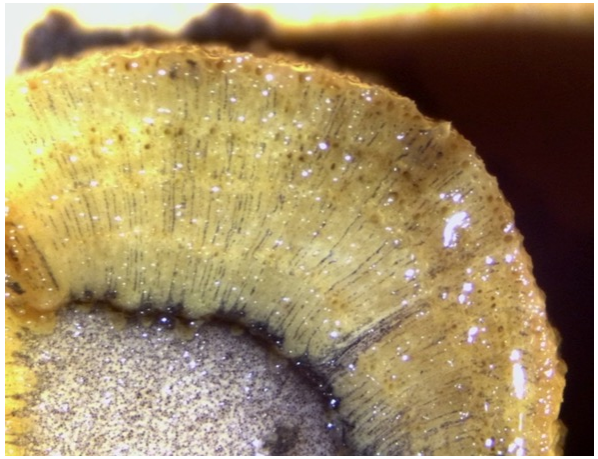
De la fisiología a la práctica: Integración de la dinámica estacional de los carbohidratos no estructurales en el manejo de huertos de avellano

From Physiology to Practice Integrating Seasonal Dynamics of Non-Structural Carbohydrates into Hazelnut Orchard Management

Maciej Zwieniecki

And JESSICA OROZCO

UC Davis, California, USA



>Más del 99 % del material vegetal está construido a partir de tres elementos principales.

>99% of plant material is built from three main elements.

Carbono C Hídrogeno H Oxígeno O

$(CH_2O)_n$- carbohidratos (azúcares)

carbohydrates (sugars)

¿De dónde viene todo ese CH_2O?

Where does all that CH_2O come from?

FOTOSÍNTESIS PHOTOSYNTHESIS

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas capturan la energía de la luz solar y la convierten en una forma biológicamente utilizable.

The energy is stored in carbon bonds created during photosynthesis and liberated during respiration.

La energía se almacena en enlaces de carbono creados durante la fotosíntesis y se libera durante la respiración.

Photosynthesis is the process by which plants capture the energy in sunlight and convert it to a biologically usable form.

Energía solar absorbida por la clorofila

Solar energy absorbed by chlorophyll

FOTOSÍNTESIS →

Water + Carbon dioxide ⇌ Carbohydrates + Oxygen

(H_2O) (CO_2) $(CH_2O)_n$ (O_2)

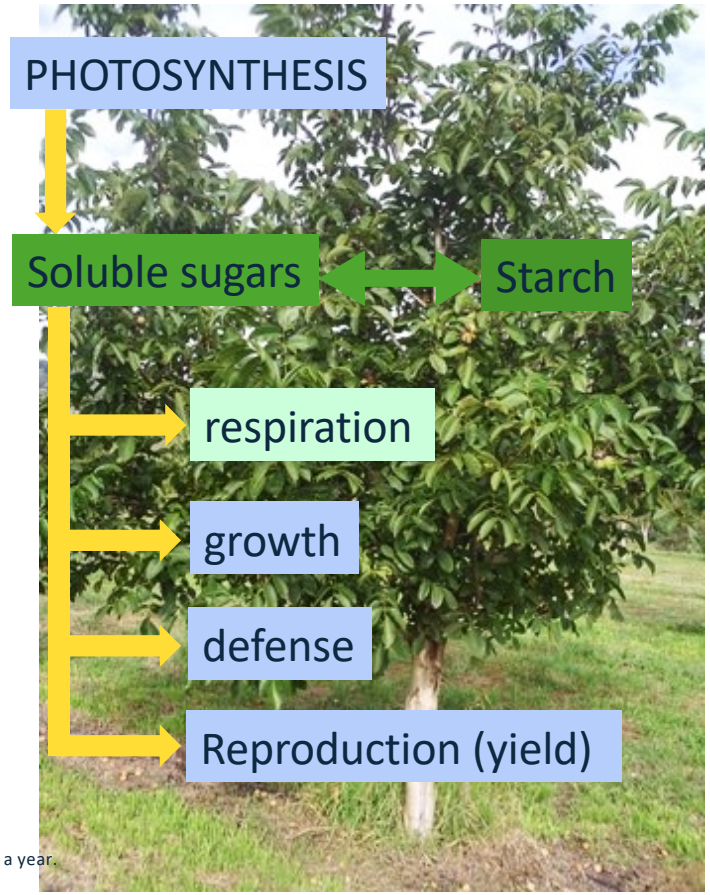
Respiración

Respiration

Fisiología de los carbohidratosy su manejo en árboles de nuez.

Physiology of carbohydrates. management in nut trees

- Los carbohidratos proporcionan energía para el mantenimiento, el crecimiento, la defensa y la reproducción (rendimiento).
- Los carbohidratos solo se producen durante el día (con luz solar) y únicamente cuando las hojas están presentes en el árbol, pero se utilizan las 24 horas del día y los 365 días del año.
- Los carbohidratos no estructurales (NSC) son los activos líquidos del árbol, su "moneda", y existen en dos formas: (1) azúcares solubles y (2) almidón.
- Los carbohidratos solubles pueden considerarse como el "efectivo" que circula por el árbol. El almidón es la cuenta de ahorros de esa moneda.
- Los árboles monitorean continuamente los niveles de azúcares solubles (el efectivo disponible) y los complementan a partir del almidón (ahorros) cuando es necesario, o bien recargan las reservas de almidón cuando hay un exceso de azúcares.
- El nivel de NSC debe mantenerse para permitir que los árboles sobrevivan y se recuperen después de períodos sin fotosíntesis, tanto diarios (noche) como estacionales (dormancia).



