



Atlas Riego

Uso del agua en la agricultura de
regadío

2ª Edición



AGENCIA NACIONAL DE AGUAS
Y SANEAMIENTO - BRASIL

República Federativa del Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente de la República

Ministerio de Integración y Desarrollo Regional

Waldez Góes

Ministro

Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento

Dirección Colegiada

Veronica Sánchez da Cruz Rios (*Directora-Presidente*)

Filipe de Mello Sampaio Cunha

Ana Carolina Argolo

Marcelo Medeiros (*interim*)

Marco José Melo Neves (*interim*)

Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento

MINISTERIO DE INTEGRACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL



ATLAS RIEGO

USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE
REGADÍO

2ª Edición

BRASILIA - DF

ANA

2024

© 2024, **Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento – ANA.**
Sector Policial, Área 5, Cuadra 3, Edificio Sede, Bloque M.
Código postal: 70610-200, Brasilia – DF.
Teléfono: (61) 2109-5400 / 5252
Correo electrónico:
https://www.gov.br/ana/pt-br

COMITÉ EDITORIAL
Joaquim Gondim (Coordinador)
Humberto Cardoso Gonçalves
Ana Paula Fioreze
Roxane Pinheiro Alves (Secretária-Executiva substituta)

Ilustraciones, tablas y gráficos sin indicación de fuentes fueron preparadas por ANA.
Información, críticas, sugerencias, correcciones de datos: cedoc@ana.gov.br
También disponible en:
http://www.ana.gov.br

Todos los derechos reservados
Se permite la reproducción de los datos y la información contenidos en esta publicación, siempre que se cite la fuente.

EQUIPO EDITORIAL
Supervisión editorial
Ferdnando Cavalcanti Silva Albuquerque
Ana Paula Fioreze
Thiago Henriques Fontenelle

Revisión de originales
Carlos Alberto Perdigão Pessoa
Carlos Eduardo Jeronymo
Daniel Assumpção Costa Ferreira
Flávio Hadler Tröger
Laízy de Santana Azevedo Barbosa
Leonardo Carlos Barbosa
Marcus André Fuckner

Fotografías
Banco de imágenes ANA

Infografías y portada
Adílio Lemos da Silva
Anderson Araújo de Miranda

Portada
Adílio Lemos da Silva

Diseño Gráfico y Producción
Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento

Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento

Coordinación General
Ana Paula Fioreze

Coordinación
Ferdnando Cavalcanti Silva Albuquerque
Daniel Assumpção Costa Ferreira Marco
Vinícius Castro Gonçalves
Thiago Henriques Fontenelle

Colaboradores
Adalberto Meller
Alexandre Lima de Figueiredo Teixeira
Carlos Alberto Perdigão Pessoa
Carlos Eduardo Jeronymo
Flávio Hadler Tröger
Gonzalo Álvaro Vázquez Fernandez
Marcela Ayub Brasil
Marcus André Fuckner
Mariane Moreira Ravanello
Paulo Marcos Coutinho dos Santos
Saulo Aires de Souza
Wagner Martins da Cunha Vilella

Pasantes
Anna Piza da Costa
Débora Silva Tonelli
Janaína Vieira da Rocha
Mateus de Almeida de Souza
Roberta Capim Rocha

Colaboradores Externos
Gustavo Chaves Machado (Consultor)
Hugo do Nascimento Bendini (INPE)
Jaqueline Coelho Visentin (Consultor)
Leila Maria Garcia Fonseca (INPE)
Thais da Silva Dornelas (Consultor)

Socios
Ministerio de Integración y Desarrollo Regional
Adriana Melo Alves
Antônio Felipe Guimarães Leche
Frederico Cintra Belém

Compañía Nacional de Abastecimiento
Candice Mello Romero Santos
Fernando Arthur Santos Lima
Rafaela dos Santos Souza
Lucas Barbosa Fernandes
Patrícia Maurício campos
Társis Rodrigo de Oliveira Piffer

Empresa Brasileña de Investigación Agrícola
Daniel Pereira Guimarães
Elena Charlotte Landau
Lineu Paiva Rodrigues

Agrosatélite de Geotecnología Aplicada
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff
Daniel Alves de Aguiar
Joel Risso
Marciano Saraiva
Moisés Pereira Galvão Salgado

Universidad Federal de Paraná
Irani dos Santos
César Augusto Crovador Siefert
Cynthia Roberti
Fernando Marangon
Gilson Bauer Schultz

Universidad de São Paulo - GPP/ESALQ
Durval Dourado Neto
Alberto G.O.P. Barretto
Arthur Nicolaus Fendrich
José Lucas Safanelli
Marcela Almeida de Araujo
Pedro Alves Quilici Coutinho
Rodrigo Fernando Maule

Catalogación de fuentes -

A265a	Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento (Brasil). Atlas Riego : uso del agua en la agricultura de regadío / Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento. - 2. ed. - Brasilia : ANA, 2024. 127 p.: il. ISBN: 978-65-88101-61-2 1. Agua - Uso. 2. Riego Agrícola. I. Título. CDU 631.67(084.4)=134.2
--------------	---



SUMARIO

Pivote central en el municipio de Igarassu
(PE)

SUMARIO

<u>PRESENTACIÓN</u>	7
1 <u>EL RIEGO Y EL ATLAS</u>	11
2 <u>HISTORIA DEL RIEGO EN BRASIL</u>	25
3 <u>ZONAS DE REGADÍO</u>	33
4 <u>ÁREA ADICIONAL DE REGADÍO</u>	57
5 <u>USO DEL AGUA</u>	67
6 <u>CENTROS AGRÍCOLAS DE REGADÍO</u>	90
7 <u>RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES</u>	115
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	125



PRESENTACIÓN

La práctica del riego en el mundo se produce desde las antiguas civilizaciones, notablemente en aquellos que se han desarrollado en regiones secas como Egipto y Mesopotamia. En territorios con características físico-climáticas más favorables, la agricultura se desarrolló inicialmente en regiones donde la cantidad y distribución espacial y temporal de las precipitaciones son capaces de abastecer la necesidad de cultivos, por lo que el riego ha surgido en períodos más recientes.

Este es el caso de Brasil, donde el riego comenzó en la década de 1900 para la producción de arroz en Rio Grande do Sul. La importante intensificación de la actividad en otras regiones se produjo entre las décadas de 1970 y 1980. Con un crecimiento fuerte y persistente, han surgido nuevos polos en las últimas décadas.

Varios factores contribuyen a la necesidad de riego. En las regiones afectadas por la continua escasez de agua, como en la región semiárida brasileña, el riego es fundamental, es decir, una parte importante de la agricultura sólo es posible a través de la aplicación artificial del agua. En las regiones afectadas por la escasez en períodos específicos del año, como en la región central del país (entre mayo y setiembre), varias culturas y la tercera cosecha sólo son posibles con la aplicación adicional de agua en los meses secos, aunque la producción se puede llevar a cabo (sin o con poco riego) en la temporada de lluvias (primera y segunda cosecha).

Aunque el crecimiento de la actividad resulta, en general, en un mayor uso de agua, se pueden observar varios **beneficios**, como el aumento de la productividad, la mejora de la calidad del producto, la reducción de los costos unitarios, la mitigación de los impactos de la variabilidad climática y la optimización de los insumos y equipos. El riego también es fundamental para el aumento y la estabilidad del suministro de alimentos y el consiguiente aumento de la **seguridad alimentaria y nutricional** de la población brasileña. Tomates, arroz, pimientos, cebollas, patatas, ajos, frutas y verduras son ejemplos de alimentos producidos bajo un alto porcentaje de riego. Desde el punto de vista del uso racional del agua, los requisitos legales y los instrumentos de gestión, como la concesión del derecho de uso de los recursos hídricos (autorización para el uso del agua) y la tarificación del uso, buscan garantizar la sostenibilidad de la actividad, aumentando la eficiencia y la consiguiente reducción de los residuos.

Dado el dinamismo de la agricultura de regadío en un país de dimensiones continentales, y de gran geodiversidad, los conocimientos básicos y el seguimiento de la actividad son un gran desafío. En este contexto, la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento – ANA ha promovido estudios y alianzas cuyos resultados han ayudado tanto en la planificación y gestión de los recursos hídricos dentro del ámbito del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos – SINGREH como en la toma de decisiones sectoriales. Parte de los resultados se han publicado en los últimos años en los Informes e Informes de Conjeturas

PRESENTACIÓN

Cultivo de arroz en el municipio de Cachoeira do Sul (RS)
Bernardo Rudorff /Image Bank ANA

de Recursos Hídricos en Brasil y más recientemente en publicaciones especializadas como en el **Relevamiento de la Agricultura de regadío por Pivotes Centrales en Brasil**, en el **Relevamiento de la Caña-de-Azúcar de Regadío y Fertirrigada en Brasil** y en el **Mapeo del Arroz de regadío en Brasil**.

Frente a las diferentes iniciativas orientadas a suplir la falta de información sobre la agricultura de regadío, así como los nuevos datos secundarios disponibles, era necesario integrar los conocimientos disponibles en un solo producto, configurando la base técnica de la agricultura de regadío en su interfaz con los recursos hídricos, a escala nacional. Es en este contexto que ANA lanzó en 2017 la primera edición de **Atlas Riego: uso del agua en la agricultura de regadío** - que en esta segunda edición tiene su alcance actualizado y ampliado.

Los avances en el contenido de Atlas Riego fueron posibles gracias a una amplia red de **asociaciones**, incluyendo el Ministerio de Integración y Desarrollo Regional (MIDR), la Compañía Nacional de Suministros, la Compañía Brasileña de Investigación Agrícola, el Agrosatélite de Geotecnología Aplicada, la Universidad Federal de Paraná y la Universidad de São Paulo. La **articulación sectorial**, con la mayor proximidad de la ANA a la política sectorial y la participación en foros y eventos -como en los comités de cuenca y cámaras técnicas de riego en el MIDR y en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) - permitió mejorar el contenido y la forma de presentación de los resultados del Atlas.

Esta **base técnica** construida en los últimos años, y que seguirá siendo objeto de mejora continua, es de fundamental importancia para la estimación del uso del agua y para la actualización de los balances hídricos, subvencionando la toma de decisiones y el análisis de riesgos con miras a la **seguridad hídrica** de la agricultura de regadío y la garantía de múltiples usos del agua. Atlas adquiere aún más importancia al convertirse en una base común tanto para la **Política Nacional de Riego** como para la **Política Nacional de Recursos Hídricos**, considerando también la elaboración en curso del **Plan Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040**.

Las bases de datos y otros materiales adicionales están disponibles en el Portal del **Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos - SNIRH** (www.snirh.gov.br) y en <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>.



Plantaciones a orillas del río Pardo en el límite entre Jaborandi (SP) y Morro Agudo (SP)
Raylton Alves / Banco de imágenes ANA

1 EL RIEGO Y EL ATLAS

Zona rural con riego en la cuenca del río Paranapanema
Raylton Alves/Banco de imágenes ANA



EL RIEGO Y EL ATLAS

El riego corresponde a la práctica agrícola utilizando un conjunto de equipos y técnicas para abastecer la deficiencia total o parcial de agua para las plantas. El riego está en nuestra vida diaria, ya sea en el césped de campos de fútbol y condominios residenciales; o cuando consumimos arroz, frijoles, legumbres, frutas y verduras, alimentos producidos principalmente bajo riego.

El riego es esencial en las regiones áridas y semiáridas, como el Semiárido brasileño, donde la seguridad productiva se ve muy afectada por la escasez continua de agua, se minimizó solo en el período más húmedo, entre diciembre y marzo, donde aún se pueden desarrollar algunos cultivos de secano.

En las regiones afectadas por la escasez de agua en períodos específicos del año, al igual que en la región Sudeste y especialmente en el Centro Oeste, algunos cultivos y cosechas solo son factibles con la aplicación adicional de agua en estos períodos. Y aunque la producción puede llevarse a cabo con menores riesgos climáticos en la temporada de lluvias, es cada vez más frecuente la ocurrencia de veranos (períodos secos dentro de la temporada de lluvias), que causan graves daños a los cultivos de secano en estas regiones.

Aunque puede presentar excelentes resultados de forma aislada, esta práctica usualmente se implementa en medio de otras mejoras en el **paquete tecnológico** del productor rural, es decir, tiende a estar acompañado o precedido por mejoras en otros insumos, servicios, máquinas e implementos, mejoras que en conjunto resultan en varios beneficios.

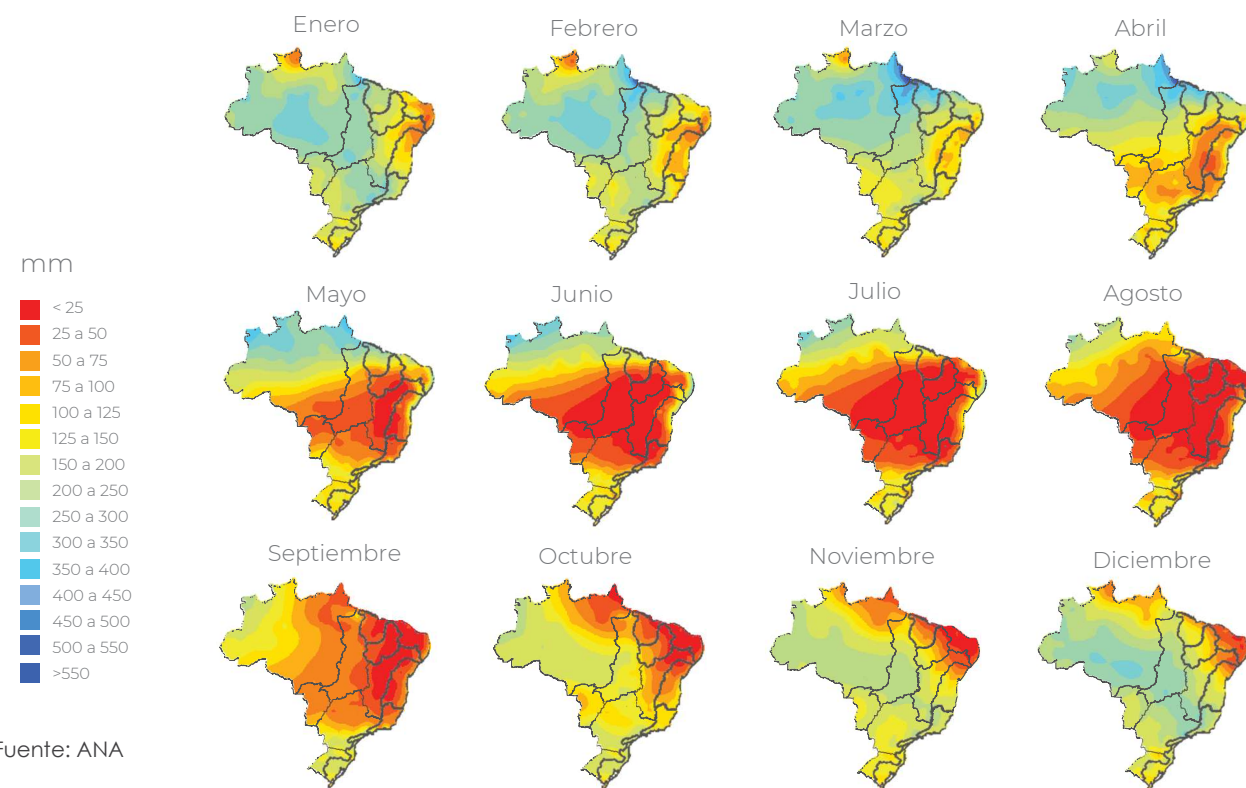
Los **métodos de riego** pueden agruparse según la forma de aplicación del agua, destacando cuatro métodos principales: riego superficial, riego subterráneo, riego por aspersión y riego localizado. En el primer método, el agua se coloca en la superficie del suelo y su nivel se controla para el uso de las plantas. En el método subterráneo (o subsuperficial), el agua se aplica debajo de la superficie del suelo, formando o controlando el nivel freático, en la región donde puede ser aprovechada por las raíces de las plantas. En el riego por aspersión, el agua se aplica bajo presión sobre el suelo, a través de aspersores u orificios, en forma de lluvia artificial. El método localizado (o micro irrigación) consiste en aplicarlo en un área muy limitada, utilizando pequeños volúmenes de agua, a baja presión, con alta frecuencia. Existen diferentes sistemas para cada uno de estos métodos, como el sistema de inundación en riego superficial; el sistema de pivote central en riego por aspersión; y el sistema de goteo que se produce en métodos subterráneos y localizados.

No existe un método o sistema de riego ideal a priori. El riego superficial requiere menos inversión y presenta menos tecnología vinculada.

