limón en el mercado número 1 de Portoviejo Manabí. (F. A. Párraga B, Entrevistador).
- Beattie, G., Holford, P., Mabblerley, D., Haigh, A., & Broadbent, P. (2008). On the Origins of Citrus, Huanglongbing, Diaphorina citri and Trioza erytrae. Proceedings of the Meeting. En *International Research Conference on Huanglongbing* (pp. 57-92).
- Bhattacharya, A. (2019). Effect of high-temperature stress on the metabolism of plant growth regulators. *Effect of High Temperature on Crop Productivity and Metabolism of Macro Molecules*, 485-591.
- Brioso, K., & Layme, J. (2020). Aplicación Foliar del Paclobutrazol a Diferentes Dosis en Plantones de Palto (*Persea americana* Mill.) Cultivar Hass. *Aporte Santiaguino*.
- Brogio, B., Silva, S., Cantuarias-Avilés, T., Angolini, S., Baptista, E., & Ribeiro, R. (2018). Influence of gibberellin inhibitors applied during flowering of nonirrigated 'Hass' avocado trees. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53, 918-923.
- Cárdenas, K., & Rojas, E. (2003). Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango «Tommy Atkins». *Bioagro*, 15(2), 83-90. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612003000200002
- Castelló, V. (2019). ¿Por qué está en crisis el sector de los cítricos? Recuperado de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/02/22/companias/1550855498_524054.html
- Cázaréz, L. L. (2015). Efectos que ocasiona el paclobutrazol aplicado foliarmente en plantas de pepino y calabaza. *Repositorio de la UNnversidad Autónoma de Sonaloa*, 1-57. Recuperado de http://cca.uas.edu.mx/images/posgrado/Tesis/COHORTE2013-2015/54.LUZ_LLARELY_CAZAREZ_FLORES.pdf
- Cervantes, R., Flores, R., Casimiro, A., Aceves, M., & Ayala, A. (2018). Effect of banding and biostimulants in the flowering , production and quality of Persian lime (*Citrus Latifolia* Tan .) in winter. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(4), 711-722. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n4/2007-0934-remexca-9-04-711-en.pdf>
- Chaney, W R. (2005). *Growth retardants: A promising tool for managing urban trees. Purdue Extension document FNR-252-W.*
- Chaney, William R. (2005). A Paclobutrazol Treatment Can Leave a Tree More Stress Tolerant. *Turfgrass Trends*, 1-3. Recuperado de <https://archive.lib.msu.edu/tic/golfd/article/2005feb84.pdf>
- Chávez Suárez, L., Álvarez Fonseca, A., & Ramírez Fernández, R. (2012). Apuntes sobre

- algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. *Cultivos Tropicales*, 33(3), 47-56.
- Corbesier, L., Coral, V., Seonghoe, J., Fornara, F., Qingzhi, F., Searle, I., ... Coupland, G. (2007). FT Protein Movement Contributes to Long-Distance Signaling in Floral Induction of Arabidopsis. *Science*, 316(5827), 1030-1033. Recuperado de <https://science.sciencemag.org/content/316/5827/1030>
- Cruz, M. D., De Siqueira, D. L., & Salomão, L. C. (2009). Flowering of the acid lime tree 'Tahiti' submitted to water stress and treated with paclobutrazol. *Científica (Jaboticabal)*, 37(2), 53-60.
- Curti, S., Rodríguez, J., & Mosqueda, R. (1990). Paclobutrazol, anillado y urea para modificar el crecimiento y floración del naranjo "Valencia" (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) en condiciones tropicales. *Rev. Agrociencia*, 1(4), 53-67.
- Davis, T. D., Steffens, G. L., & Sankhla, N. (1988). *Triazole plant growth regulators*.