- Carbohydrates provides energy for maintenance, growth, defense, and reproduction (yield)
- Carbohydrates are only being produced during day (sunlight) and only when leaves are on the trees but used 24 hour a day and 365 days a year.
- Non-Structural Carbohydrates (NSC) are the tree's liquid assets - 'currency' they are in two forms (1) soluble sugars and (2) starches.
- Soluble carbohydrates can be considered as 'cash' that flows around the tree. Starch is the 'currency' saving account.
- Trees continuously measure soluble sugar levels (measure cash in hand) and supplement it from starch (savings) or recharge savings if it has overflow of sugar (cash).
- **NSC level has to be maintained to allow trees to survive and recover after non-photosynthetic periods: daily (night) and seasonally (dormancy)**

El manejo del huerto se enfoca en facilitar la actividad fotosintética:

- Riego
- Fertilización

Incrementar la producción de carbohidratos

Orchard management focus is on facilitating photosynthetic activity:

- irrigation
- Fertilization

Boosting amount of carbohydrates

y en la protección frente a:

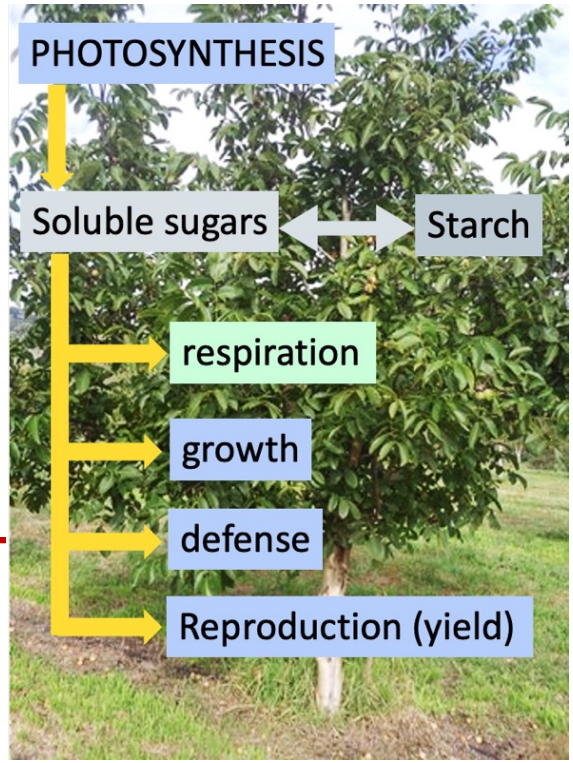
- insectos
- patógenos
- enfermedades

con el objetivo de reducir el costo de la defensa.

and protection from:

- insects
- pathogens
- Diseases

Reducing cost of defense



La respiración es dependiente de la temperatura; no podemos hacer mucho al respecto.

El crecimiento es función de los NSC disponibles, del espacio y de las necesidades fisiológicas.

- Por lo general, no podemos decirle a la planta cómo crecer — todavía.
- La inversión en reproducción es función de los embriones iniciados, de la disponibilidad de NSC y de su función de redistribución evolutivamente determinada.
- Nuevamente, tenemos muy poco impacto en forzar a la planta a cambiar su comportamiento evolucionado — por ahora.

Conocer cuándo y cómo la planta toma decisiones sobre la inversión de sus NSC puede proporcionar herramientas para aumentar la productividad de los huertos.

Knowing when and how plant makes decision on its NSC investment can provide means to increase orchards productivity

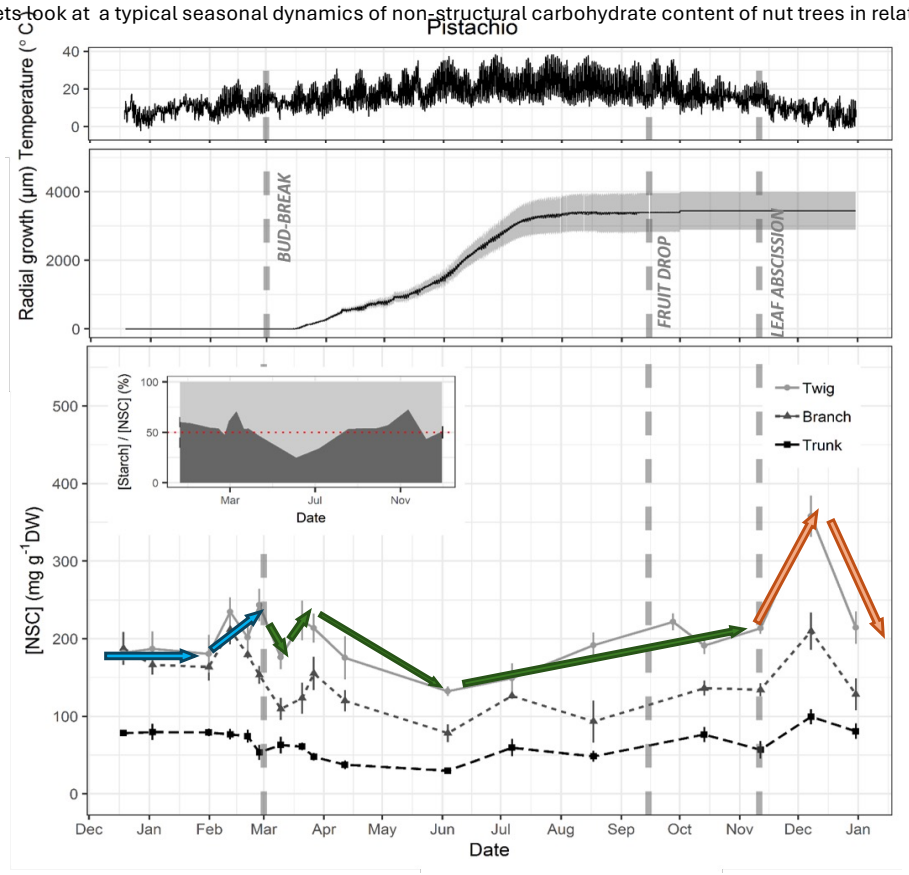
Respiration is temperature dependent – We can not do much about it