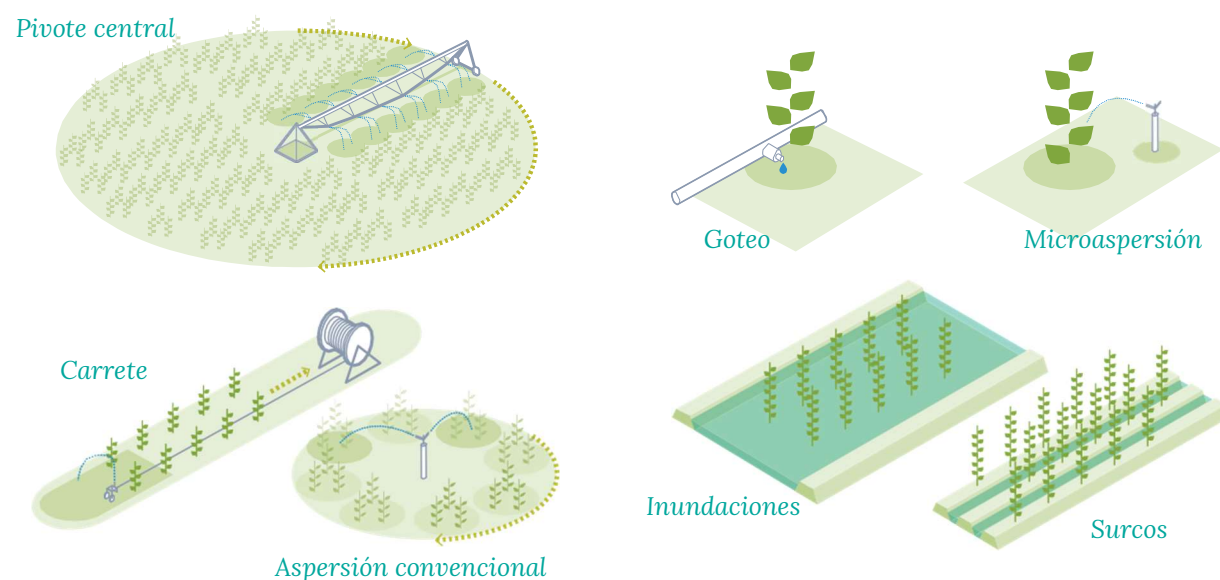
Pero las tierras con una alta tasa de infiltración y mayor pendiente no son favorables a este método, pero puede ser para la aspersión que, a su vez, no será adecuado para regiones con fuertes vientos. Los métodos localizados, a pesar de las altas eficiencias, no son ideales para cultivos temporales (maíz, frijol, arroz, soja), requieren una buena calidad del agua y tienen un alto costo de implementación y mantenimiento.

Estos ejemplos destacan que la selección del método y del sistema para una ubicación determinada se someten a una evaluación integrada de los componentes socioeconómicos y ambientales, incluida la disponibilidad y calidad del agua. Después de la selección del método y el sistema, la eficiencia cualitativa y cuantitativa del uso del agua se convierte en una función de la gestión adecuada de los cultivos, los equipos y los recursos ambientales.

Precipitaciones medias mensuales en Brasil



Representación de los principales sistemas de riego



Según datos de la FAO (2020), Brasil se encuentra entre los diez países con la mayor superficie equipada para el riego en el mundo. Los líderes mundiales son China e India, con alrededor de 70 millones de hectáreas (Mha) cada uno, seguido por los EUA (26,7 Mha), Pakistán (20,0 Mha) e Irán (8,7 Mha). Brasil aparece en la sexta posición con 8,2 Mha, seguido de países que tienen un área entre 4 y 7 Mha, como Tailandia, México, Indonesia, Turquía, Bangladesh, Vietnam, Uzbekistán, Egipto, Italia y España. El mapa global de áreas equipadas para riego presenta una visión general y las regiones con principales concentraciones.

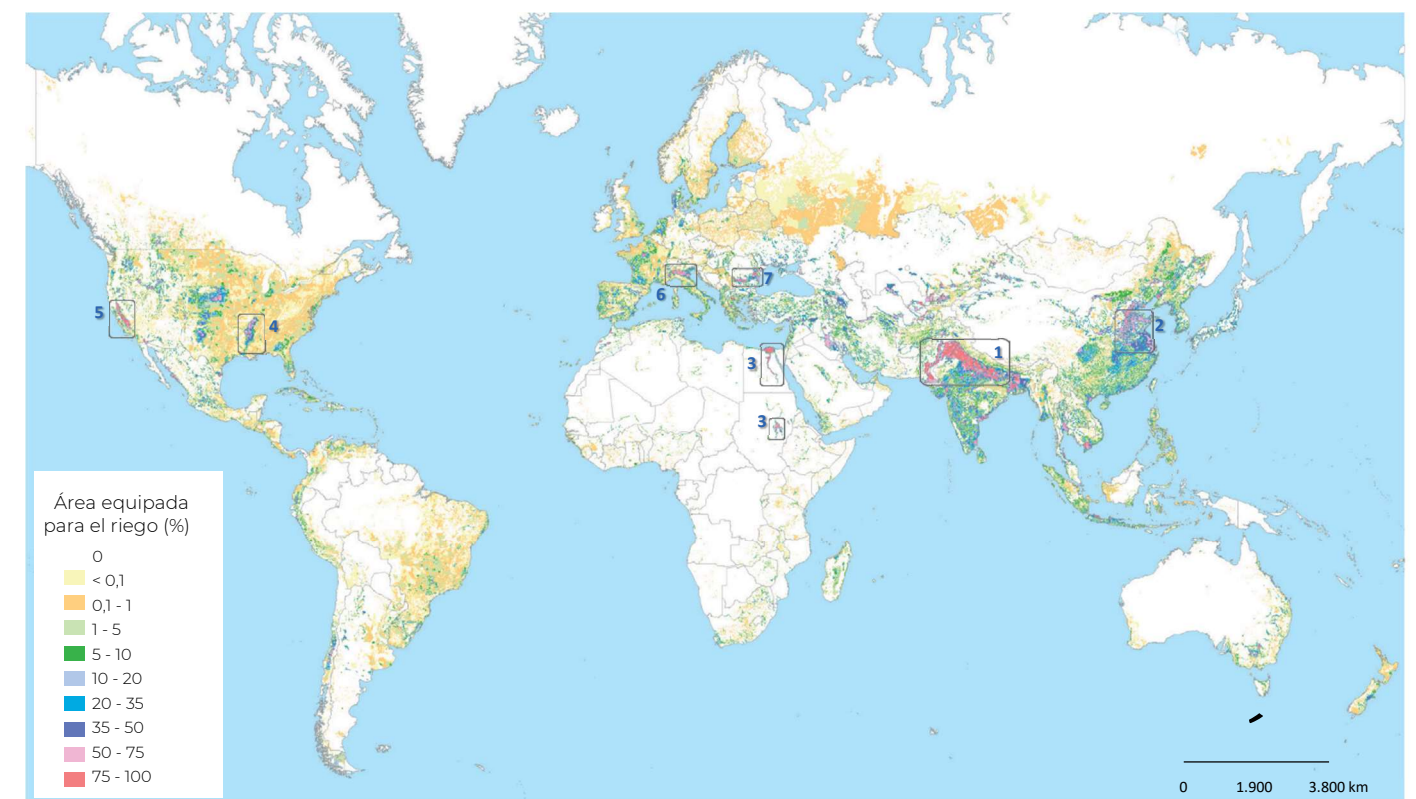
A pesar del protagonismo mundial, **el riego en nuestro país se considera modesto** en vista del potencial estatal, la superficie agrícola total, la extensión territorial y

al conjunto de factores físico-climáticos favorables, incluyendo una buena disponibilidad hídrica. Este panorama es el opuesto al observado en los otros países líderes en riego, ya que, en general, están más cerca del agotamiento de su potencial estimado.

Por otro lado, las series históricas demuestran que los aumentos anuales de la superficie de regadío en Brasil han sido fuertes y persistentes en las últimas décadas, intensificándose en los últimos años, lo que indica que el potencial se ha utilizado cada vez más.

Este creciente desarrollo de la agricultura irrigada en Brasil se debe a algunos factores clave, en particular: la expansión de la agricultura para regiones

Mapa Mundial de las Áreas de Regadío



Zonas de riego contiguas más grandes

1. Norte de la India y Pakistán a lo largo del río Ganges e Indo
2. En China, en las cuencas de los ríos Hal He, Huang y Yangtze
3. En Egipto y Sudán a lo largo de la cuenca del río Nilo
4. En la cuenca del río Mississippi-Missouri
5. En partes del estado de California (EUA)
6. En el norte de Italia, en la llanura del río Pó
7. A lo largo del curso inferior del río Danubio

Fuente: FAO (2013)

Distribución del área equipada para el riego por continente (en millones de hectáreas)

15,6	África
36,1	América del Norte y Central
16,0	América del Sur
232,7	Asia
21,4	Europa
3,3	Oceanía

con un clima desfavorable (en parte o en todo el año); estímulos gubernamentales al desarrollo regional; y beneficios observados en la práctica con buena disponibilidad de financiamiento.

Entre los potenciales **beneficios del riego**, se pueden destacar: aumento en la productividad del orden de 2 a 3 veces en relación a la agricultura de secano; reducción en el costo unitario de producción; uso del suelo a lo largo del año con hasta tres cosechas por año; uso intensivo de máquinas, implementos y mano de obra; aplicación de agroquímicos y fertilizantes a través del mismo equipo de riego (quimigación); aumento en el suministro y regularidad de alimentos y otros productos agrícolas; reducción del factor de estacionalidad climática y riesgos de producción asociados; precios más favorables para el productor rural; mayor calidad y estandarización de productos agrícolas; apertura de nuevos mercados, incluso en el exterior; producción de semillas y cultivos nobles; aumento en el ingreso del productor rural; regularidad en la oferta de empleos; modernización de los sistemas de producción, estimulando la introducción de nuevas tecnologías; siembra cero con semillas seleccionadas; y mayor viabilidad para la creación de polos agroindustriales (ANA & Embrapa, 2019).

Así como la agricultura en general, la agricultura irrigada brasileña es bastante **dinámica y diversificada**. En las concesiones de derechos de uso de recursos hídricos emitidas por la ANA en ríos bajo el dominio de la Unión, por ejemplo, existen registros de 70 cultivos de regadío diferentes, asociados a diferentes métodos/ sistemas, tamaños, gestiones y regiones.

A pesar de la diversidad, es posible extraer algunos **estándares a gran escala** entre métodos/sistemas y cultivos, tales como: la fuerte correlación entre la inmunización y el arroz; entre el goteo y el café y el cultivo de frutas; entre la aspersión con carretes (*hidro roll*) y la caña de azúcar; y entre los pivotes centrales y la producción de algodón y granos, especialmente frijoles, maíz y soja.

Si bien reconocemos todos los beneficios relacionados con la irrigación, todavía existen dificultades para disminuir su importancia en la cantidad producida actualmente y su **papel en la seguridad alimentaria y nutricional** de la población brasileña debido a la falta de datos o la imposibilidad de desagregación en relación con la agricultura en general (datos promedio que incluyen los de secano).

Indicadores de productividad para arroz, frijoles y trigo – granos importantes presentes en el hábito alimenticio de Brasil – muestran que la producción predominantemente de regadío mostró, respectivamente, rendimientos 3,7, 2,0 y 1,9 veces superiores a la producción de secano (media 2010-2019).

El tercer cultivo de frijoles ocurre en gran parte bajo riego, ya que el calendario coincide con períodos secos de las regiones productoras, iniciándose las primeras plantaciones en abril y cosechas hasta octubre (Conab, 2016). El cultivo se concentra en el oeste de Bahía, en Mato Grosso y en la región del Distrito Federal y los municipios vecinos de Goiás y Minas Gerais (regiones Cristalina/GO y Unai/MG). Con los altos rendimientos obtenidos del riego, frijoles

La 3ª cosecha alcanzó, en 2019, el 8,9% de la superficie total cosechada como el frijol en Brasil, pero representó el 22,6% de la cantidad producida (655,4 mil toneladas en 245,6 mil hectáreas).

La cantidad de frijoles que se producen actualmente es muy ajustada al consumo (Conab, 2016) – una preocupación que se puede minimizar con mayores estímulos a la producción de regadío.

El arroz brasileño ha mostrado menos destinación de área en los últimos años, con una disminución sistemática de las áreas de tierras secas, sin embargo, con un aumento constante de la productividad media, especialmente por la mayor proporción de cultivos de regadío. Así, se produjo una mejora en el paquete tecnológico utilizado, además de una mayor eficiencia en el uso del agua, dando como resultado una producción con valores relativamente estables, en una zona plantada más pequeña, reflejando mejores niveles de rendimiento de los cultivos.

En 2018, las áreas de secano alcanzaron el mínimo histórico con 482 mil hectáreas ocupadas, mientras que las áreas de riego se mantuvieron estabilizadas en los últimos años entre 1,3 y 1,4 millones de hectáreas. Con mejoras en la gestión del suelo, el agua y los insumos, el riego proporciona al arroz más del triple de la productividad observada en las zonas de tierras de secano.

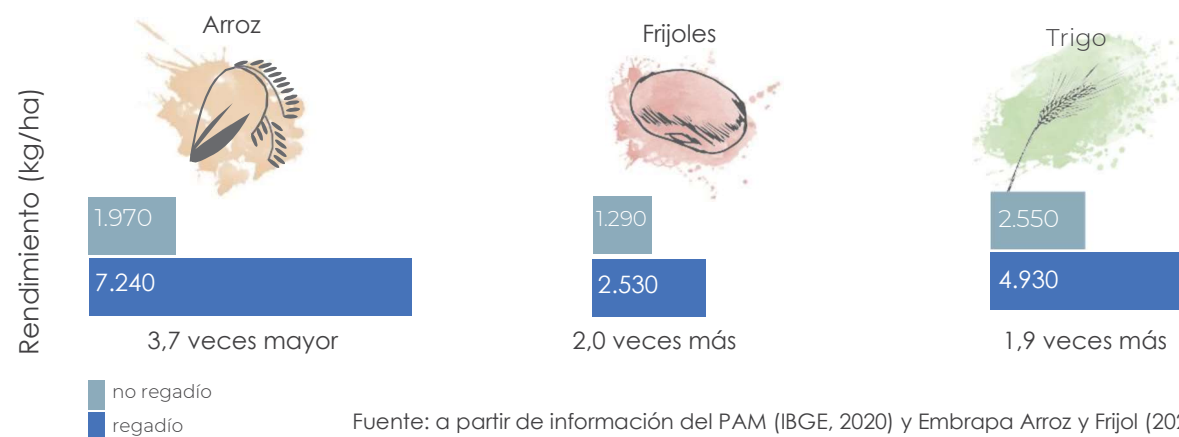
Con esto, el secano representa el 25% de la superficie, pero sólo el 10% de la producción, mientras que el arroz de regadío concentra el 75% de la superficie total y el 90% de la producción.

Producción de arroz actualmente concentrada bajo riego en Santa Catarina y, principalmente, Río Grande do Sul, tiene buenas perspectivas de integración en otros estados que utilizan la siembra de riego, ya que se observa experiencias acumuladas e infraestructura (Conab, 2016), como en Goiás, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Maranhão, Piauí, Alagoas y Sergipe.

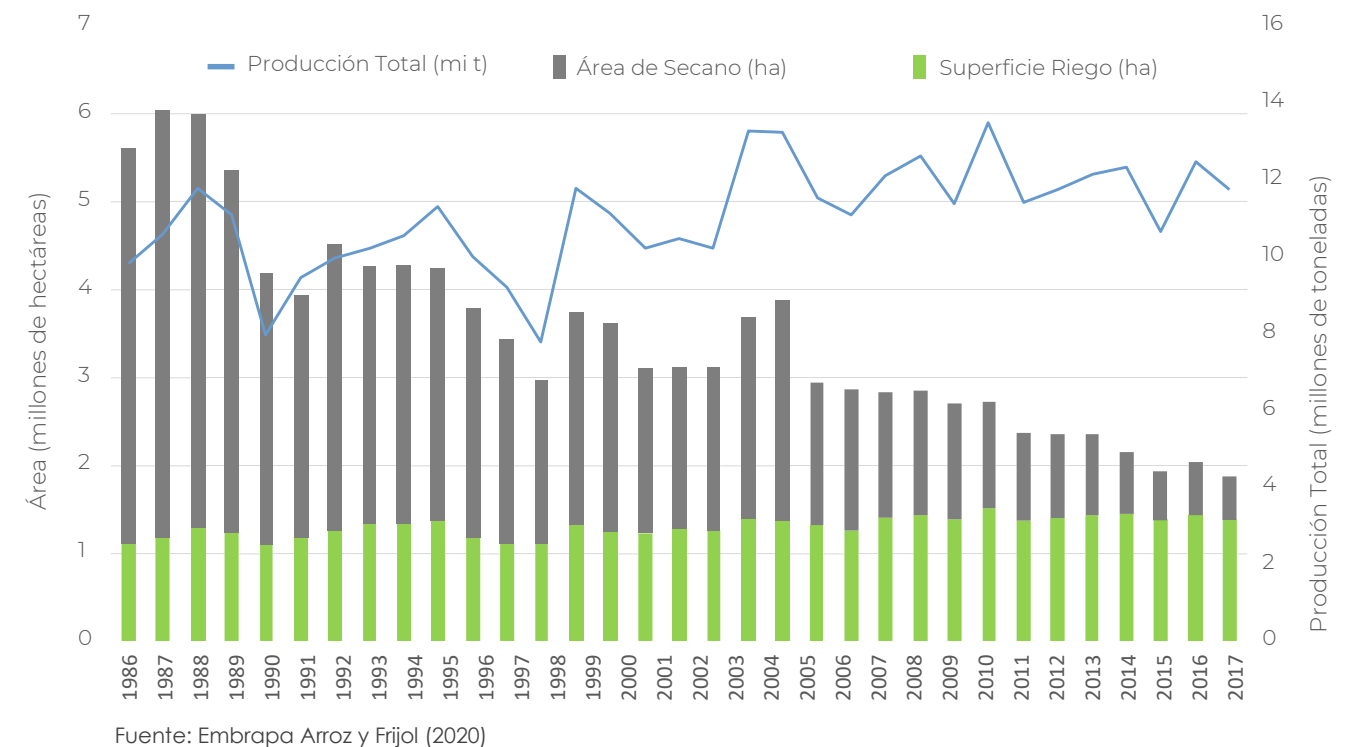
La soja y el maíz tienden a mostrar rendimientos excedentes similares bajo riego (2 a 3 veces más que los de secano). Incluso en el 1º período de cosecha, correspondiente a mejores condiciones climáticas para el desarrollo, el riego ha demostrado su viabilidad económica debido a las ganancias expresas de productividad y la minimización de riesgos climáticos y meteorológicos, como los veranos.