- Delgado Chumioque, Y. F. (2018). Efecto del Déficit Hídrico y Remoción de Flores y Frutos sobre la Floración, Rendimiento y Calidad del Limonero Sutil (*Citrus Aurantifolia* Swing) en la Zona de Jayanca, Lambayeque. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2121>
- Desta, B., & Amare, G. (2021). Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1-15. Recuperado de <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-020-00199-z>
- Fahad, S., Hussain, S., Matloob, A., Khan, F., Khaliq, A., Saud, S., & Huang, J. (2015). Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. *Plant growth regulation*, 75(2), 391-404.
- FAOSTAT. (2019). Estadísticas de producción agrícola. Recuperado de Food and Agriculture Organization of the United Nations website: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fletcher, R. A., Hofstra, G., & Gao, J. (1986). Comparative fungitoxic and plant growth regulating properties of triazole derivatives. *Plant and Cell Physiology*, 27(2), 367-371. Recuperado de <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a077111>
- Fletcher, R., Gilley, A., Sankhla, N., & Davis, T. (2000). Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews*, 24, 55-138. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20063176455>
- Fletcher, R., & Hofstra, F. (1988). Triazoles as potential plant protectants. *Sterol biosynthesis inhibitors: pharmaceutical and agrochemical aspects / edited by D. Berg and M. Plempel*, 31, 320-331. Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302689037>
- Flórez, V. J., & Pereira, M. de F. D. A. (2008). Concentraciones opuestas de AIA-ABA aceleran el desarrollo floral de *Solidago x luteus*. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 237-245. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200008
- García, A., Bernal, I., Conesa, A., Bleda, F., & Porras, I. (2001). Influencia del Paclobutrazol en patrones de cítricos. *Investigaciones Agrarias*, 6(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28124427_Influencia_del_Paclobutrazol_en_patrones_de_citricos
- Gonzales, R., & Tullo, C. (2019). Guía Técnica cultivo de Cítricos. En *Proyecto Paquetes Tecnológicos - PPT*. Recuperado de <https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke->

att/gt_03.pdf

- González, A. (2009). Poder y ensamble de culturas en la cadena agroindustrial del limón. *Nueva antropología*, 22(70), 87-113. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-06362009000100005
- Gravina, A. (2014). Fisiología de citrus. *Facultad de agronomía*, 152.
- Hadlow P, A. P. and A. (1988). Effect of paclobutrazol on vegetative growth in citrus nursery trees. *South African Journal of Plant and Soil*, 6(1), 50-52.
- Hajihashemi, S., Kiarostami, K., Saboor, A., & Enteshari, S. (2007). Exogenously applied paclobutrazol modulates growth in salt-stressed wheat plants. *Plant Growth Regulation*, 53(2), 117-128.
- Hartmann, A., Senning, M., Hedden, P., Sonnewald, U., & Sonnewald, S. (2011). Reactivation of meristem activity and sprout growth in potato tubers require both cytokinin and gibberellin. *Plant physiology*, 155(2), 776-796. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21163959/>
- Hedden, P., & Sponsel, V. (2015). A century of gibberellin research. *Journal of plant growth regulation*, 34(4), 740-760.
- Hedden, Peter, & Graebe, J. (1985). Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of *Cucurbita maxima* endosperm and *Malus pumila* embryos. *Journal of Plant Growth Regulation*, 4(2), 111-122. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02266949>
- Hegde, S., Adiga, J. D., Honnabyraiah, M. K., Guruprasad, T. R., Shivanna, M., & Halesh, G. K. (2018). Influence of paclobutrazol on growth and yield of jamun cv. Chintamani. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1), 1590-1599.
- Hernández-García, J., Briones-Moreno, A., & Blázquez, M. A. (2021). Origin and evolution of gibberellin signaling and metabolism in plants. *In Seminars in cell & developmental biology*, 109, 46-54.