Growth is the function OF available NSC, space, physiological needs
- Usually, we can not tell plant how to grow - yet

Investment in reproduction is a function of initiated embryos, NSC availability and evolved redistribution function –
Again, we have very little impact on forcing plant to change its evolved behavior - yet

Veamos la dinámica estacional típica del contenido de carbohidratos no estructurales (NSC) en árboles de nuez, en relación con el crecimiento del tronco y la floración, en el Valle Central de California (pistacho).

Lets look at a typical seasonal dynamics of non-structural carbohydrate content of nut trees in relation to girth growth and flowering, in Central Valley, CA (pistachio)



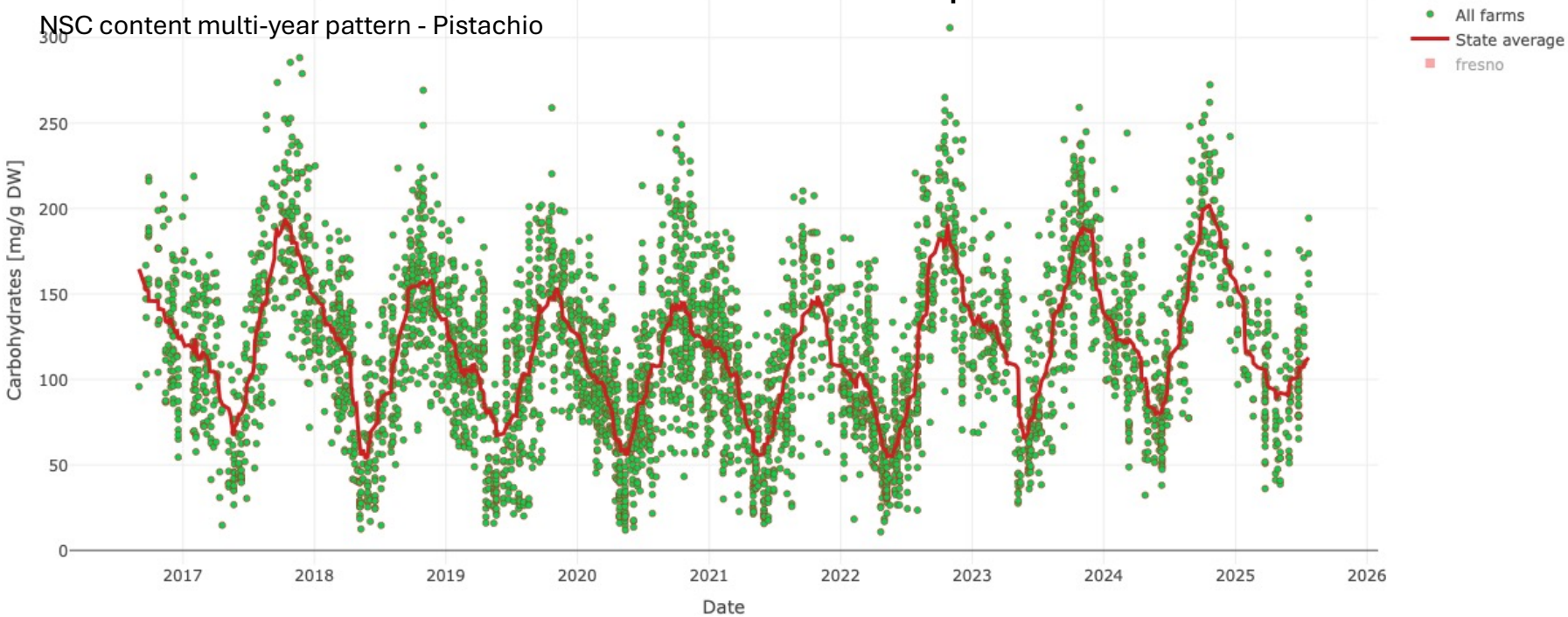
- El contenido de NSC en los árboles es altamente dinámico a lo largo de la temporada; las tendencias y la composición de los NSC proporcionan información sobre la salud del árbol y su desempeño futuro.
- La reducción más significativa de las reservas de NSC ocurre durante la dormancia y después de la brotación; la acumulación de almidón previa al invierno es un requisito para un crecimiento saludable en primavera.
- El contenido de NSC en otoño se correlaciona con el rendimiento del año siguiente, mientras que un bajo contenido de NSC en verano se asocia con un alto rendimiento. Por lo tanto, las prácticas de manejo del huerto en otoño (poscosecha) son cruciales para la recuperación de las reservas de NSC. Muy probablemente, podemos diseñar estas prácticas para preparar a los árboles de la manera más eficaz para la dormancia.