Además de los ejemplos destacados anteriormente, vale la pena recordar la relevancia de la agricultura de regadío en el suministro de otros alimentos para el mercado interno, como en la producción de café, tomates, pimientos, cebollas, papas, ajos, frutas y verduras en general, es decir, su importancia para la seguridad

Rendimiento en condiciones predominantemente de regadío y no regadío - Brasil



Evolución del área de arroz (regadío y secano) y producción total - Brasil



alimentación y nutrición de la población brasileña.

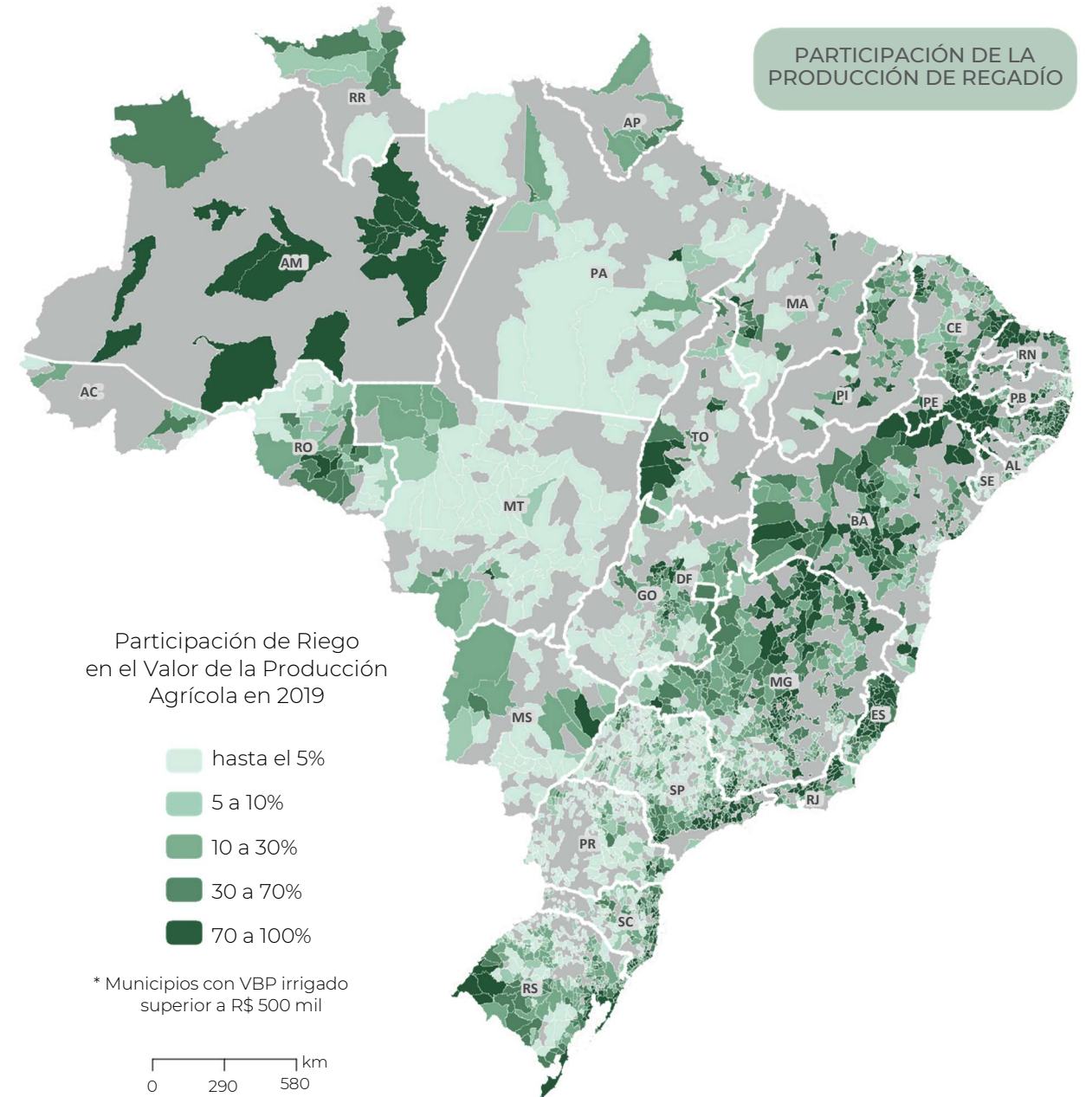
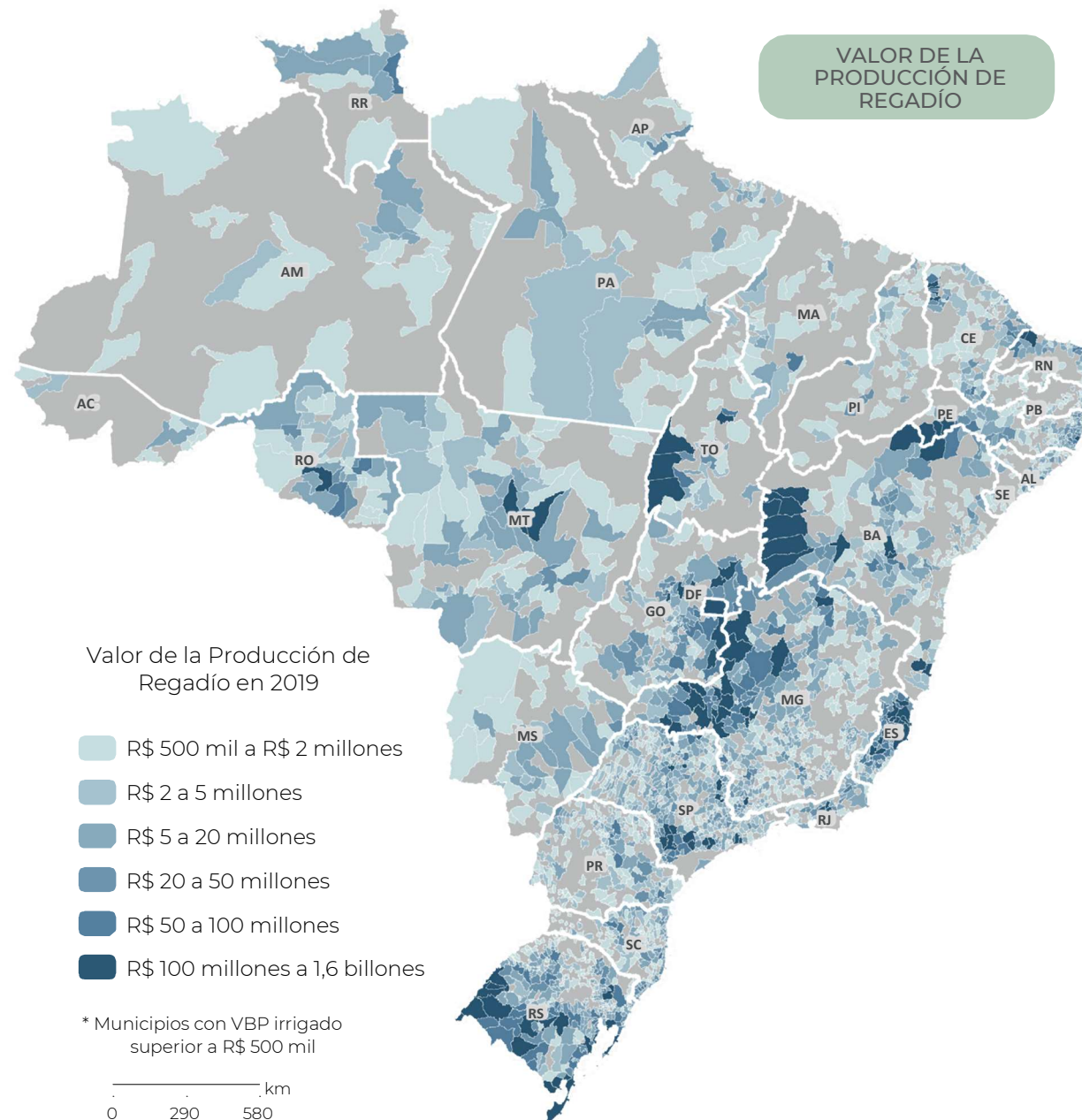
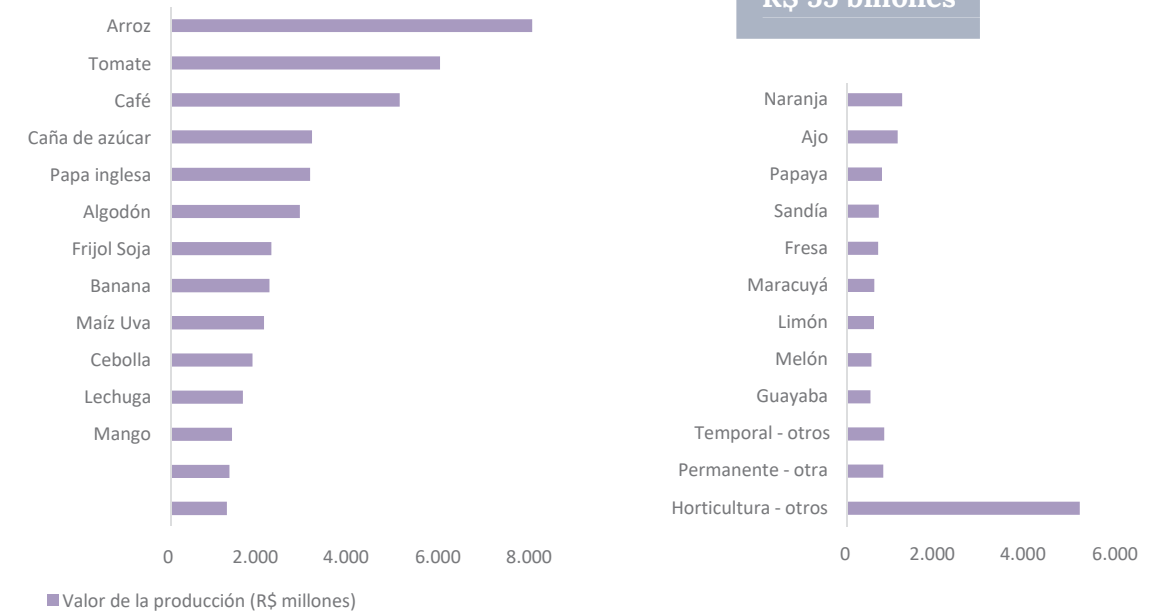
Estos otros cultivos tienden a añadir más valor que la producción de regadío de granos, que presentan valores absolutos expresivos en la cantidad producida y en el valor total, pero añaden menos valor a la economía (R\$ por hectárea o R\$ por m³ de agua) que los productos de regadío de la horticultura y el cultivo de frutas, por ejemplo.

El *Atlas* estimó el **valor de la producción de regadío** en Brasil a partir de microdatos de investigación agrícola proporcionados por IBGE (Censo Agropecuario y Levantamiento Sistemático de la Producción Agrícola - LSPA).

Se estima que entre el 7 y el 9% de la producción física de la agricultura se da en zonas de regadío, que suman entre el 13 y el 15% del valor de la producción por la posibilidad de producir más de un cultivo en el mismo lugar y año de cultivo; y por la producción de regadío que tiene mayor valor añadido (cultivos de mayor calidad y proporcionalmente más rentables). En 2019, el valor de la producción de regadío fue de **R\$ 55 billones**: 16 productos tenían un valor anual superior a R\$ 1 billón.

Granos como arroz, frijoles, maíz y soja, así como la caña de azúcar, destacan por la producción física, pero aportan menos valor a la economía por unidad de superficie (entre R\$ 4 y 7 mil por hectárea de regadío). El café y el

Valor de la producción de regadío - Brasil



algodón tiene áreas expresivas, pero más pequeñas que los cultivos antes mencionados, y suman en el orden de R\$ 11 a 13 mil por hectárea. Cultivos con menor superficie ocupada aparecen en el *ranking* de la economía de producción de regadío debido a sus mayores valores proporcionales: naranja y sandía (del orden de R\$ 17 a 19 mil/ha); banana y mango (del orden de R\$ 25 mil/ha); papaya, cebolla y papa (más de R\$ 40 mil/ha); ajo, tomate y uva (más de R\$ 100 mil/ha).

En proporción al valor total de la producción agrícola, el riego es aún más relevante en los polos de arroz y café; en los municipios aledaños a los grandes centros urbanos que les abastecen de productos hortícolas; y en el Semiárido donde la necesidad de riego es alta y hay una buena participación de productos de mayor valor unitario (R\$/ha o R\$/kg).

Esta es un primer panorama del valor de la producción irrigada. La estimación es conservadora en el sentido de que no fue posible, con los datos disponibles, capturar completamente el valor agregado, por ejemplo, por la posibilidad de una venta más favorable en tiempos de agricultura de secano fuera de temporada; o por la calidad superior de ciertos productos.

El riego en Brasil necesita más *estudios económicos* para revelar con mayor profundidad su importancia como sector de la economía (interno y de exportación) y en la interfaz con otros sectores, como el agronegocio. Es importante incluir indicadores relacionados con el uso del agua que subsidien los instrumentos de gestión y asignación negociada en situaciones de escasez (empleos, valor de producción, recolección y cantidad producida por m³ de agua, entre otros).

Proceso de Elaboración del Atlas

Este contexto de relevancia y desarrollo creciente y persistente en las últimas décadas ha sido aceptado en Brasil en los últimos 15 años, incluso frente a períodos inestables y negativos en la economía brasileña y mundial.

El monitoreo y la consolidación de una base técnica común siguen siendo un desafío importante para la agricultura de regadío y las políticas públicas. El Atlas Riego busca cubrir estas brechas presentando

una retrospectiva y un panorama actual de la agricultura de riego brasileña, así como una visión del futuro y formas de fortalecer la seguridad hídrica.

El *Atlas Riego* se preparó entre 2018 y 2020 en base a una planificación de etapas y estrategias de ejecución descritas en 2017. Se definieron actividades y asociaciones que se estaban elaborando de manera paralela o integrada, según la naturaleza del tema. Este proceso de elaboración se puede resumir en las siguientes macro actividades, que se detallarán en su metodología y resultados a lo largo del documento: áreas de riego, demanda hídrica, potencial de expansión y análisis integrado.

El mapeo de *áreas de riego* guía los otros análisis de Atlas y por lo tanto se aplica un gran esfuerzo en esta macroactividad. Con Compañía Nacional de Abastecimiento - *Conab*, se mapearon las áreas de arroz y café irrigados en los principales estados productores; con la Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria - *Embrapa*, se publicó la serie histórica de pivotes centrales (1985-2017, actualizada por la ANA para 2019); con el apoyo de *Agrosatélite* Geo tecnología Aplicada, se identificaron áreas de caña de azúcar irrigadas y fertirrigación y se construyeron herramientas para apoyar el mapeo de otras áreas de riego difuso en el semiárido; *ANA* realizó mapeos complementarios en perímetros públicos y otras tipologías que están fuera de los estándares mencionados anteriormente, y que se concentran en el Nordeste y otros polos específicos (especialmente frutas y hortalizas); datos auxiliares del Censo Agropecuario 2017 del *IBGE* complementaron el panorama de las áreas de riego en Brasil.

La conversión de áreas irrigadas en *demanda hídrica* se basa en la estimación del saldo en las áreas de riego, como lo hace el irrigante en su propiedad. Este cálculo requiere de un conjunto de información y parámetros adicionales sobre cronogramas de siembra/cosecha, duración de ciclos, coeficientes de cultivo y datos climáticos, entre otros. Esta etapa se basó en los conocimientos adquiridos y publicados por ANA en el Manual de Usos Consuntivos del Agua en Brasil y en los Coeficientes Técnicos de Uso del Agua para la Agricultura Irrigada. También contó con la colaboración de la Universidad Federal de Paraná - *UFPR* en la actualización y consistencia de las bases de datos de potencial evapotranspiración y lluvia.