- Hunter, D., & Proctor, J. (1992). Paclobutrazol affects growth and fruit composition of potted grapevines. *HortScience*, 27(4), 319-321. Recuperado de <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/27/4/article-p319.xml?ArticleBodyColorStyles=pdf-4377>
- INEC. (2019). Estadísticas agropecuarias. Recuperado de Sitio Web del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos website: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Javid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarres Sanavy, S. A., & Allahdadi, I. (2011). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 726-734. Recuperado de http://www.cropj.com/javid_5_6_2011_726_734.pdf
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: Auxinas, giberelinas, citocininas. *Physical Review A - Atomic, Molecular, and Optical Physics*, 84(4), 1-28. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.84.042335>
- Jung, J., Rentzea, C., & Rademacher, W. (1985). Plant growth regulation with triazoles of the dioxanyl type. *Journal of Plant Growth Regulation*, 4(1), 181-188. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/BF02266956>
- Kumar, A., Ram, S., Bist, L. D., & Singh, C. P. (2021). Paclobutrazol Boost Up for Fruit Production: A Review. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 963-980.
- Kwon, C., Heo, J., Lemmon, Z., Capua, Y., Hutton, S., Van Eck, J., & Lippman, Z. (2020). Rapid customization of Solanaceae fruit crops for urban agriculture. *Nature*

- Biotechnology. 38, 182-188.
- Lal, N., Sahu, N., Marboh, E. S., Gupta, A. K., & Patel, R. K. (2017). A Review on Crop Regulation in Fruit Crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(7), 4032-4043.
- Lavee, S. (2007). Biennial bearing in olive (*Olea europaea*). *Annales Ser His Nat*, 17, 101-112.
- Lever, B. G. (1986). "Cultar"-A technical overview. *Acta Horticulturae*, 179, 459-466.
- Lewis, K., Tzilivakis, J., Warner, D., & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1050-1064. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10807039.2015.1133242>
- López, A. (2019). Síntesis de diaril-triazoles y estudio de su actividad inmunomoduladora y multidiana. *Repositorio de la Universidad de Jaume*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10234/183655>
- López-Gramaje, M. (2015). El cuajado del fruto en el aguacate (*Persea americana*) y su relación con el aporte de carbohidratos. Efecto de la aplicación de triazoles. *Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València*.
- Luna-Esquivel, E., Ojeda-Barrios, D., Guerrero-Prieto, V., Ruíz-Anchondo, T., & Martínez-Téllez, J. (2014). Poliaminas como indicadores de estrés en plantas. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(3), 283-295.
- Luo, X., Li, Z., Sun, Z., & Wan, X. (2016). Analysis of pecan cultivars Mahan and Western in East China. *Genet. Mol. Res*, 15.
- Mackay, C., Hall, C., Hofstra, G., & Fletcher, R. (1990). Uniconazole-induced changes in abscisic acid, total amino acids, and proline in *Phaseolus vulgaris*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 37(1), 74-82. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004835759090110N>
- MAG. (2018). *Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ecuador, Precios*. Quito, Ecuador. 185.
- Magdaleno, J., Pérez, M., & Ramos, J. (2019). Efecto del paclobutrazol sobre el rendimiento y calidad de fruto en tomate. *VII Congreso Internacional y XXI COngreso Nacional de Ciencias Agronómicas*, 52-53. Recuperado de <https://web.chapingo.mx/agronomico/wp-content/uploads/2019/pdf/memoriaCINCA2019.pdf>
- Martínez-Alcántara, B., Iglesias, D. J., Reig, C., Mesejo, C., Agustí, M., & Primo-Millo, E. (2015). Carbon utilization by fruit limits shoot growth in alternate-bearing citrus trees. *Journal of plant physiology*, 176, 108-117.
- Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Munoz-Fambuena, N., Reig, C., González-Mas, M. C., Iglesias, D. J., ... Agustí, M. (2013). Fruit load restricts the flowering promotion effect of paclobutrazol in alternate bearing Citrus spp. *Scientia Horticulturae*, 151, 122-127.
- Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Reig, C., & Agustí, M. (2010). Timing of the inhibitory effect of fruit on return bloom of 'Valencia'sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(11), 1936-1943.
- Medina, V., Buenrostro, M., & Tecomdn, I. (1995). Effect of paclobutrazol on vegetative growth, flowering fruit size and yield in Mexican lime (*Citrus aurantifolia*) trees. *PROCEEDINGS-FLORIDA STATE HORTICULTURAL SOCIETY*, 108, 361-363.
- Mena, F. F., Gardiazabal, C., Magdahl, C., Adriazola, & Torres, J. (2011). *Avances en el manejo de huertos de Palto (Persea americana Mill.) cv Hass en alta densidad en Chile*. En: *World Avocado Congress VII Proceedings*. Cairns, Australia.
- Michellini, S., & Chinnerry, L. (1988). The use of plant regulators and irrigation to control

- flowering of the acerola or Barbados cherry, *Malpighia glabra* L. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture.*, 32(1), 65-73.
- Michellini, S., & Chinnerry, L. (1989). Enhanced multiple cropping in paclobutrazol-treated acerola. *Acta Horticulturae*, 239(42), 281-284.
- Muñoz-Fambuena, N., Mesejo, C., Iglesias, D., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., González-Mas, M., & Agustí, M. (2013). La alternancia de cosechas en los cítricos. Control genético y técnicas para reducirla. *Levante Agrícola*, (419), 322-328.
- Muñoz, N, Mesejo, C., González, C., Primo, E., Agustín, M., & Iglesias, D. (2011). La fruta regula la expresión estacional de genes de floración en mandarina «Moncada» de portación alternativa. *Annals of Botany*, 108(3), 511-519.
- Muñoz, N, Mesejo, C., González, C., Primo, E., Agustín, M., & Iglesias, D. (2012). La carga de fruta modula la expresión génica relacionada con la floración en brotes de mandarina «Moncada» portadora alternativa. *Annals of Botany*, 110(6), 1109-1118.
- Muñoz, Natalia, Mesejo, C., González, C., Iglesias, D., Primo, E., & Agustí, M. (2012). Gibberellic Acid Reduces Flowering Intensity in Sweet Orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] by Repressing CiFT Gene Expression. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31, 529-536. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-012-9263-y>
- Muñoz, W. (2016). TEXTO BÁSICO PARA PROFESIONAL EN INGENIERÍA FORESTAL. EN EL ÁREA DE FISIOLOGÍA VEGETAL. *Departamento de Ecología y conservación de la facultad deficiencias forestales.*
- Nakagawa, M., Honsho, C., Kanzaki, S., Shimizu, K., & Utsunomiya, N. (2012). Isolation and expression analysis of FLOWERING LOCUS T-like and gibberellin metabolism genes in biennial-bearing mango trees. *Scientia Horticulturae*, 139, 108-117. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381200129X>
- Nishikawa, F., Iwasaki, M., Fukamachi, H., & Tomoko, E. (2017). Predicting the number of flowers in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) trees based on citrus FLOWERING LOCUS T mRNA levels. *The Horticulture Journal*, 86(3), 305-310. Recuperado de https://www.jstage.jst.go.jp/article/hortj/advpub/0/advpub_OKD-031/_article/-char/ja/
- Nisler, J. (2018). TDZ: mode of action, use and potential in agriculture. *Thidiazuron: from urea derivative to plant growth regulator*, 37-59.
- Nørremark, I., & Andersen, A. (1990). Effect of paclobutrazol on seed propagated *Pelargonium* × hortorum LH Bailey. *Gartenbauwissenschaft*, 55(1), 1-8.