- NSC content is highly dynamic over the season in trees – trends and composition of NSC provides information on tree health and future performance
- Most significant drain of NSC reserves occurs during dormancy and post bud break - pre-winter starch accumulation is a prerequisite for healthy spring growth.
- Fall NSC content correlates with following year yield, low summer NSC content correlates with high yield - a fall (post-harvest) orchard management practices are crucial for the recovery of the NSC reserves. Most likely we can design these practices to most effectively prepare trees for the dormancy

Carbohydrate Observatory

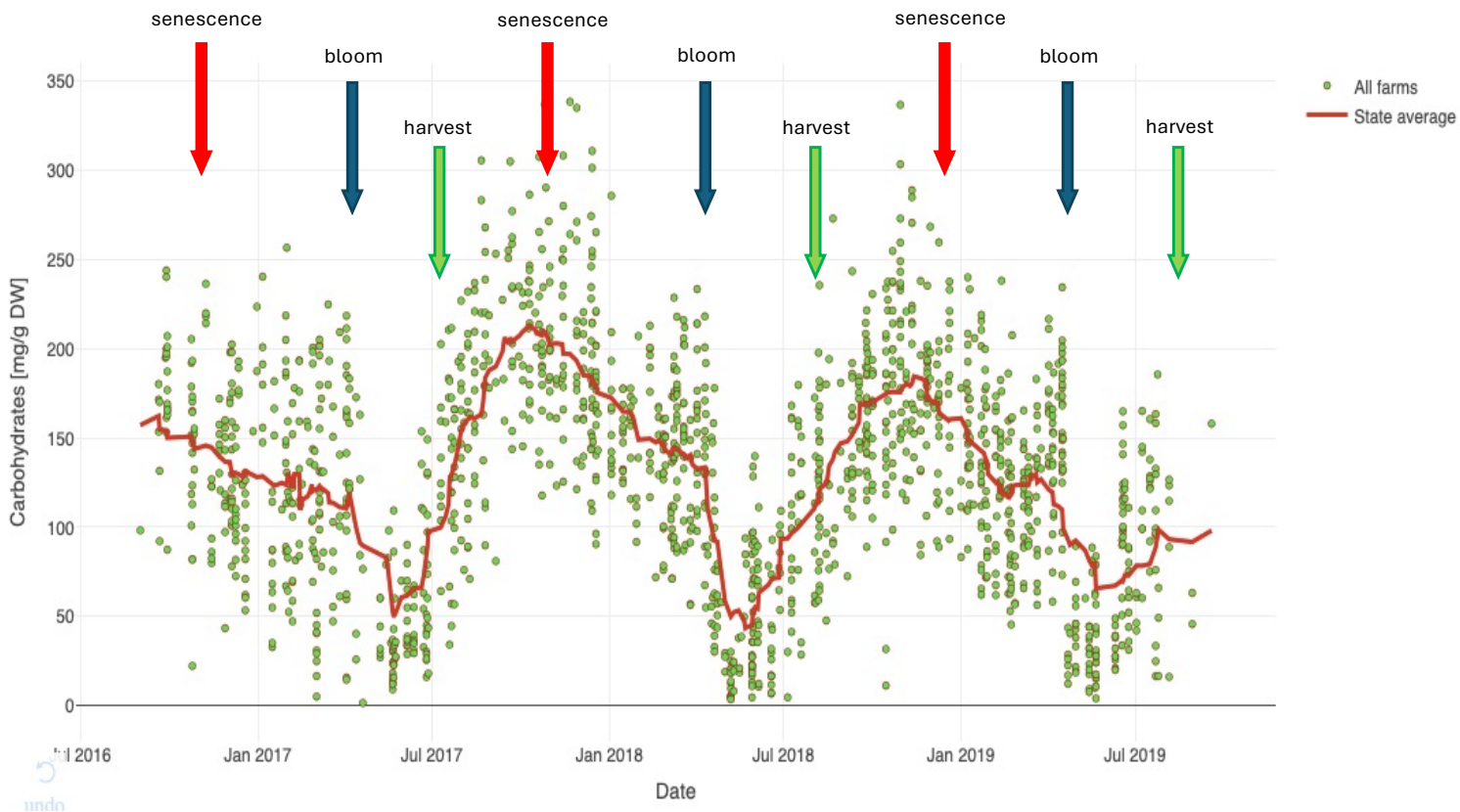
Patrón multianual del contenido de NSC en pistacho