El *potencial de expansión* de la agricultura de regadío, en superficie y en el uso del agua, es otro bloque central en el Atlas y en la planificación del sector en su conjunto. En asociación con el *MIDR* y *ESALQ/USP*, con el apoyo de la *FAO*, se actualizaron las estimaciones de área irrigable adicional en el territorio brasileño, seguido de un esfuerzo para convertir las áreas en demanda y proyectar este desarrollo potencial en el tiempo de planificación adoptado (2040).

En el *análisis integrado*, buscamos consolidar los pasos anteriores en sus indicadores más relevantes como subsidio para la planificación y las tomas de

decisión. En esta actividad también hay un esfuerzo por comunicación y suministro de información adicional y contenido interactivo en SNIRH, lo que hace que el contenido del Atlas sea más amplio que la propia publicación.

Los resultados del Atlas y el diálogo establecido con el sector en los últimos años también han consolidado *contribuciones a la planificación e implementación de políticas públicas*, en particular la implementación de Políticas Nacionales (Agricultura, Riego y Recursos Hídricos).

Macroactividades y asociaciones en la preparación del sistema del Atlas Riego



Estudios e instrumentos para la Agricultura Irrigada

Las iniciativas para ampliar el conocimiento sobre la agricultura irrigada en su interfaz con los recursos hídricos, es decir, en áreas y cultivos de regadío y su reflexión sobre la demanda de agua y el balance hídrico actual y futuro, dio como resultado una base técnica actualizada, sintetizada en el Atlas. La continuidad de estos esfuerzos debe ayudar a reconocer la importancia del riego en la expansión y sostenibilidad de la producción agrícola, así como los estímulos específicos y diferenciados que el sector necesita en relación con otros productores.

Todos los caminos hacia la seguridad hídrica de riego requieren información actualizada, sistematizada y accesible para los usuarios y los responsables de la toma de decisiones.

Dada la complejidad, la continua expansión y el carácter difuso y dinámico del riego brasileño, la búsqueda de datos debe ocurrir en diferentes frentes de trabajo, con diferentes metodologías y frecuencias. Los levantamientos sistemáticos subjetivos y los levantamientos basados en geotecnologías (sensor remoto) se configuran como experiencias protectoras, que deben integrarse y ampliarse.

Además de estos grupos, la importancia de los **levantamientos de campo**. La definición de redes de muestras en los polos de agricultura irrigada aportaría beneficios significativos en la calidad de la información y en la validación de los datos obtenidos en estudios subjetivos y por las geotecnologías. La eficiencia del uso del agua (o eficiencia de riego), entendida como la relación entre el volumen de agua requerido por las plantas y el volumen capturado en los cuerpos hídricos (pérdidas), está correlacionada con el sistema de riego adoptado, pero está altamente influenciada por las prácticas locales de manejo y uso del agua y el suelo. De esta manera, es un ejemplo importante de un parámetro que se debe monitorear en los levantamientos de campo.

Los **levantamientos sistemáticos** relacionadas con la agricultura brasileña son fundamentales para el conocimiento de la realidad actual y las tendencias de expansión, siendo esenciales para la planificación general, para la promoción del crédito y para la predicción y el seguimiento de las cosechas. En general, estos levantamientos utilizan una red de informantes para recopilar datos (metodología subjetiva), aunque pueden estar respaldadas por información obtenida por métodos directos, como los mapeos. El Levantamiento Sistemático de Producción Agrícola – LSPA, la encuesta Producción Agrícola Municipal – PAM y los Censos Agropecuarios son ejemplos de este tipo de levantamientos.

Además de estos levantamientos nacionales, cabe destacar la existencia de registros administrativos en los organismos estatales, las asociaciones de agricultores y las instituciones responsables de los proyectos públicos (en particular, DNOCS, Codevasf y MIDR). La mayor parte de esta información es utilizada internamente por las instituciones, o se pone a disposición de manera dispersa o restringida. Lo mismo se aplica a numerosas investigaciones de sistematización científica y académica que no alcanzan niveles de consolidación y difusión aplicables a la gestión.

En este sentido, para avanzar en la producción de datos sobre el riego brasileño, se debe dar prioridad a la intervención o adaptación de los levantamientos existentes en instituciones como IBGE y CONAB, además de la consolidación de datos dispersos en otras instituciones, para ampliar los datos sistemáticos sobre la agricultura de regadío. De esta manera, es posible aprovechar

las redes de recolección y el conocimiento ya existente, optimizando la aplicación de los recursos.

Se debe mejorar la frecuencia y el nivel de detalle de los levantamientos subjetivos sistemáticos, pero se propone mucho más a un retrato periódico de la agricultura que a su seguimiento con el nivel necesario de detalle espacial y temporal.

El **monitoreo remoto**, asociada a otras **geotecnologías**, permite aumentar la escala de los levantamientos relacionados con la agricultura irrigada. La interpretación visual o automatizada de las imágenes satelitales para la identificación de áreas de riego y las estimaciones directas del consumo de agua por riego pueden destacarse como aquellas con el mayor potencial de desarrollo para su aplicación en los polos de riego brasileños.

La interpretación visual de imágenes de satélite permanece como una importante herramienta de levantamiento de datos sobre la agricultura irrigada. Con la gran oferta de imágenes (históricas y actuales), muchas de ellas libres y preprocesadas, es posible establecer criterios objetivos para la identificación de áreas de riego y reservorios asociados. Este método ha sido utilizado por ANA y Embrapa en el monitoreo de pivotes centrales de riego en el territorio nacional (ANA, 2019); y por ANA y Conab en el mapeo de arroz y café irrigados (ANA, 2020).

La interpretación visual es más factible en regiones donde: (a) los sistemas de riego predominan con geometrías bien definidas, como pivotes centrales; (b) la agricultura solo es viable a través del riego (total o en una determinada época del año), como en el Semiárido brasileño; o (c) existe un conocimiento profundo de la realidad del campo o la posibilidad de validación in loco. El principal esfuerzo es determinar los mejores tipos de imágenes, las mejores composiciones de bandas de imágenes, el período más apropiado del año, el procesamiento adicional requerido y otros datos auxiliares (como modelos digitales del terreno, datos del censo e índices de vegetación). La capacitación de analistas es también un factor clave en el proceso.

La identificación de ciertos tipos de riego exige el análisis de series temporales de imágenes satelitales en grandes áreas, lo que solo es factible con la aplicación de procesos automatizados o semiautomatizados.

Serie de índices de vegetación (IV) – un tipo de producto disponible a partir del procesamiento de imágenes satelitales – han sido importantes para la identificación de cultivos agrícolas y cambios en el uso de la tierra. El índice de vegetación más conocido es el NDVI, que oscila entre -1 y +1, con los valores más bajos que indican poca o ninguna biomasa (vegetación), mientras que los valores más altos indican una mayor presencia de biomasa verde. Del análisis de IVs en el tiempo es posible extraer patrones que caracterizan a una cultura o grupo de culturas en particular, o incluso dinámicas determinadas de uso de la tierra (cambio de una cultura a otra, por ejemplo). Al transformar los estándares en rutinas de programación y procesamiento de una serie de imágenes, este tipo de mapeo se puede realizar a gran escala. Esta técnica se aplicó en el mapeo de la **Caña de Azúcar Irrigada y Fertilirrigada en Brasil** (ANA, 2020), que fue una evolución del Levantamiento de la Caña de Azúcar Irrigada en la Región Centro-Sur de Brasil (ANA, 2017). También se aplicó en la evaluación de metodologías de mapeo para otras áreas de riego en polos de riego (ANA, 2020), con resultados prometedores especialmente en la Región Semiárida.

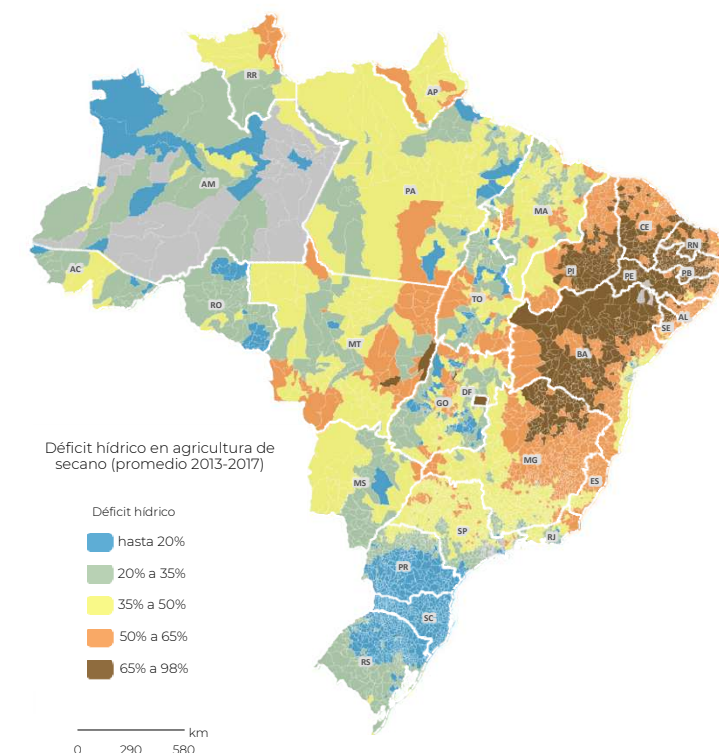
Los datos de teledetección también pueden ser utilizados para la estimación directa del consumo de agua por parte de la agricultura irrigada. Una forma es estimando la evapotranspiración real (ET_r), es decir, la cantidad de agua que se evapora del suelo y es transpirada por la vegetación, en conjunto. La ET_r es útil para estimar el agua utilizada por las plantas, sin diferenciar las contribuciones proporcionales de diferentes fuentes. Con datos medidos o estimados de lo que se complementa con fuentes naturales (lluvia, suelo), es posible estimar la parcela aplicada artificialmente (riego). Recientemente, ANA lanzó la **aplicación SSEBop-BR** (Operational Simplified Surface Energy Balance), desarrollada en asociación con USGS (United States Geological Survey), disponible en SNIRH y que permite la estimación de

ET_r en cualquier lugar del territorio nacional, desde 1985 hasta el último periodo disponible de imágenes Landsat (en general, hace unos días). El trabajo está documentado en la publicación **Estimativas de Evapotranspiración Real por Monitoreo Remoto en Brasil** (ANA, 2020).

Todavía relacionado con las estimaciones del uso del agua, la ANA lanzó en 2019 los **Coeeficientes Técnicos de Uso del Agua para la Agricultura Irrigada**, los cuales presentan valores de referencia de gran relevancia para la planificación y gestión del riego, incluyendo como apoyo para el otorgamiento y dimensionamiento de proyectos y estudios. Los indicadores de uso del agua – mensualmente, por cultivo y municipio – son el resultado de millones de simulaciones con datos climáticos y parámetros técnicos detallados a lo largo del estudio. Los resultados son accesibles a través de un panel interactivo de indicadores en el portal SNIRH.

Lanzado en colaboración con el IBGE, el estudio sobre el **Uso de Agua en la Agricultura de Secano en Brasil** (2013-2017) (ANA & IBGE, 2020) cuantificó el uso de agua verde (del medio ambiente) por parte de la agricultura brasileña y, en particular, el agua y los déficits consiguientes

Déficit en la Agricultura de Secano



riesgos para la producción que han surgido tanto del clima más desfavorable en el periodo analizado (en relación a promedios históricos) como la propia producción en áreas o en calendarios de mayor riesgo productivo. El monitoreo del agua verde y su relación con el agua azul (riego) resultó ser importante para la planificación agrícola al identificar áreas donde el potencial productivo se ha visto sistemáticamente afectado y el riego puede ser estimulado, el seguro rural reforzado o el crédito agrícola desalentado.

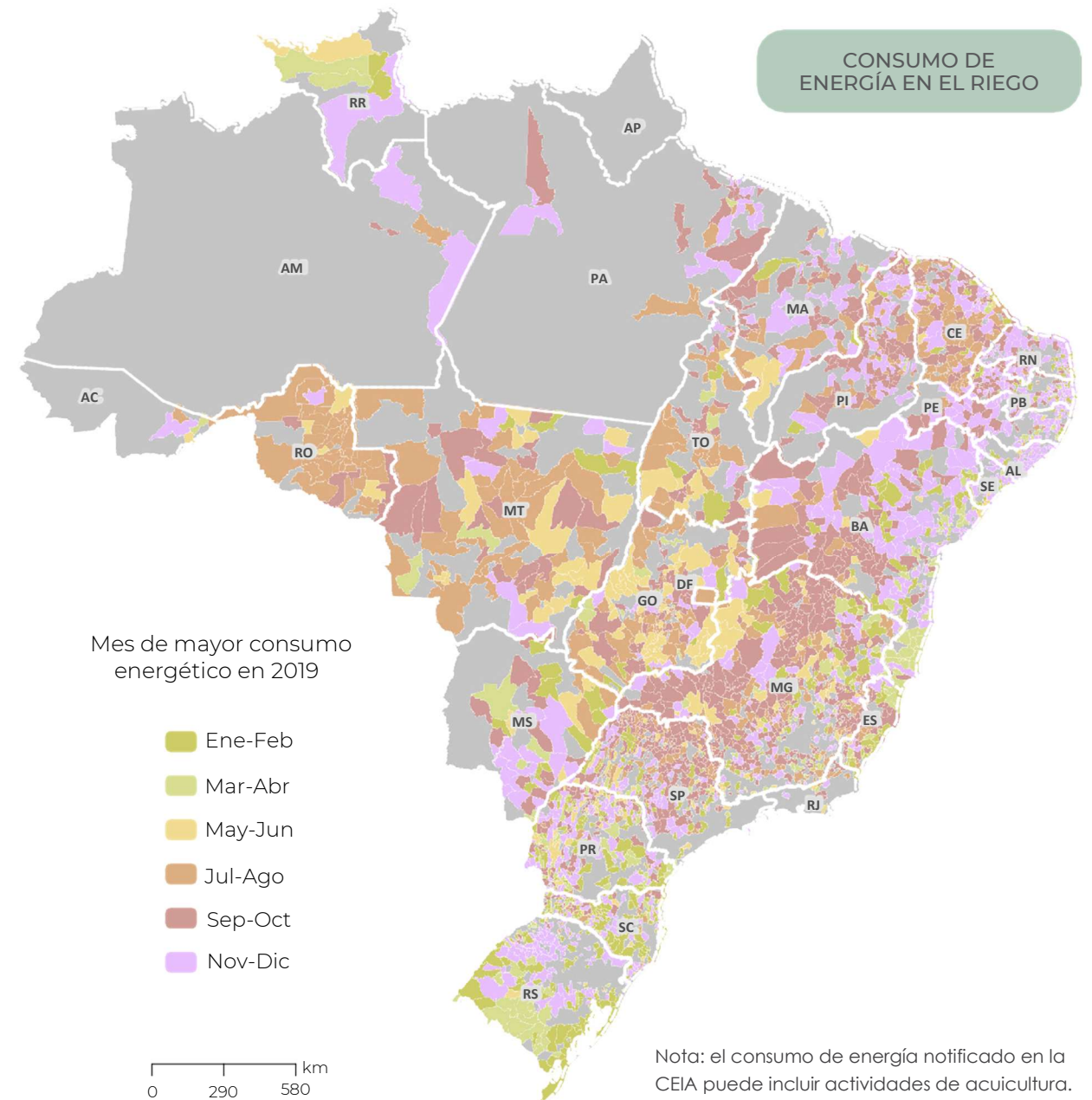
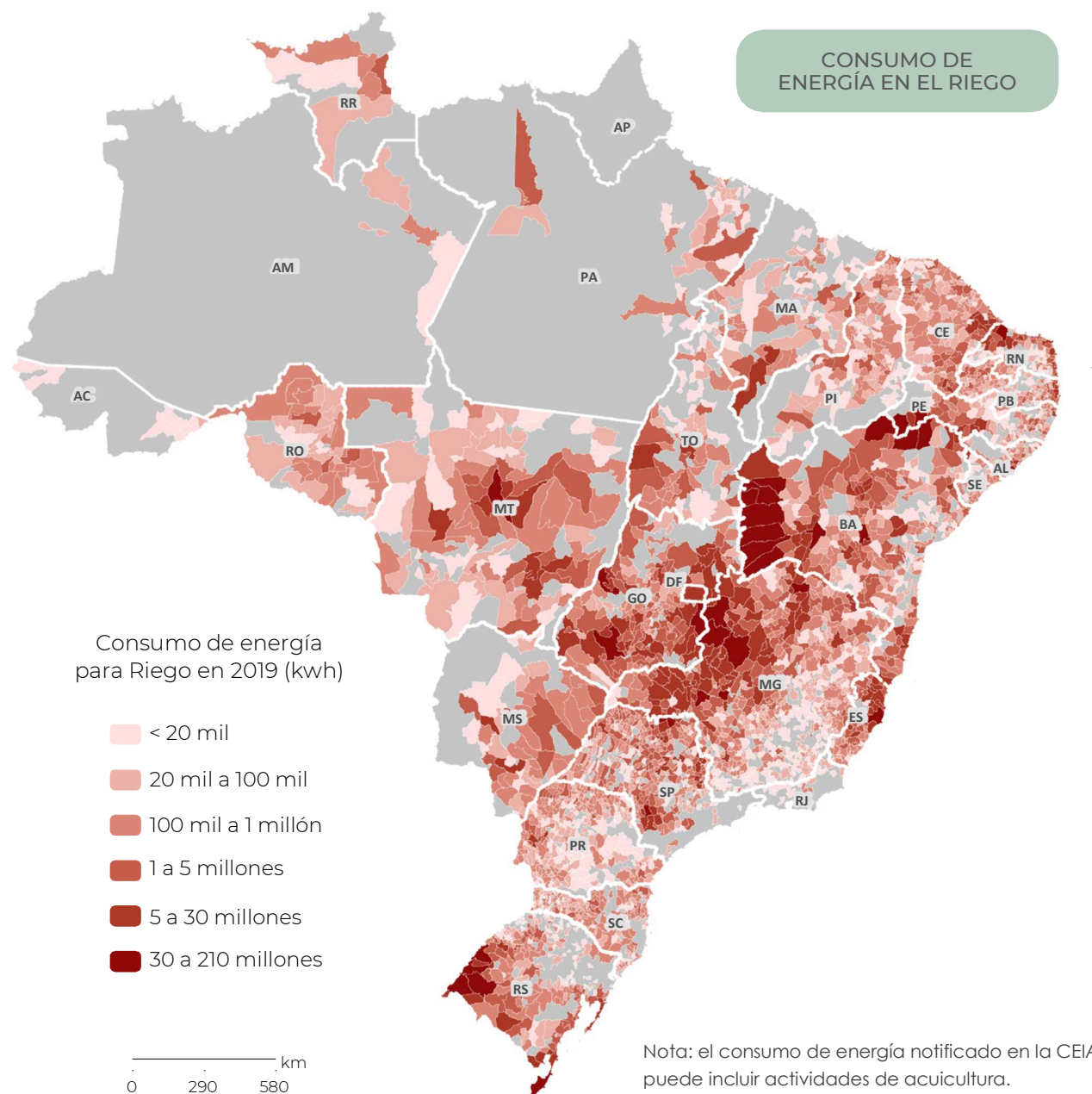
La ANA también ha hecho esfuerzos en el sentido