- Obregón Yuncar, L. (2021). *Efecto de la citoquinina en las características nutricionales del cultivo de pepinillo.*
- Orrego, C. E., Salgado, N., & Díaz, M. S. (2020). PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD FRUTICOLA ANDINA Producto 9 . Estudio de mercado interno y externo de la fruta fresca y sus derivados. *FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria)*, 1-98. Recuperado de https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_9.pdf
- Özmen, A., Özdemir, F., & Türkan, I. (2003). Effects of Paclobutrazol on Response of Two Barley Cultivars to Salt Stress. *Biologia Plantarum*, 46(2), 263-268. Recuperado de <https://bp.ueb.cas.cz/pdfs/bpl/2003/02/40.pdf>
- Phadung, T., Krisanapook, K., & Phavaphutanon, L. (2011). Paclobutrazol, water stress and nitrogen induced flowering in ‘Khao Nam Phueng’ pummelo. *Agriculture and Natural Resources*. 45, 189-200.
- Presser, C. (2016). Efecto de diferentes mezclas de principios activos, en la protección química de enfermedades de maíz. *UNL*. Recuperado de

- <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/1752/8.2.7.pdf>
- Quezada, J. A. (2015). Uso de giberelinas en la producción forzada de naranja Washington Navel (*Citrus sinensis*), en la granja experimental La Cuca. *Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Machala*, 50. Recuperado de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1111/7/CD331_TESIS.pdf
- Rademacher, W. (2000). Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual review of plant biology*, 51(1), 501-531.
- Rademacher, W. (2018). *Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. Annual Plant Reviews online*. 359-403.
- Rademacher, Wilhelm. (1997). Bioregulation in crop plants with inhibitors of gibberellin biosynthesis. *PROCEEDINGS-PLANT GROWTH REGULATION SOCIETY OF AMERICA-ANNUAL MEETING*, 24, 27-34.
- Rademacher, Wilhelm. (2015). Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34(4), 845-872. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/283527123_Plant_Growth_Regulators_Backgrounds_and_Uses_in_Plant_Production
- Rademacher, Wilhelm. (2016). 12 Chemical Regulators of Gibberellin Status and Their Application in Plant Production. *Annual Plant Reviews*, 49, 359-403. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/9781119312994.apr0541>
- Rady, M., & Gaballah, M. (2012). Improving barley yield grown under water stress conditions. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(6), 1-6. Recuperado de http://www.isca.in/rjrs/archive/v1/i6/1.ISCA-RJRS-2012-249_Done.php
- Ramírez Valle, R. (2021). *Comparativo de triazoles y dosis en el crecimiento de frutos de persea americana "palto" variedad hass en condiciones de Barranca*.
- Rani, A., Misra, K. K., & Singh, R. R. O. (2018a). Effect of shoot pruning and paclobutrazol on vegetative growth, flowering and yield of lemon (*Citrus limon* Burm.) cv. pant lemon-1. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 2588-2592.
- Rani, A., Misra, K., & Singh, R. R. (2018b). Effect of shoot pruning and paclobutrazol on vegetative growth, flowering and yield of lemon (*Citrus limon* Burm.) cv. pant lemon-1. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 2588-2592. Recuperado de <https://www.phytojournal.com/archives/?year=2018&vol=7&issue=1&part=AJ&ArticleId=2973>
- Reuther, W., & Webber, H. J. (1967). *The Citrus Industry. Vol. I. History, World Distribution, Botany and Varieties*. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19680306358>
- Rook, F., Corke, F., Card, R., Munz, G., Smith, C., & Bevan, M. (2001). Impaired sucrose-induction mutants reveal the modulation of sugar-induced starch biosynthetic gene expression by abscisic acid signalling. *The pPlant Journal*, 24(4), 421-433. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-313X.2001.2641043.x>
- Rugeles, O. (2017). Triazoles, ¿Todos iguales? ¿Se deben mezclar? *Metroflor-Agro*, 81. Recuperado de <https://www.metroflorcolombia.com/triazoles-todos-iguales-se-deben-mezclar/>
- Snowball, Á., Warrington, I., Halligan, E., & Mullins, M. (1994). Phase-change in citrus- the effects of main stem node number, branch habit and paclobutrazol application on flowering in citrus seedlings. *Journal of Horticultural Science*, 69(1), 149-160. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/14620316.1994.11515261>
- Sopher, C., Król, M., Huner, N., Moore, A., & Fletcher, A. (1999). Chloroplastic changes

- associated with paclobutrazol-induced stress protection in maize seedlings. *Canadian Journal of Botany*, 77(2), 279-290. Recuperado de <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/b98-236>
- Soumya, P., Kumar, P., & Pal, M. (2017). Paclobutrazol: a novel plant growth regulator and multi-stress ameliorant. *Indian Journal of Plant Physiology*, 22(3), 267-278.