NSC content multi-year pattern - Pistachio



Patrón multianual del contenido de NSC – fenología

NSC content multi-year pattern - phenology



Patrón multianual del contenido de NSC – rendimiento

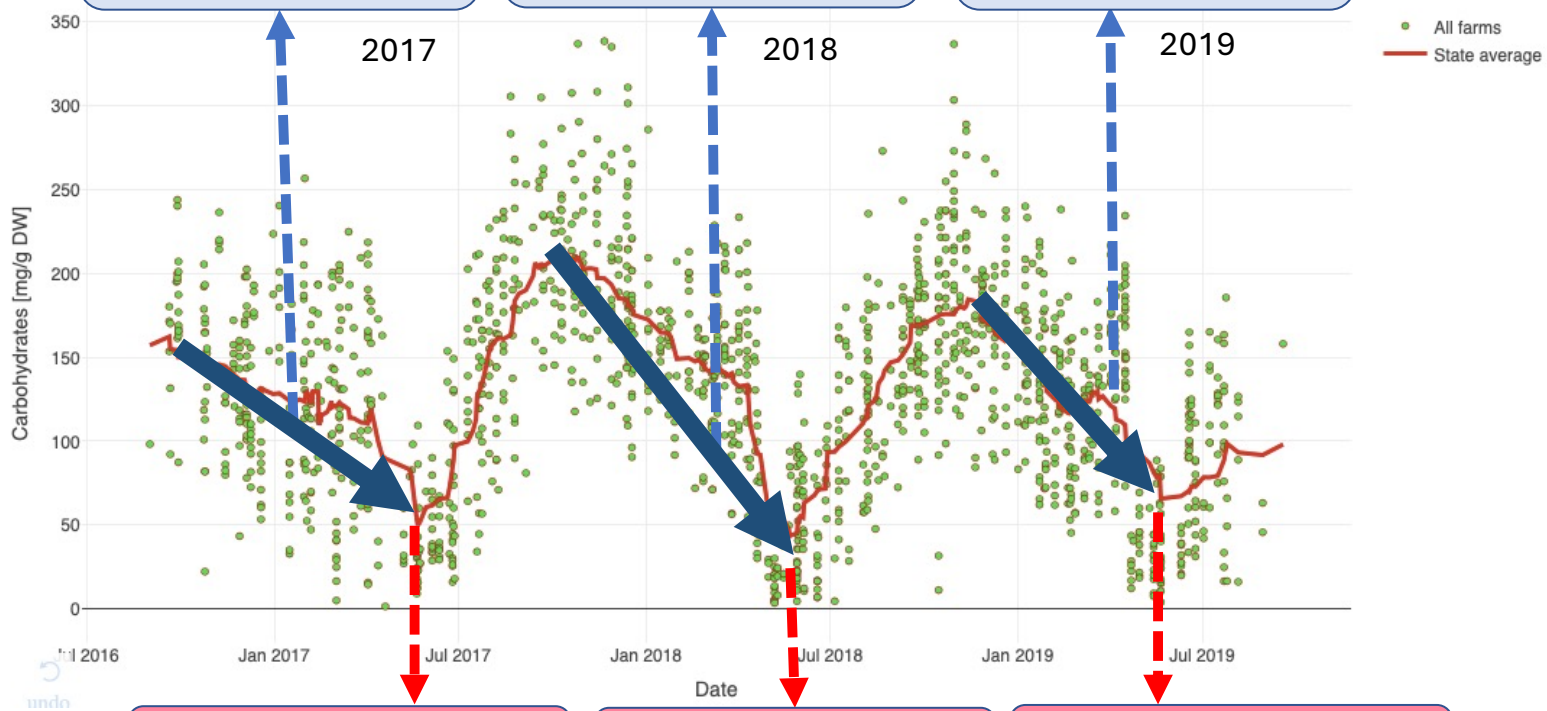
NSC content multi-year pattern - yield

Average yield 2017 – 2823
Average yield 2018 – 3475
Average yield 2019 **~ 2900 ?**

Bajo nivel de uso de NSC= bajo rendimiento
Low level of NSC use= Low yield

Alto nivel de uso de NSC = alto rendimiento
High level of NSC use= High yield

Bajo nivel de uso de NSC= bajo rendimiento
Low level of NSC use= Low yield



Summer high NSC reserves = High winter reserves

Summer NSC Exhaustion = Low winter reserves

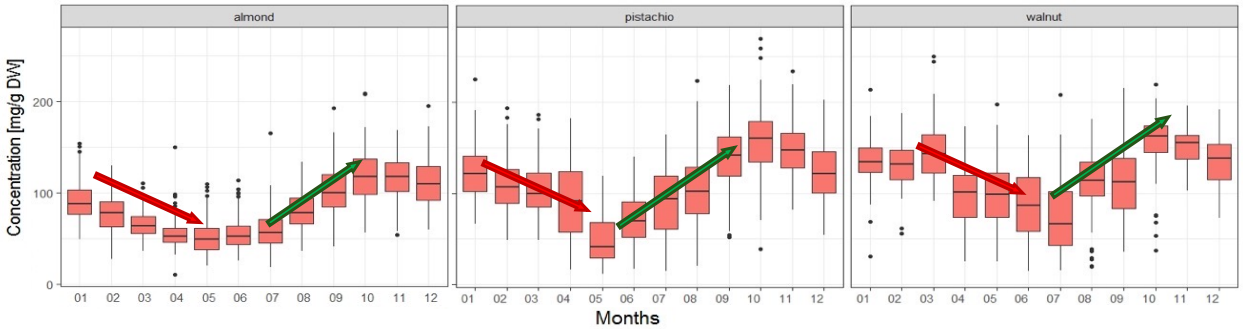
Summer high NSC reserves = High winter reserves ?

Patrón estacional del contenido de carbohidratos en ramillas de avellano frente a otros árbo

Seasonal pattern of carbohydrate content in twigs of hazelnut vs other nut trees

El contenido típico de NSC en especies templadas de frutos secos presenta un máximo en otoño, un mínimo en verano y una recuperación de las reservas en otoño.