de monitorear el uso del agua a partir del **consumo de energía**. La mayor parte del agua extraída para riego utiliza electricidad y la legislación vigente garantiza al regante, en una actividad relacionada con la agricultura, un descuento especial sobre la tarifa (tarifa verde), que varía del 60% al 90%, aplicada para el periodo diario continuo de ocho horas y media, aprovechando el periodo nocturno de menor demanda en los sistemas de distribución.

Considerando el valor estratégico de la información de consumo de energía y su posibilidad de consumo de agua, editado por ANA y ANEEL

la Resolución Conjunta n° 05/2016 con el objetivo de mejorar la regulación tanto del agua como de la energía eléctrica. La Resolución establece las condiciones y procedimientos a ser observados por los distribuidores en la provisión de información de las unidades de consumo que desarrollen actividades de riego o acuicultura. Los datos están restringidos y deben ser utilizados por la ANA en el ejercicio de sus funciones, siendo de especial importancia en las actividades de planificación, regulación y fiscalización. Estos datos de consumo se utilizaron en el mapeo o enj la verificación de las áreas de regadío en el Atlas.

Finalmente, cabe recordar que el **Registro Ambiental Rural** (CAR) – creado por la Ley n° 12.651/2012, en el ámbito del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIMA) – está configurado en otra base de datos importante. Obligatorio para todas las propiedades rurales en Brasil, por lo tanto tendrá carácter censal, almacenando información georreferenciada sobre áreas de preservación permanente, reserva legal, remanentes de vegetación nativa y áreas consolidadas (agrícolas, por ejemplo).





Practicado desde las antiguas civilizaciones que se desarrollaron en regiones secas, el riego a gran escala es una práctica reciente en regiones con características físicas y climáticas más favorables para el desarrollo de la agricultura de secano, es decir, donde la cantidad y la distribución espacial y temporal de las precipitaciones son capaces de satisfacer satisfactoriamente las necesidades de agua de los cultivos.

En Brasil, el riego comenzó entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX en los cultivos de arroz de Rio Grande do Sul, habiéndose consolidado como un importante polo de riego desde entonces. El inicio de la operación del reservorio de Cadro en 1903, cuya construcción comenzó en 1881 (BRASIL, 2008), fue un hito importante en este proceso. Existe también la ocurrencia de iniciativas específicas de riego en la región semiárida en esta fase inicial, especialmente con la construcción de presas públicas de usos múltiples.

En 1960, Río Grande do Sul todavía concentraba el 57,2% de la superficie irrigada, que totalizaron 462 mil hectáreas, mientras que nuevos polos de riego surgieron y se consolidaron en São Paulo, Minas Gerais, Bahía y Santa Catarina. Estos estados representaron, respectivamente, el 12,3%, 10,3%, 4,9% y 4,5% del área total en 1960.

Impulsado por la expansión de la frontera agrícola a las regiones de características físico-climáticas menos favorables (totales o estacionales), debido a la mayor viabilidad económica del riego mecanizado y los mismos beneficios observados, el riego se intensificó en Brasil a partir de las décadas de 1970 y 1980.

Entre las iniciativas gubernamentales más importantes, se destacan las siguientes: la creación del Grupo Ejecutivo de Riego para el Desarrollo Agrícola – GEIDA (1968); el Programa Plurianual de Riego (1969); el Programa Nacional de Integración (1970); el Programa Nacional de Utilización Racional de las Llanuras de Riego – **PROVÁRZEAS** (1981), el Programa de Financiamiento de Equipos de Riego – **PROFIR** (1982), el Programa Nacional de Riego – **PRONI** (1986) y el Programa de Riego del Nordeste – **PROINE** (1986). En el Centro Oeste, uno de los programas más importantes fue el **PROCEDER** (Programa de Cooperación Japonés-Brasileño para el Desarrollo de los Cerrados), firmado en 1974 e implementado a partir de 1979.

El Departamento Nacional de Obras Contra la Sequía (**DNOCS**), creado en 1945¹, la Compañía de Desarrollo del Valle de São Francisco (**CODE-VASF**), creada en 1975, y la Superintendencia para el Desarrollo del Nordeste (**SUDENE**), creada en 1959, fueron algunas de las principales instituciones responsables de la implementación de las acciones enumeradas en los programas gubernamentales, a pesar de la gran relevancia de las instituciones financieras como

¹ El DNOCS se originó en la Inspección de Obras Contra la Sequía (IOCS), creada en 1909, llamada la Inspección Federal de Obras Contra las Sequías (IFOCs) en 1919.

2 HISTORIA DEL RIEGO EN BRASIL

Áreas de caña de azúcar en la región de Indiaporã (SP), cerca de la Rio Grande
Raylton Alves /Banco de Imágenes ANA

el Banco del Nordeste, creado en 1952, y recursos de acuerdos de préstamo con organismos internacionales.

Cabe señalar que esta fase de desarrollo iniciada en la década de 1980 con PRONI y PROINE estuvo marcado por una **división más clara de roles** entre la acción gubernamental y privada en el desarrollo de programas de riego (BRASIL, 2008), con protagonismo gubernamental en la ejecución de obras colectivas de uso común (como en proyectos públicos), infraestructura básica (transmisión y distribución de energía, macrodrenaje, logística) y apoyo (financiamiento, investigación, extensión). La iniciativa privada sería responsable de complementar las acciones gubernamentales y otras acciones para efectuar el riego en la escala de la propiedad. Esta división, así como el establecimiento de directrices y normas más claras y específicas, se produjo con la reglamentación de la Ley de Riego en 1984 (Decreto nº 89.496), cinco años después de su promulgación (Ley nº 6.662/1979).

Aunque las iniciativas gubernamentales no logren alcanzar plenamente los objetivos previstos, se ejecutaron varias obras colectivas de uso común e infraestructura básica, además de brindar apoyo legal, institucional, técnico y financiero, lo que impulsó la expansión de la actividad, especialmente en el estímulo del sector privado a través de infraestructura básica y financiamiento.

Las instituciones estatales también han sido muy importantes en el desarrollo de la agricultura irrigada, como por ejemplo de Rio Grande do Sul y São Paulo.

En Rio Grande do Sul, el trabajo del Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), transformado en autarquía estatal en 1940, es de reconocida importancia para el desarrollo de la ricultura irrigada, en conjunto con otras instituciones estatales. La operación de la Estación Experimental del Arroz en el municipio de Cachoeirinha desde 1939 es un símbolo de desempeño en la expansión y modernización de la actividad. Actualmente, IRGA también cuenta con otras estaciones y subestaciones experimentales.

En São Paulo, el Departamento de Aguas y Energía Eléctrica (DAEE) realizó una serie de estudios y

levantamientos desde 1972, teniendo como uno de los productos del Diagnóstico Básico para el Plan Estatal de Riego, que detectó la existencia de 4,5 millones de hectáreas (Mha) de tierras económicamente irrigables (São Paulo, 2000). El programa de implementación de Campos de Demostración de Riego (CDI) fue otra iniciativa de la DAEE, siendo la primera de las 13 CDI implementadas en Guaíra – una región que aún hoy es uno de los mayores centros de riego en Brasil.

Otros factores contribuyeron a la expansión del empleo del riego en el territorio de São Paulo, que también se ha convertido en un polo de difusión de la práctica a otras regiones, tales como: aparición en el Estado de fábricas de equipos de riego; mejora en el estándar del producto agrícola principalmente de frutas en general; alto valor de la tierra exigiendo su mejor uso; viabilidad de la producción de cultivos más nobles y de mayor valor comercial; anticipación o retraso de la cosecha, permitiendo mejores precios; estímulo debido a los buenos resultados obtenidos por los agricultores de vecinos irrigantes; conocimiento y difusión de la técnica de riego; aparición de equipos automatizados para riego en grandes áreas; y posibilidad de maximizar el uso de maquinaria e implementos agrícolas (São Paulo, 2000). Tales factores son comunes en la mayoría de los polos de riego brasileños.

La primera **Política Nacional de Riego de 1979**, aunque modificada sucesivamente directa o indirectamente por la posterior normativa², estuvo vigente hasta que se emitió la actual Política, que se tramitó durante unas dos décadas hasta su promulgación en enero de 2013 (Ley Federal nº 12.787/2013). Sin embargo, hasta ahora se ha avanzado poco en la regulación de las disposiciones de la nueva política.

El retraso de un marco jurídico para el sector en en las últimas décadas pueden señalarse como un obstáculo importante para su desarrollo, especialmente con respecto a la inversión privada a largo plazo, es decir, el papel del propio Estado como inductor y no centralizador del desarrollo.

² Decretos nº: 90.309/1984, 90.991/1985, 93.484/1984, y 2.178/1997; Constitución Federal de 1988; Política Nacional de Recursos Hídricos (Ley nº 9.433/1997) (Brasil, 2008).
³ Proyecto de Ley nº 295/1995, transformado posteriormente en el proyecto de ley nº 6.381/2005.

Marcos históricos para el desarrollo de la agricultura de regadío en Brasil

AÑO	MARCO
1903	Inicio de operación del reservorio Cadro para riego de arroz en Rio Grande do Sul
1909	Creación de la Inspección de Obras contra las Sequías (IOCS), llamada Inspección Federal de Obras Contra las Sequías (IFOCS) en 1919. Transformado en DNOCS en 1945
1926	Creación del Sindicato del Arroz de Rio Grande do Sul. Originó el IRGA en 1940
1934	Aprobación del Código del Aguas (Decreto Federal nº 24.643/1934)
1940	Creación del Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA)
1945	Creación del Departamento Nacional de Obras Contra las Sequías (DNOCS)
1948	Creación de la Comisión del Valle de São Francisco, llamada Superintendencia del Valle de São Francisco en 1967. Transformado en CODEVASF en 1975
1952	Creación del Banco do Nordeste
1959	Creación de la Superintendencia para el Desarrollo del Nordeste (SUDENE)
1968	Establecimiento del Grupo Ejecutivo de Riego para el Desarrollo Agrícola (GEIDA) en el Ministerio del Interior
1969	Creación del Programa Plurianual de Riego (PPI)
1970	Creación del Programa de Integración Nacional (PIN)
1975	Creación de la Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF ¹)
1979	Aprobación de la primera Política Nacional de Riego (Ley Federal nº 6.662/1979)
1979	Inicio de la implementación del Programa de Cooperación Japonés-Brasileño para el Desarrollo de los Cerrados (PRODECER)
1981	Creación del Programa Nacional de Aprovechamiento Racional de Cuencas Irrigables (PROVÁRZEAS)
1982	Estableció el Programa de Financiamiento de Equipos de Riego (PROFIR)
1986	Creó el Programa Nacional de Riego (PRONI) y el Programa de Riego del Nordeste (PROINE)
1988	Se promulgó la Constitución de la República Federativa del Brasil, que trata de algunos artículos sobre el uso de los recursos hídricos y el riego
1997	Promulgación de la Ley de Aguas (Ley Federal nº 9.433/1997) – establecimiento de la Política Nacional de Recursos Hídricos
2000	Creación de la Agencia Nacional de Aguas Y Saneamiento (ANA) – Ley Federal nº 9.984/2000
2001	Se aprobó la Resolución CONAMA 284, del 30/08/01, que prevé la licencia ambiental de proyectos de riego
2008	Creado el Foro Permanente para el Desarrollo de la Agricultura Irrigada por la Ordenanza nº 1.869/2008, por el Ministro de Estado para la Integración Nacional
2013	Se promulgó la nueva Política Nacional de Riego (Ley Federal nº 12.787/2013). Poco progreso en la regulación de dispositivos

¹Nota: Actualmente, el área de operación de Codevasf cubre varias cuencas hidrográficas, siendo las mayores las de los ríos São Francisco, Parnaíba y Tocantins-Araguaia. Incluye todos los estados del Nordeste, Amapá y Tocantins; y parcialmente Pará, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal y Minas Gerais. Codevasf es el operador federal del Proyecto de Integración del Río São Francisco con las Cuencas Hidrográficas del Nordeste (PISF).

Más recientemente, como parte integrante de la implementación de la Política Nacional de Riego y el incentivo al desarrollo regional, el Ministerio de Integración y Desarrollo Regional (MIDR) lanzó **la iniciativa Polos de Agricultura Irrigada** (Ordenanza MIDR n° 2.154/2020). La iniciativa es una estrategia para aprovechar la actividad a partir de un trabajo conjunto entre las organizaciones de productores rurales de riego y las diversas esferas de gobierno, buscando soluciones integradas para los principales factores limitantes del desarrollo de la actividad en estas regiones.

Entre la promulgación de las Políticas de Riego (1979 y 2013), destacamos, en 1997, la institución de la **Política Nacional de Recursos Hídricos** – PNRH (Ley N° 9.433/1997), conocida como **Ley de Aguas**. El PNRH tiene, entre otros objetivos, asegurar el agua de las generaciones actuales y futuras en cantidad y calidad, así como su uso racional e integrado. Los instrumentos PNRH son los planes de recursos hídricos, la clasificación de los cuerpos de agua en clases, el cargo por uso, el sistema de información y la concesión del derecho de uso de los recursos hídricos. La **ANA** es la entidad federal que implementa el PNRH.

La actual Política Nacional de Riego busca, en varios de sus aspectos, su compatibilidad con el PNRH, como en la determinación de que los Planes de Riego se elaboren de acuerdo con los Planes de Recursos Hídricos.

A pesar de las limitaciones legales e institucionales, el fomento de crédito de riego continuó en los últimos años, en particular a través de programas gubernamentales de desarrollo regional o los Planes Agrícolas y Ganaderos – PAP. En 2019, el Banco Central registró 28.870 contratos de crédito para riego, por un total de R\$ 806,6 millones.

Las inversiones de riego en los **Planes Agrícolas y Pecuarios** – PAP, lanzadas anualmente desde la cosecha 2000/2001, fueron centralizadas más recientemente como parte del Programa de Incentivos de Riego y Almacenamiento (Moderinfra). El programa financia hasta el 100% de los artículos, que incluyen todos los relacionados con los sistemas de riego, incluida la infraestructura eléctrica, la reserva de agua y los equipos para monitorear la humedad del suelo.

Las condiciones de financiación del riego varían anualmente con el PAP, pero presentan una tendencia creciente en la aportación de recursos. Actualmente, las tasas de interés son de hasta el 6% anual, con un límite de R\$ 3,3 millones (crédito individual) o R\$ 9,9 millones (crédito colectivo) y un plazo de hasta 10 años (con hasta tres años de período de gracia). R\$ 1,05 billones fueron programados en Moderinfra 2020/2021. Las operaciones se realizan a través de instituciones financieras acreditadas.