- Sousa, E. dos S., Lobo, J. T., Carreiro, D. de A., Dias, D. do N., Sanches, L. G., & Lucena, Í. (2020). Paclobutrazol in the flowering management affects the quality of *Malpighia emarginata* fruits. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 50, 1-7. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5062805>
- Souza, M., Mésquita, A., Simões, W., Ferreira, K., & Araujo, E. (2016). Physiological and biochemical characterization of mango tree with paclobutrazol application via irrigation. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46, 442-449.
- Talón, M., Wu, G. A., Gmitter Jr, F. G., & Rokhsar, D. S. (2020). *The origin of citrus*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128121634000024>
- Tripathi, K., & Dhakal, D. (2005). Effect of paclobutrazol on off-season flower induction in acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) landraces under Chitwan condition. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, 26, 87-92. Recuperado de <https://doi.org/10.3126/jiaas.v26i0.661>
- Tuárez, J. (2021). Fluctuaciones de los precios de la naranja, mandarina y limón en el mercado número 1 de Portoviejo Manabí. (*F. A. Párraga B, Entrevistador*).
- Valarezo, C. O., Julca, A., & Rodríguez, A. (2020). Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador. *Revista RIVAR*, 7(20), 108-120. <https://doi.org/10.35588/rivar.v7i20.4485>
- Wang, B., Fang, R., Chen, F., Han, J., Liu, Y., Chen, L., & Zhu, Q. (2020). A novel CCCH-type zinc finger protein SAW1 activates OsGA20ox3 to regulate gibberellin homeostasis and anther development in rice. *Journal of integrative plant biology*, 62(10), 1594-1606.
- Westreicher, G. (2019). Exceso de oferta. Recuperado de Economipedia.com website: <https://economipedia.com/definiciones/exceso-de-oferta.html>
- World Citrus Organisation. (2019). Global Citrus Outlook. Recuperado de <https://worldcitrusorganisation.org/wp-content/uploads/2020/01/Citrus-Market-Trends-2019.pdf>
- Wu, G. A., Terol, J., Ibañez, V., López, A., Pérez, E., Borredá, C., ... Talón, M. (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature*, 554, 311-316. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/nature25447>
- Yeshitela, T., Robbertse, P. J., & Stassen, P. J. C. (2004). Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32(3), 281-293.
- Zayas, I. (2019). Administración y distribución de productos cítricos en la Región del Évora, Sinaloa. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación*, 6, 1-16.
- Zeevaart, J. (2008). Leaf-produced floral signals. *Current Opinion in Plant Biology*, 11(5), 541-547. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18691931/>
- Zeng, R., Zhou, J., Liu, S., Gan, S., Gan, M., Zhang, Z., & Hu, C. (2019). Genome-wide identification and characterization of squamosa—promoter-binding protein (sbp) genes involved in the flowering development of Citrus clementina. *Biomolecules*, 9(2), 66-86. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2218-273X/9/2/66>
- Zhu, H., & Stafne, E. (2019). Influence of Paclobutrazol on Shoot Growth and Flowering

in a High-density Pecan Orchard. *HortTechnology*, 29(2), 210-212.