Typical NSC content in temperate nut species has maximum in the fall, minimum in the summer and reserves recovery in the fall

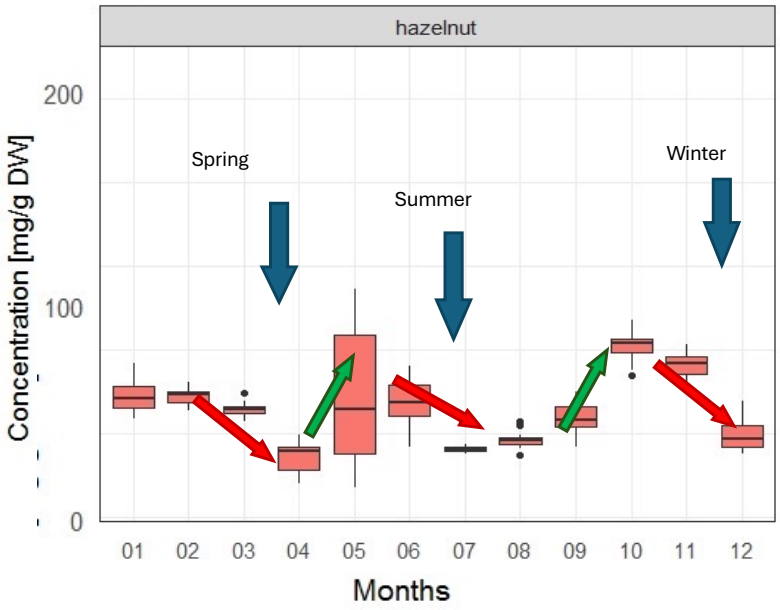


El avellano presenta un patrón diferente al de otras especies de frutos secos. Tiene tres períodos característicos de acumulación: (1) antes del llenado del fruto, tras el inicio primaveral de la actividad fotosintética; (2) acumulación otoñal previa al desarrollo de las flores masculinas; y (3) acumulación y/o redistribución durante el invierno.

También presenta tres períodos de pérdida de reservas: (1) durante la brotación y expansión foliar en primavera, (2) durante el llenado del fruto y (3) durante el desarrollo de las flores masculinas.

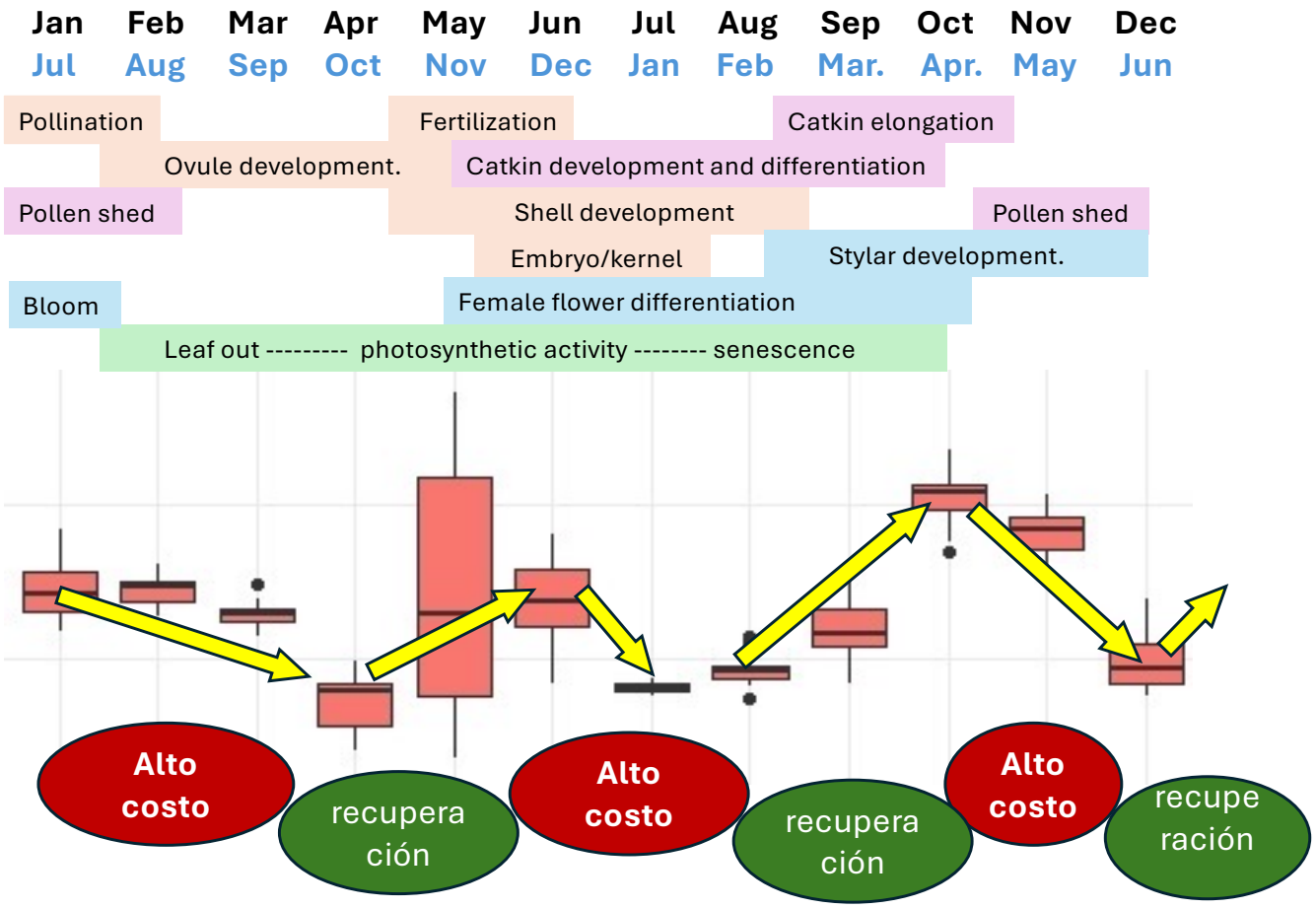
Hazelnut has different pattern than other nut species It has characteristic three time of accumulation periods (1) prior to nut filling (following spring start of photosynthetic activity), (2) fall accumulation prior to male flower development, and (3) winter accumulation/redistribution.