Como ejecutores de políticas de crédito y de seguro agrícola, cabe destacar la participación de los bancos públicos, especialmente el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social – BNDES, que pone recursos a disposición de otras instituciones financieras, a interés subsidiado; Banco do Brasil S/A – BB, que es el principal operador de líneas de crédito para inversiones y costos en la agricultura de regadío, además de la seguridad rural y la operación exclusiva de los recursos del Fondo Constitucional para el Financiamiento del Centro Oeste (FCO); Banco do Nordeste do Brasil – BNB, que es el principal operador de crédito y seguros agrícolas en la región, operando y administrando el Fondo Constitucional para el Financiamiento del Nordeste (FNE); y Banco da Amazônia S/A – BASA, que es la principal institución financiera para la promoción de la Amazonía y opera exclusivamente los recursos del Fondo Constitucional para el Financiamiento del Norte (FNO), teniendo importancia crucial en la financiación de nuevos proyectos de riego en los Estados de Mato Grosso y Tocantins – fronteras importantes para la expansión de la agricultura de regadío.

En el ámbito del desarrollo regional, la BNB que administra exclusivamente el mayor fondo constitucional de financiamiento del País (FNE⁴), creado por la Constitución de 1988. El Programa de Financiamiento de Infraestructura Complementario – FNE Proinfra es amplio, proporcionando recursos para saneamiento básico, transporte y logística incluso para la generación y distribución de electricidad y obras de suministro de agua para riego. El Programa de Financiamiento de la Agricultura de Riego – FNE El riego es aún más amplio, el financiamiento de estudios ambientales y proyectos de riego básico/ejecutivo a la viabilidad del proyecto y la asistencia técnica⁴. La proyección

⁴ Más información: <https://www.bnb.gov.br/fne>

de financiación del FNE Riego 2020 es de R\$ 567 millones – con un plazo de hasta 20 años (y hasta cinco años de período de gracia).

A pesar de los programas y de las diferentes instituciones implicada, la demanda por parte de los regantes de líneas de financiación y seguros agrícolas que tengan en cuenta las especificidades de la agricultura de regadío aún no ha sido atendida satisfactoriamente. Las ventajas derivadas del uso del riego (cambios y/o reducción de estacionales de producción y reducción de impactos negativos de la variabilidad climática) aún no se consideran plenamente a los efectos de definir los tiempos de liberación de financiamiento para el costeo de cultivos ni en el cálculo de riesgos de los seguros agrícolas, que obedecen principalmente al calendario y criterios de cultivos de secano.

Fruto de la anterior coyuntura histórica sintetizada anteriormente, los datos periódicos del Censo Agropecuario realizado por el IBGE (1960-2017) registran el fuerte crecimiento de la actividad. La superficie de regadío ha crecido a un ritmo medio de más del 4% anual desde la década de 1960. A partir de 462 mil hectáreas en 1960, la marca de 1 millón de hectáreas fue

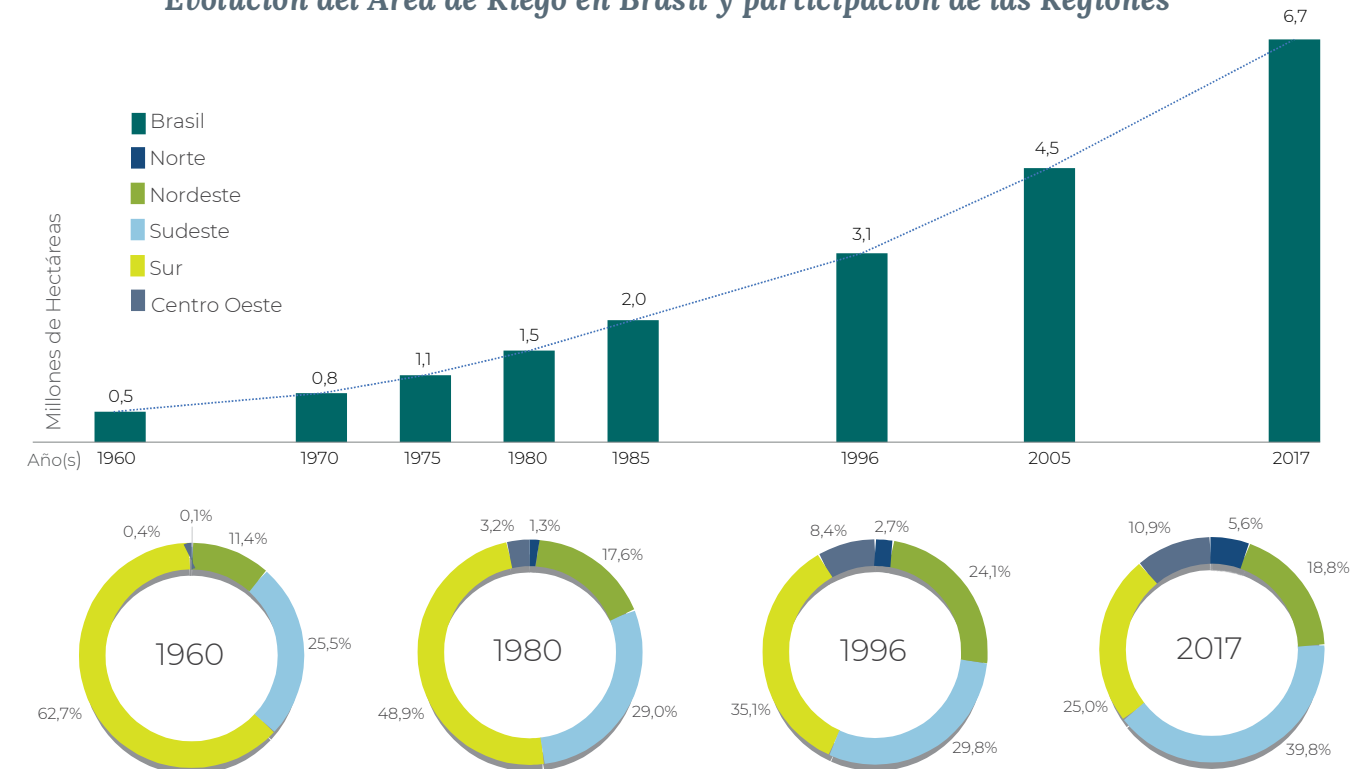
superado en la década de 1970. En la década de 1990, se superaron los 3 millones de hectáreas y se equiparon para el riego. En 2017, el IBGE registró 6,7 millones de hectáreas de regadío.

Como se señaló anteriormente, el riego se ha intensificado en Brasil a partir de las décadas de 1970 y 1980 debido a la expansión de la agricultura a regiones con características físicas y climáticas menos favorables (totales o estacionales), las políticas de desarrollo regional y los beneficios observados en la práctica. Antes de este periodo, el único polo de riego a gran escala estaba en Rio Grande do Sul para la producción de arroz.

Aunque todas las Unidades de la Federación, y consecuentemente todas las regiones han expandido sus áreas de riego en las últimas décadas, se observa que los aumentos son más significativos en São Paulo, Minas Gerais, Tocantins y Bahía, además del propio Rio Grande do Sul y, más recientemente, en Goiás.

La región Norte continúa siendo una región de bajo desarrollo de la agricultura irrigada, con un aumento no muy expresivos. Tocantins es la excepción,

Evolución del Área de Riego en Brasil y participación de las Regiones



Fuente: Censos agropecuarios (IBGE, 1960-2017)

ya que hubo inversiones significativas en perímetros públicos y áreas privadas en los últimos 30 años, superando la marca de 120 mil hectáreas regadas y aumentando la participación de la región al 5,6% en 2017.

El Nordeste, a su vez, experimentó un acelerado proceso de incorporación de áreas irrigadas a partir de la década de 1980, como resultado de las inversiones en perímetros públicos y otras infraestructuras hídricas que impulsaron el sector privado. En 2006, la región superó 1 Mha irrigados. En la última década, con la excepción de Bahía, se ha producido la relativa estabilidad o retracción de áreas, consecuencia de la reducción de las inversiones para ampliar la infraestructura hídrica y la crisis hídrica experimentada en los últimos años. Por lo tanto, Nordeste redujo su participación en el área total. En cuanto a la reciente crisis hídrica, se estima que muchas de las áreas equipadas entre 2015 y 2019 estaban inactivas o aplicando aspas de riego por debajo de las necesidades de los cultivos (riego por déficit). Bahía, por otro lado, muestra un fuerte crecimiento reciente, especialmente en áreas de Cerrado do Oeste (región de Barreiras), con una fuerte adopción de pivotes centrales.

El Centro Oeste, que experimentó un acelerado proceso de expansión agrícola a partir de la década de 1970, comenzó a incorporar áreas de riego más significativas a partir de la década de 1990. Fue la región de mayor expansión en los últimos 20 años, impulsada por Goiás y en los últimos años también por

Mato Grosso, en gran parte debido a la expansión de pivotes centrales para la producción de granos y cañones aspersores para su aplicación en la caña de azúcar. Por lo tanto, hay un aumento significativo en la participación de la región en el total nacional.

El Sudeste, a su vez, ha estado presentando incrementos sucesivos y expresivos desde la década de 1970, contando con la mayor diversificación de métodos y tipos de riego entre las regiones brasileñas. La región representa el 39,8% del área irrigada - São Paulo y Minas Gerais concentran su participación en valor absoluto, pero es Espírito Santo el que tiene la mayor participación de cultivos irrigados en el área agrícola total.

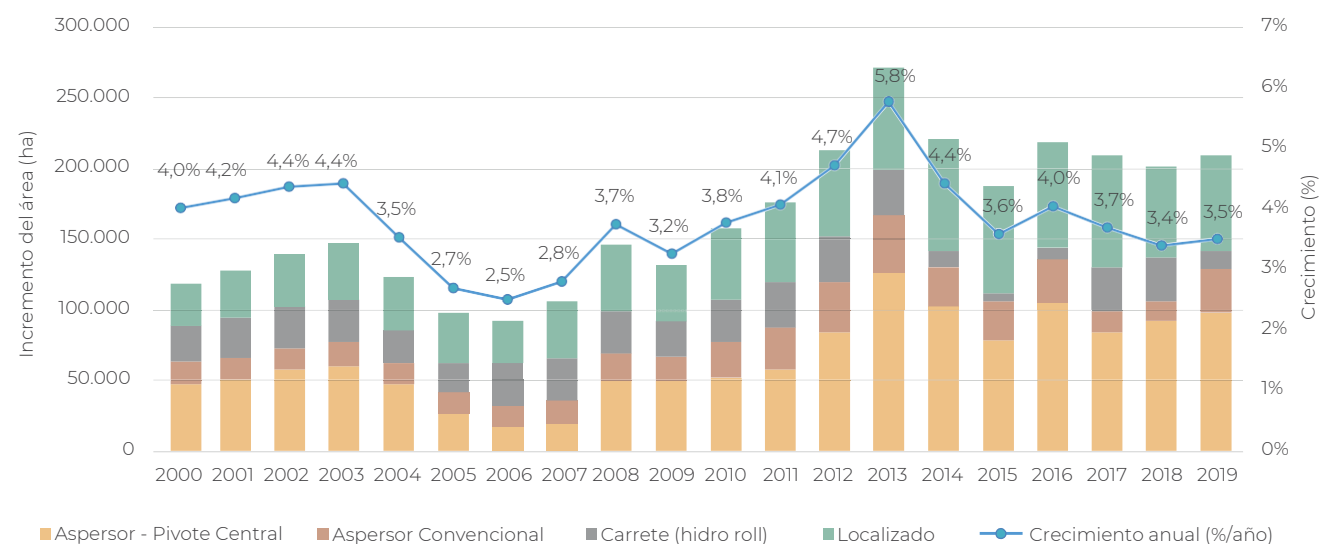
Finalmente, el Sur - un polo tradicional de producción irrigada - también ha estado mostrando avances significativos en el área en las últimas décadas. Sin embargo, con el desarrollo de otras regiones a tasas más altas, la participación relativa de la región ha ido disminuyendo, alcanzando el 25% en 2017. Sin embargo, sigue siendo la segunda región más grande y tiene el estado más grande del país: Río Grande del Sur (responsable del 80% del área sur y el 20% del área nacional). En los últimos años ha habido una relativa estabilidad en la zona de regadío del arroz, con variaciones positivas y negativas a corto plazo. La producción sigue aumentando debido al aumento de la productividad. Río Grande do Sul también destaca por presentar uno de los principales polos de la reciente expansión del riego

por pivotes centrales, principalmente para la producción de granos, ubicados en el noroeste del Estado, en las cuencas de los ríos Uruguay y Jacuí.

Entre los métodos y sistemas de riego mecanizado (es decir, sin el método superficial), se observa que los grupos más eficientes en el uso del agua - riego localizado (goteo y microaspersión) y aspersión por pivote central - representaron alrededor del 70% del aumento del área irrigada entre 2006 y 2019, según el CSEI/Abimaq (ABID, 2020). Entre los otros sistemas, destacamos las aspersión por carretes enrolladores (*hidro roll*) con cerca del 15% del incremento en la superficie equipada en el periodo.

Los datos también reiteran la expansión fuerte y persistente de riego, que sigue creciendo desde las 200.000 hectáreas anuales a pesar de la desfavorable situación económica de los últimos años. Entre 2000 y 2011, el crecimiento medio anual fue de 130 mil ha; entre 2012 y 2019 se registró una tasa de 216 mil ha/año (66% superior). El crecimiento de la participación de la agricultura de regadío en la producción física y en el valor de la producción de alimentos es aún más importante, en vista del mayor rendimiento y la mayor calidad del producto en relación con los de secano, además de permitir cultivos con mayor valor agregado y sinergias positivas con la agroindustria.

Área de Riego Mecanizada - Incremento Anual - Brasil



Fuente: Cámara Sectorial de Equipos de Riego - CSEI/Abimaq (ABID, 2020)



Cultivo de arroz de regadío en Santa Vitória do Palmar (RS)
Rafaela dos Santos Souza / Banco de imágenes de la ANA



Las áreas de riego son parámetros clave en las otras etapas del análisis de la agricultura irrigada. El concepto aquí utilizado corresponde a la superficie equipada para el riego. Con la fuerte expansión observada y el alto potencial de crecimiento, el monitoreo se convierte en un desafío para una actividad que ya carece de datos e información de referencia.

Los datos del censo, de gran valor para varias aplicaciones, presentan limitaciones para la aplicación en la gestión sectorial y de los recursos hídricos, como la metodología subjetiva (aplicación de cuestionarios), la temporalidad (Censos cada 10 años), el nivel de agregación de datos (municipios o UF) y la confidencialidad (lo que resulta en un gran número de desidentificaciones, es decir, datos no disponibles).

Consciente de este reto, la ANA intensificó en 2014 una estrategia de levantamiento de información, resultando en un área de riego equipada estimada de 6,1 Mha en 2014 (ANA, 2016). Este diagnóstico reveló en su momento no solo la continuidad de la fuerte expansión del sector en relación con la encuesta agrícola del IBGE de 2006, sino también diferentes patrones de concentración espacial en las cuencas hidrográficas y subcuencas. Es decir, aunque en la media nacional el crecimiento del 36% entre 2006 y 2014 no fue sorprendente a la vista de la historia observada, en regiones importantes para la gestión de los recursos hídricos las áreas superaron la encuesta censal hasta en tres veces. Cabe señalar que las diferencias entre los datos no se refieren necesariamente a la dinámica del riego en el período, sino a las diferencias metodológicas y conceptuales vinculadas a los levantamientos.

El Atlas 2017 incorporó actualizaciones de productos anteriores y datos más recientes en el momento, especialmente del Levantamiento de Caña de Azúcar de Riego en la Región Centro-Sur de Brasil (ANA, 2017), la actualización del mapeo de pivotes centrales y mapeos regionales realizados en los planes de recursos hídricos, además de una reevaluación de las proyecciones censales que incluyeron nuevos criterios para la proyección y cumplimiento de las desidentificaciones.

Para la elaboración del Atlas 2017, se identificaron los principales **grupos de áreas de riego** a gran escala que, por sus características específicas, requerirían diferentes estrategias y metodologías de levantamiento. Así, se identificó el riego de arroz, caña de azúcar y otros cultivos por pivotes centrales como los grupos más expresivos a escala nacional, totalizando el 70% del área total y ocurriendo de manera concentrada en el territorio en polos nacionales y regionales.

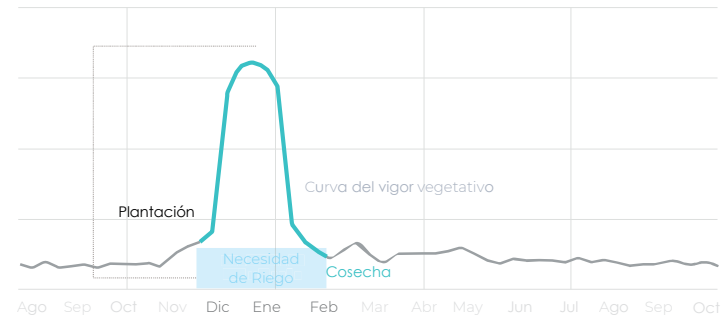
Riego de otros cultivos fuera de los pivotes centrales - asociados con los sistemas localizados (microaspersión y goteo) y pulverización convencional - son los principales grupos de otros cultivos irrigados por otros métodos o sistemas. Este grupo también tiende a ocurrir más difusamente en el territorio, con la excepción de los perímetros públicos y otros polos regionales.