It has also three periods of reserves loss (1) during spring leafing, (2) nut filling, and (3) during male flower development



Ciclo de los carbohidratos en relación con la fenología y el crecimiento del avellano

Carbohydrates cycle vs and hazelnut phenology and growth



Implicaciones prácticas

- Cualquier práctica de manejo o condición ambiental que tenga efecto sobre la recuperación de los carbohidratos o sobre su uso puede afectar la productividad (rendimiento).

Ejemplos:

- El calor excesivo en invierno obliga al uso de NSC y puede resultar en floración desigual, baja polinización o retraso en la brotación.
  - Calentamiento global
  - Sustitutos del frío
- Reducción de la actividad fotosintética: ausencia de recuperación a mediados de verano, baja fertilización y problemas en el desarrollo de la cáscara y de los embriones.
  - Sequía/riego
  - Fertirrigación
- Recuperación inadecuada en otoño
  - Caída temprana de hojas

?

Practical implications

Any management practice or environment that has an effect on recovery of carbohydrates or their use can affect productivity (yield)

Examples:

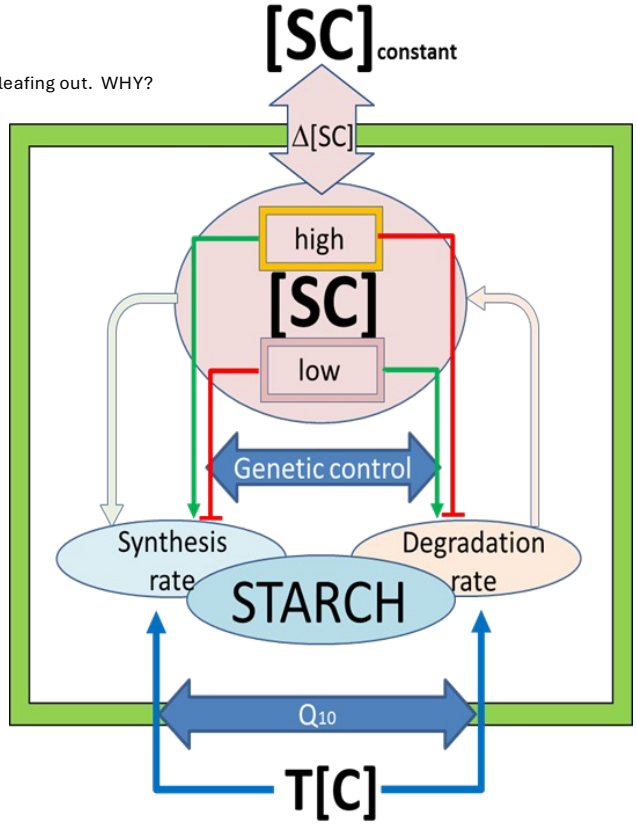
- Excessive heat in the winter forces use of NSC and may result uneven bloom low pollination or delayed leafing out
  - Global warming
  - Chill substitutes
- Reduced photosynthetic activity – no mid summer recovery – low fertilization, problems with shell and embryos development
  - Drought/irrigation
  - Fertigation
- Inadequate fall recovery
  - Early leaf drop

Uno de los problemas crecientes: el calor excesivo en invierno obliga al uso de NSC y puede resultar en una floración desigual, baja polinización o retraso en la brotación. ¿POR QUÉ?

- Calentamiento global - pérdida de frío invernal.

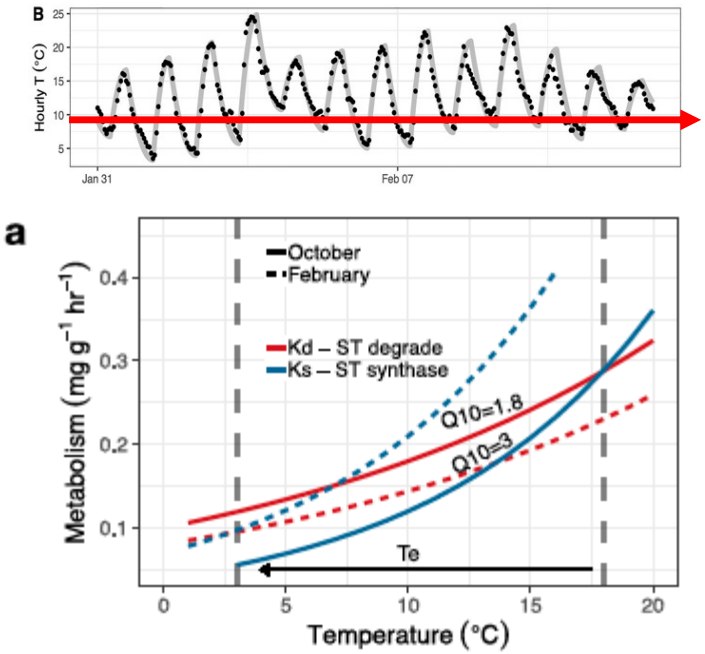
One of the growing problem Excessive heat in the winter forces use of NSC and may result uneven bloom low pollination or delayed leafing out. WHY?

- Global warming – loss of chill



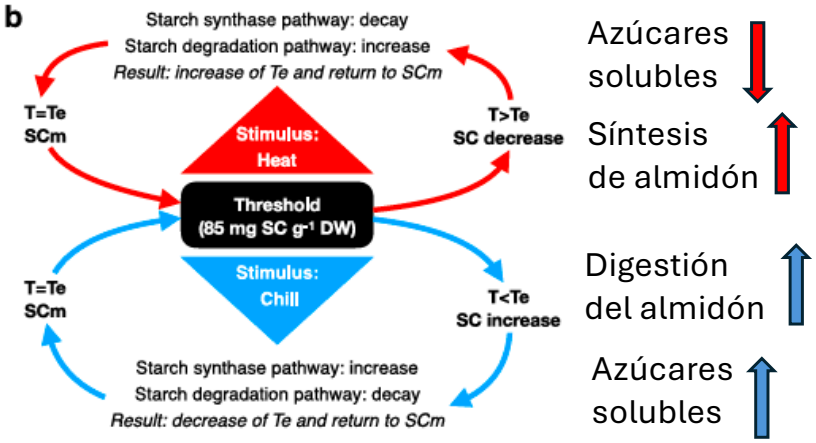
Uno de los problemas crecientes: el calor excesivo en invierno obliga al uso de NSC y puede resultar en una floración desigual, baja polinización o retraso en la brotación.
¿POR QUÉ?

- Calentamiento global - pérdida de frío invernal.



aumento de la respiración (pérdida de azúcares)

floración débil y desigual

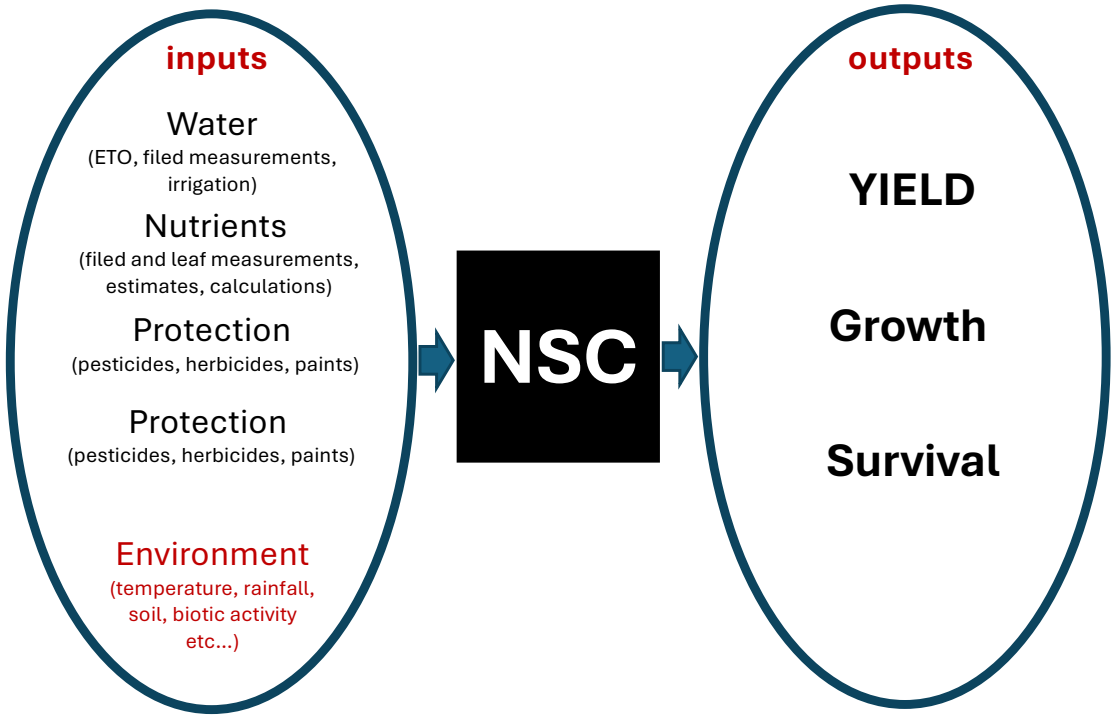


disminución de la respiración (mantenimiento de las reservas de NSC)

floración fuerte y saludable

No importa cuál sea el problema;los carbohidratos no estructurales estánen el centro de todo.

- Horas de frío
- Floración sincrónica
- Respuesta a estreses abióticos
- Respuesta a estreses bióticos
- Riego
- Salinidad
- Temperatura invernal
- Temperatura estival
- Manejo poscosecha
- Etc.



- Chilling hours
- Synchronous bloom
- Response to abiotic stresses
- Response to biotic stresses
- Irrigation
- Salinity
- Winter temperature
- Summer temperature
- Post harvest management

Etc...

No matter what is the issue The non-structural carbohydrates are at he center of it.

Gracias

Thank you

"Tree is under no obligation to make sense to us"

Maciej Zwieniecki

https://zlab-carb-observatory.herokuapp.com

Carbohydrate Observatory