3 ÁREAS DE RIEGO

Perfiles representativos de la dinámica agrícola en zonas de regadío en Brasil

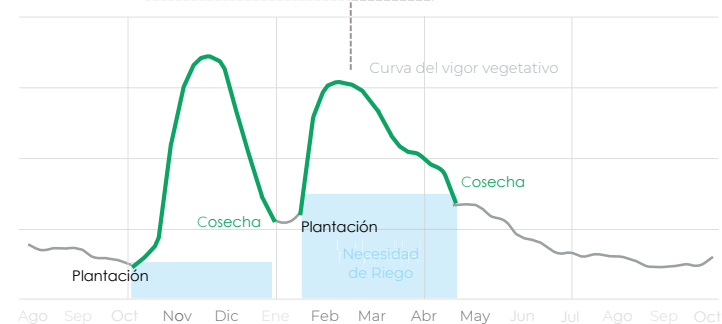
PERFIL DE CULTIVO ÚNICO (VERANO)

En este caso, la transmisión es suplementaria, **cuando hay sequía inusual**, por lo tanto, consume poca agua. Es un perfil poco observado, más común en las tierras secas, ya que el riego permite más de un cultivo, pero puede ocurrir debido a varios factores.



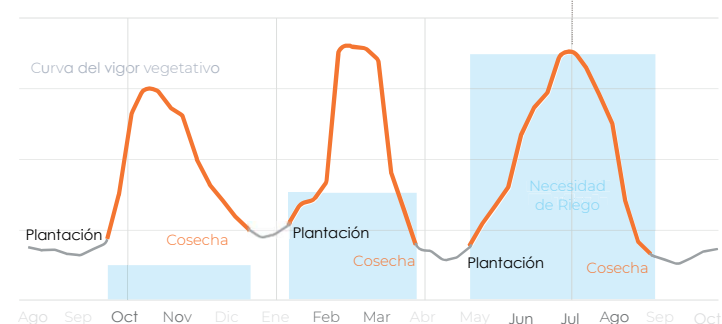
PERFIL CULTIVO DOBLE (COSECHA-«SAFRINHA»)

Perfil más común en pivotes, en verano usando poca agua, y con aumento del riego en la «safrinha» **porque la lluvia comienza a disminuir**.



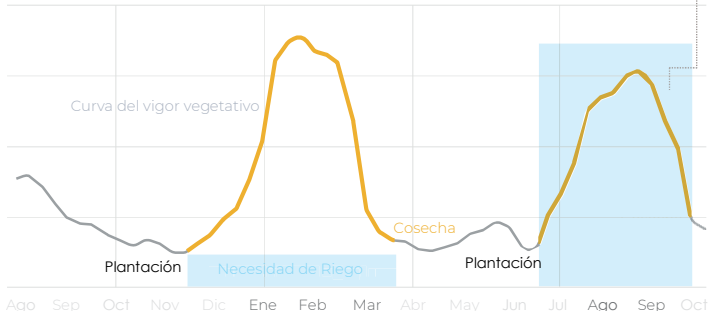
PERFIL COSECHA TRIPLE

Utiliza poca agua en el verano, agua media en la «safrinha» y mucha agua en la tercera cosecha, **en el período seco**.



PERFIL COSECHA DOBLE (COSECHA Y COSECHA DE INVIERNO)

En este perfil de sucesión de cultivos, se utiliza poca agua en verano, pero la **segunda cosecha se produce en el pico de la estación seca** y utiliza una gran cantidad de agua casi nada proveniente de la lluvia. El segundo cultivo puede ser un cultivo de ciclo más corto o más largo.



El Atlas 2017 llevó a cabo la primera gran sistematización de estos levantamientos por tipología, resultado de los propios estudios de la ANA y asociaciones, complementados con proyecciones censales y datos secundarios. Con los avances realizados, se redujo la incertidumbre sobre las áreas de riego, su ubicación y el consumo de agua asociado.

En la edición actual, Atlas actualiza y amplía los análisis realizado con anterioridad, con profundización en el uso de geotecnologías y fortalecimiento de la red de socios en los levantamientos. Además de las tipologías anteriormente trabajadas (arroz, caña de azúcar y pivotes), se pudo detallar la ocurrencia de café irrigado (principal cultivo de riego permanente), además de la subdivisión de la caña de azúcar en irrigada y fertirrigada. Los otros cultivos irrigados por otros sistemas -pasturas, flores, verduras, legumbres, frutas, bosques plantados, etc.- permanecen como tipología agregada.

El mapa municipal destaca la tipología de cultivo(s) predominante entre las zonas de riego de los municipios. Se observa la concentración de arroz en polos en el Sur y en Tocantins; de caña irrigada

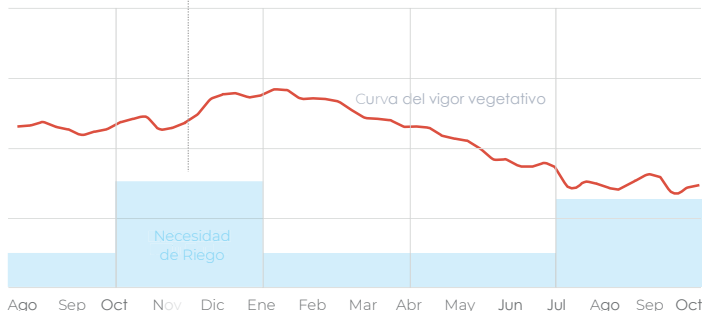
PERFIL CULTIVO SEMIPERENE

La caña de azúcar pertenece a este perfil de cultivo y generalmente es regada por aspersión por carrete. Un corte anual ocurre cuando el riego es más necesario. El consumo de agua depende en gran medida del **tipo de gestión** (salvamento o suplementario), ya que el cultivo es resistente al déficit.



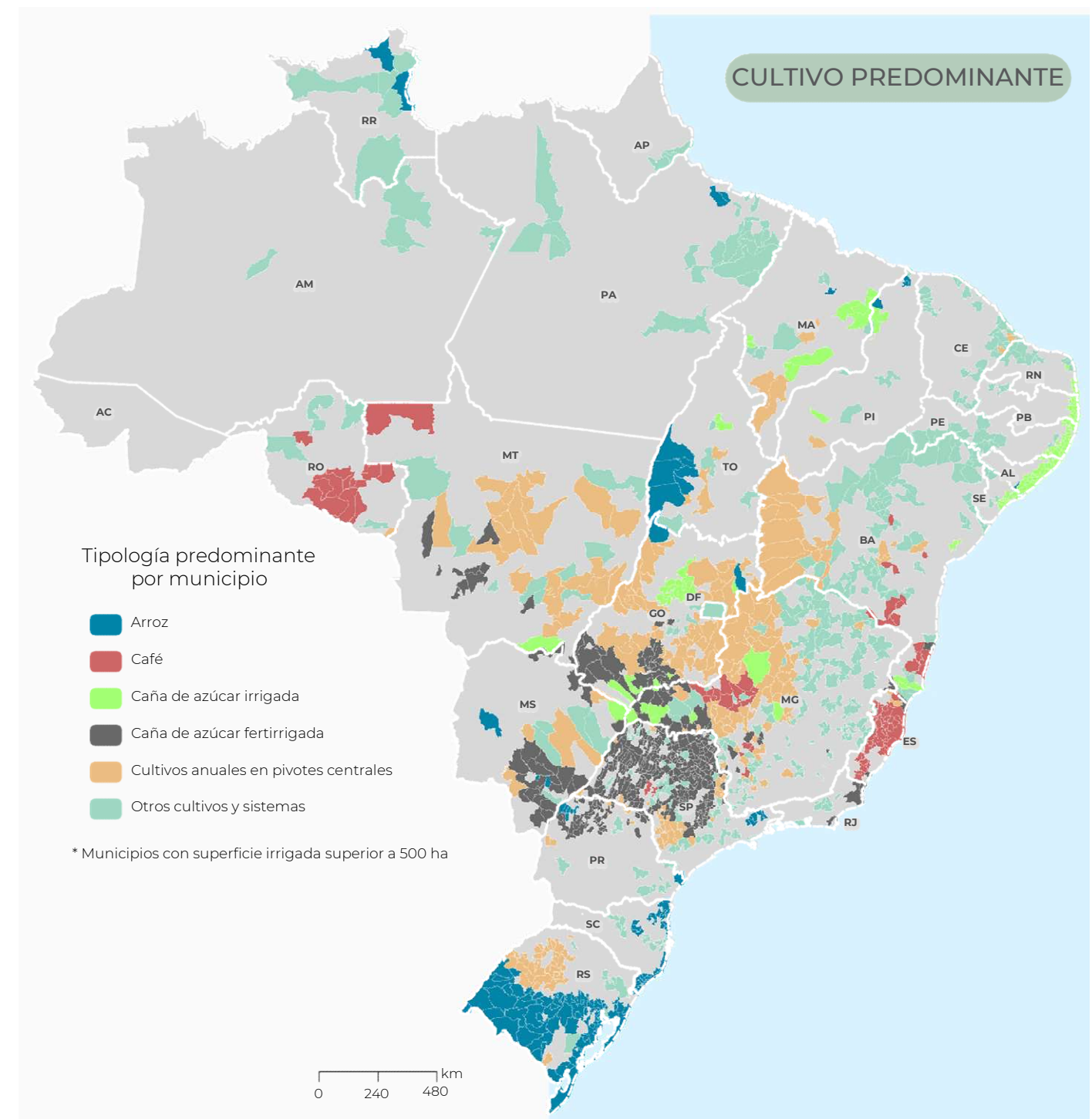
PERFIL CULTIVO PERENNE

El café y algunas frutas son cultivos perennes. Demandan constancia de agua a lo largo del año y el período de mayor **riego depende del clima local y de las etapas de crecimiento**. El café mantiene la masa foliar estable a lo largo del tiempo, con una reducción o después de la cosecha.

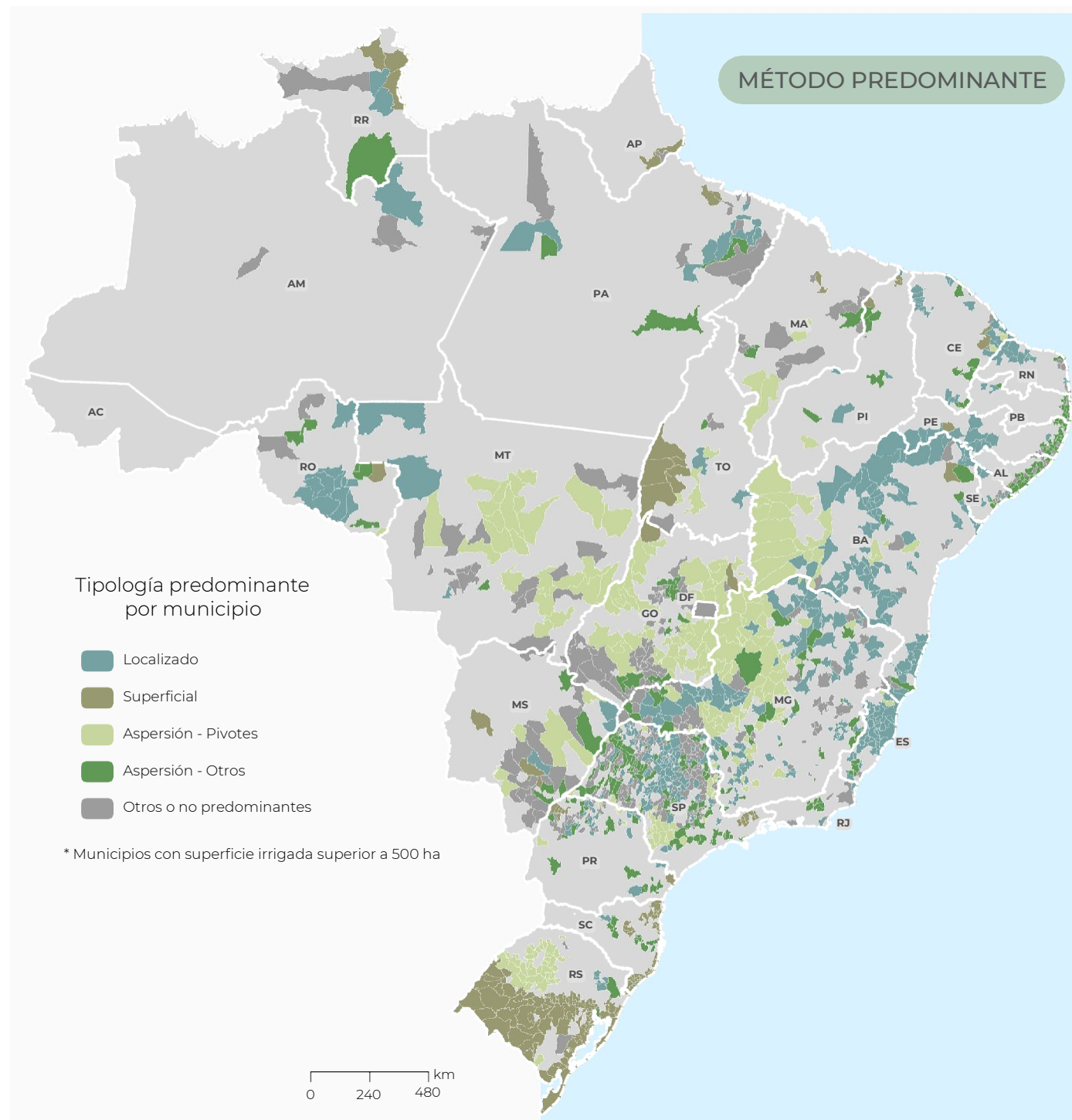


en el litoral nordestino y en otros polos del Centro-Sur y Nordeste; de la caña de azúcar fertirrigada en el Centro-Sur (São Paulo, suroeste de Goiás, triángulo mineiro y suroeste de Mato Grosso); del café en los polos de Espírito Santo, Minas Gerais, Bahía y Rondônia; de otros cultivos temporales cultivados bajo pivotes centrales en la meseta central (especialmente Goiás, Minas Gerais y Bahía); y de los otros cultivos y sistemas en el Norte y Semiárido.

Los métodos de riego predominantes demostraron la correlación del arroz con el método superficial (inundación), de la aspersión por pivotes con cultivos anuales, de la aspersión por otros sistemas con caña de azúcar y riego localizado con café y con los polos frutícolas del Nordeste. El mapa muestra la consolidación de métodos más eficientes en el Semiárido, con predominio de métodos localizados, resultado de inversiones en reemplazo de sistemas.



* Municipios con superficie irrigada superior a 500 ha



El siguiente es un resumen de la metodología y los resultados de los estudios de las principales tipologías de áreas de regadío adoptadas en el Atlas.

La **rizicultura** brasileña ha mostrado una menor asignación de área en los últimos años, con una caída sistemática de las áreas de secano, sin embargo, con un aumento constante en la productividad promedio, especialmente debido a la mayor proporción de cultivos de regadío – actualmente responsable del 90% de la producción y 75% de la superficie cosechada. El arroz representa alrededor de 25% del área de riego en Brasil y el 40% del volumen de agua captada – el manejo del cultivo por inundación requiere más agua por unidad de área que en otros sistemas. Además, el arroz se concentra tanto en el territorio como en el calendario agrícola (un cultivo anual de 100 a 140 días, concentrado entre octubre y abril), lo que facilita su identificación.

El mapeo del arroz de regadío fue realizado por la ANA y por la Conab en asociación con instituciones públicas y el sector privado (cooperativas, consultorías y productores rurales) en los principales estados productores. Se utilizaron imágenes satelitales y verificaciones de campo – la metodología y los resultados se detallan en el **Mapeo de Arroz Irrigado en Brasil** (ANA & Conab, 2020).

Los resultados indican **1,298 Mha** (millones de hectáreas) de arroz irrigado en Brasil – 92,8% de la superficie en los tres mayores productores: Tocantins (8,4%), Santa Catarina (11,5%) y, principalmente, Rio Grande do Sul (72,9%). La superficie actualmente identificada en la cosecha 2019/20 representa una reducción del 16% en relación a los datos consolidados por el Atlas Riego para el año 2015 (1,544 Mha). Esta diferencia se debe principalmente a la reducción de 255 mil hectáreas de área de riego en Rio Grande do Sul.

La **caña de azúcar** tiene características peculiares del manejo del riego. La mayoría de las regiones de caña de azúcar en Brasil tienen condiciones climáticas favorables para el desarrollo de cultivos sin riego. Sin embargo, se han observado grandes expansiones en áreas con mayor déficit hídrico, lo que lleva a una mayor necesidad de riego suplementario. En las zonas de menor deficiencia hídrica, también se ha intensificado el uso del riego con el objetivo de productividad o para la

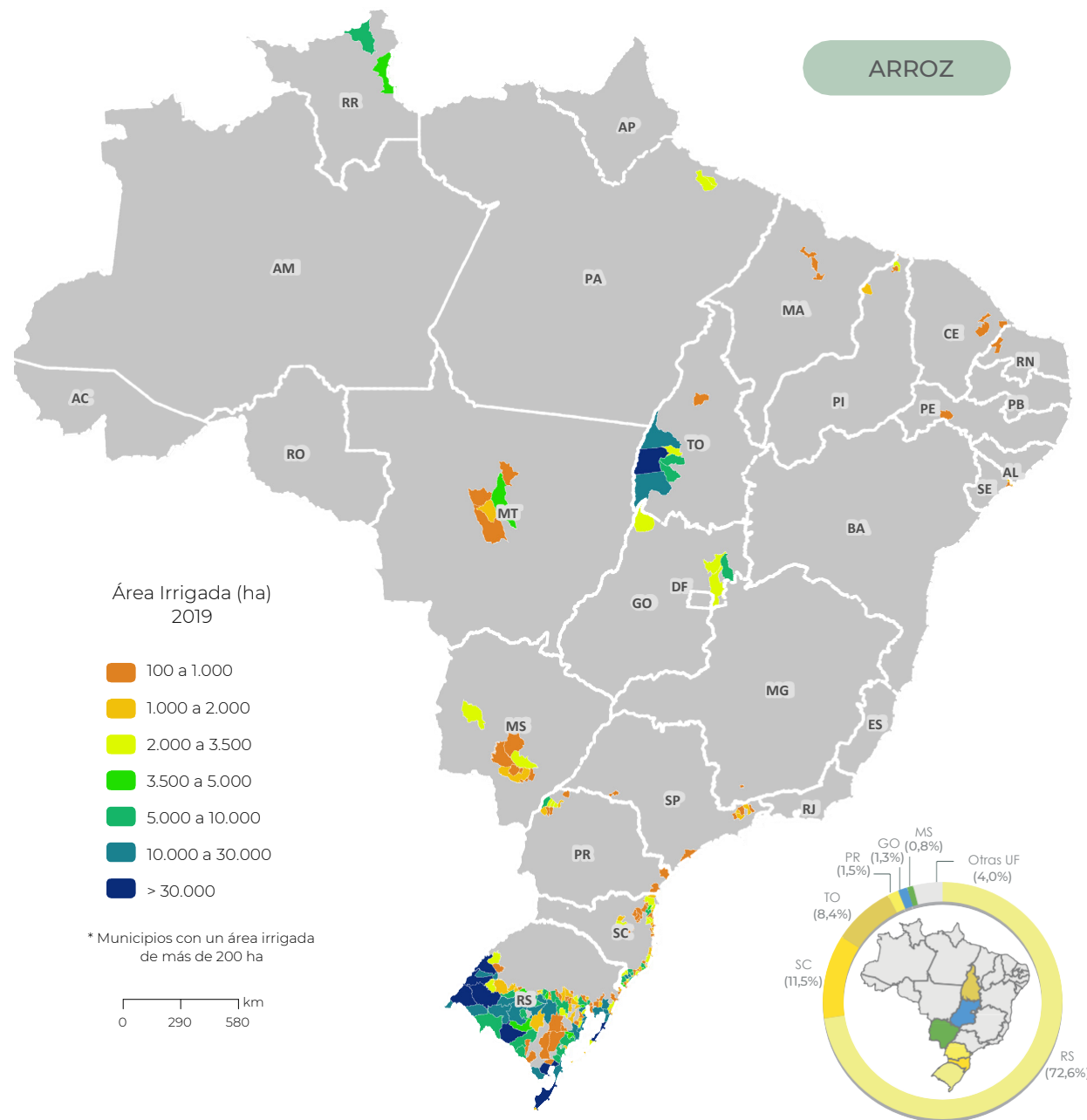
dispersión de los efluentes de los procesos industriales (especialmente la vinaza) en línea con las normas ambientales más recientes, que no permiten la dispersión directa en los cuerpos hídricos.

El cultivo tiene una alta resiliencia al estrés hídrico, es decir, la productividad se reduce, pero no económicamente inviable. La práctica del riego puede mitigar los impactos negativos resultantes de sequías prolongadas además de aumentar la longevidad de la plantación de caña de azúcar, es decir, el tiempo de retiro planificado de 5 o 6 años puede incluso duplicarse.

La adopción del riego presenta restricciones de naturaleza económica y medioambiental. Sin embargo, todas las plantas del país cuentan con equipos de riego (carretes enrolladores, principalmente) para su aplicación en cultivos de caña de azúcar, vinaza y aguas residuales de procesos de producción de etanol y azúcar, un proceso conocido como fertiirrigación. En las regiones con mayor déficit hídrico, esta reutilización procedente del proceso industrial se consorcia con el agua de los manantiales, proporcionando mayores aplicaciones de agua (riego de salvamento). En regiones aún más deficitarias, la producción solo es factible con un riego más integral (suplementario o plena), también utilizado en plantas que deciden realizar este tipo de inversiones con el objetivo de obtener ganancias en productividad y calidad.

Por lo tanto, la caña de azúcar tiene diferentes manejos de riego: La **fertiirrigación**, que consiste esencialmente en la reutilización agronómica de efluentes del proceso agroindustrial (vinaza y aguas residuales), predominante en áreas con una deficiencia de agua de hasta 800 mm por año en la región Centro-Sur; riego de **salvamento** donde se produce la fertiirrigación mezclada o intercalada con bajos volúmenes de agua extraída de fuentes de agua, predominante en áreas con una deficiencia de más de 800 mm/año en la Zona de la Mata nordestina; y riegos **suplementario y pleno**, que ocurren en áreas de alto déficit hídrico, como en el Semiárido, o en plantas que deciden esta inversión.

Actualmente, la caña de azúcar tiene **3,66 millones de hectáreas (Mha)** equipadas para el riego – la mayoría (**2,9 Mha o 79,5%**) realiza solo fertiirrigación. Otros **749 mil hectáreas (20,5%)** son regadas con agua de manantiales. En el riego en sí,

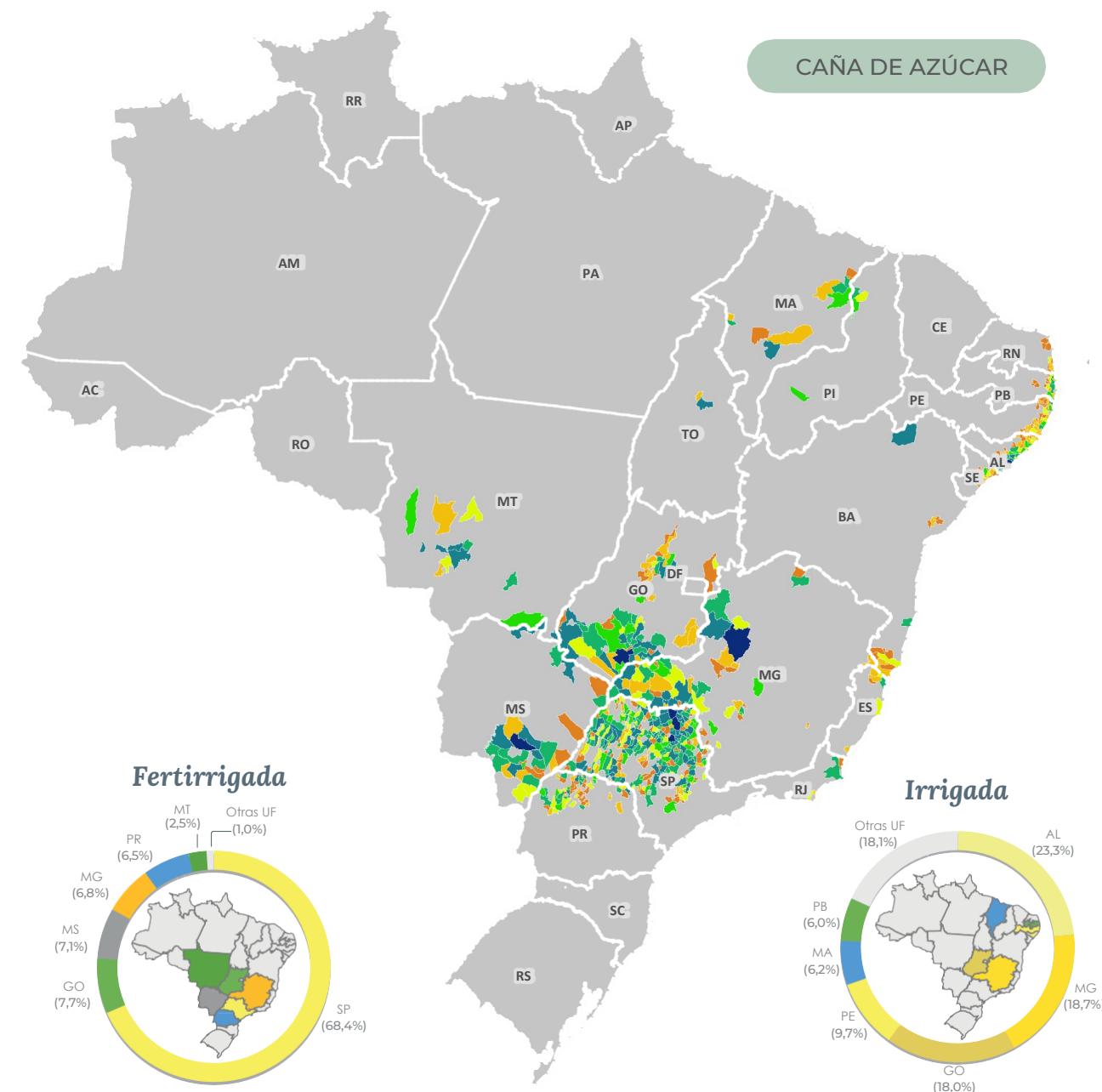


el salvamento representa el 76% de la superficie y las superficies completas y suplementarias el 24%. Con diferentes intenciones en el uso del agua, el volumen de agua utilizado durante un año en una hectárea de déficit/riego completo es, en promedio, equivalente al aplicado en 25 hectáreas de fertirrigación/salvamento. El método y los resultados del mapeo se detallan en el [Levantamiento de la Caña de Azúcar Irrigadas y Fertirrigada en Brasil](#) (ANA, 2019).

Entre los Estados, el área fertirrigada predomina en São Paulo (68,5%), Goiás (7,7%), Mato Grosso do Sul (7,0%), Minas Gerais (6,8%) y Paraná (6,5%). El área

riego con agua de manantiales (749 mil ha) es más relevante en Alagoas (23,3%), Minas Gerais (18,7%), Goiás (18%), Pernambuco (9,7%), Maranhão (6,2%) y Paraíba (6,0%).

El **cultivo de café** irrigado ha ido creciendo y ganando importancia en el escenario nacional en los últimos años. Brasil cultivó 1,825 Mha en la cosecha de 2019 (IBGE, 2020), una parte significativa de las pequeñas propiedades, lo que coloca al producto como el principal cultivo permanente del país. Con cerca del 25% de esta superficie bajo riego, es también el principal cultivo permanente irrigado. Es muy cierto que históricamente el café se cultiva y se sigue cultivando sobre un régimen de secano en las

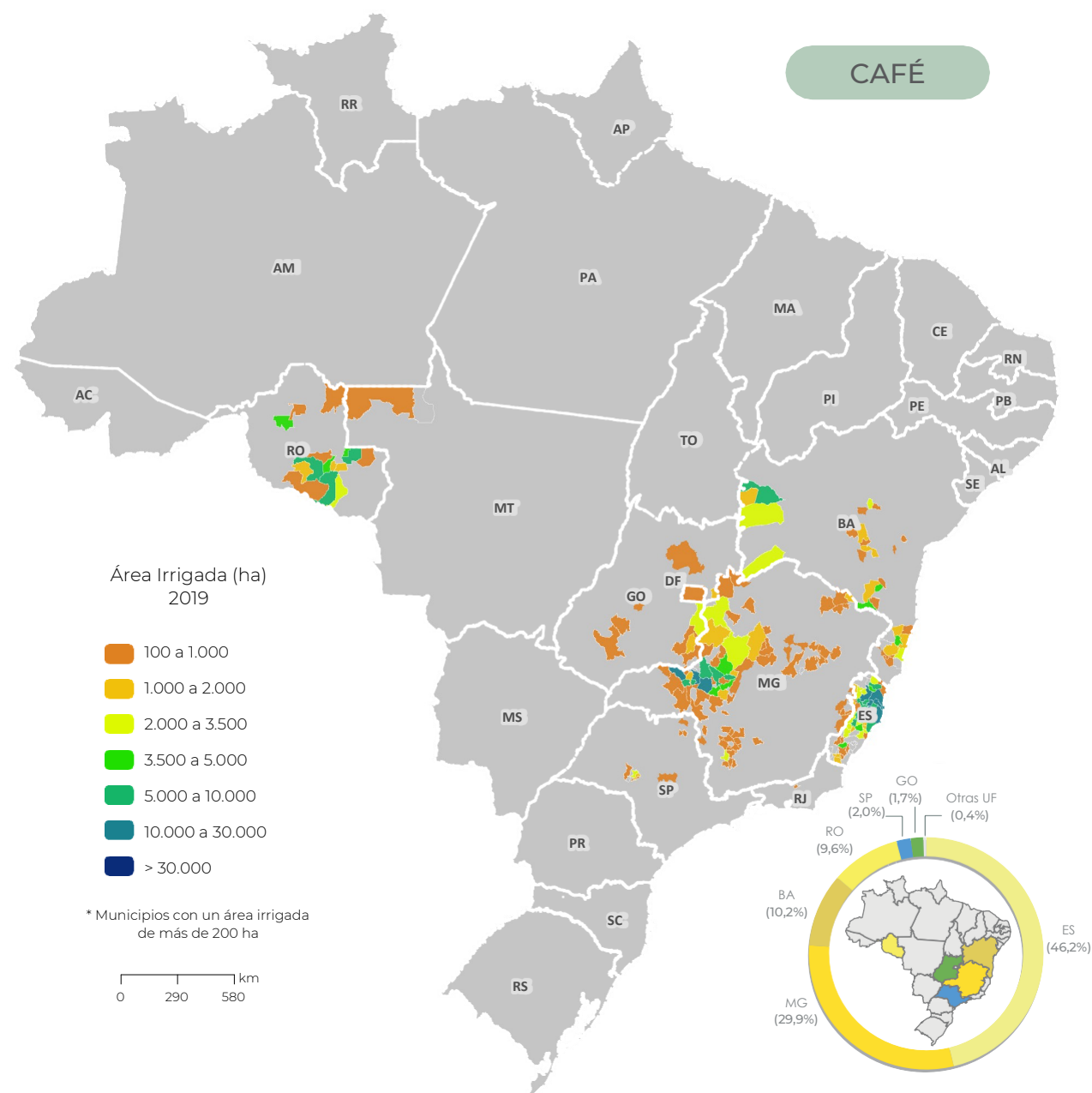


regiones más húmedas de la zona de la mata mineira en el al sudeste de Minas Gerais y en el centro-norte de São Paulo, pero el cultivo de café irrigado se ha expandido y ha ganado importancia socioeconómica en otras regiones.

En la región centro-norte de Espírito Santo, centro-este de Rondônia y al sur de Bahía, *Coffea canéfora* irrigada (variedades *Robusta* y *Conilon*) en sistema de goteo y microaspersión ya es una realidad entre el 50 y el 70% de los cultivos. En Minas Gerais, el cultivo de café irrigado está más densificado en la región sudoeste, cerca del triángulo de Minas Gerais, pero también ocurre en los estados del sur y del centro-norte, en sistemas diversificados de

riego. Ya en Goiás y en el Distrito Federal, lugares de clima seco entre los meses de mayo y septiembre, el cultivo de café se produce en un sistema de riego de pivote central con predominio de la especie *Coffea arabica*.

En Rondônia, el cultivo de café ha demostrado bastante dinámica: en los últimos cinco años, los cultivos de secano han sido reemplazados en gran medida por el café clonal irrigado, un paquete tecnológico que ha aumentado significativamente la productividad y movido la economía agrícola del estado, donde el café se encuentra principalmente en pequeñas propiedades familiares.



La diferenciación del café irrigado del no irrigado no es trivial y se realizó combinando técnicas de teledetección y contactos técnicos con agencias que trabajan en investigación, asistencia técnica y levantamiento de cultivos de café, como Embrapa, Emater y Conab; así como con departamentos estatales y municipales de agricultura, medio ambiente y recursos hídricos.

En Espírito Santo, la identificación de los cultivos irrigados se realizó a nivel municipal, a partir de la clasificación del mapeado de uso del suelo y cobertura del Instituto Estatal de Medio Ambiente y Recursos Hídricos – IEMA (IEMA, 2015), y su

proximidad a los puntos de adjudicación emitidos por la Agencia Estatal de los Recursos Hídricos – AGERH.

En Goiás, Distrito Federal y Oeste de Bahía, donde el cultivo del café se produce casi en su totalidad bajo pivotes centrales, el riego del café se identifica fácilmente, ya que mantiene un vigor vegetativo relativamente estable que permite diferenciarlos en las imágenes de otros cultivos anuales bajo pivotes, que tiene ciclos de vida cortos y respuesta espectral a lo largo del año bastante distinta del café. En otras regiones de Bahía, la identificación de cultivos fue realizada por Conab con la interpretación visual de imágenes del satélite Sentinel 2A y 2B, con posterior clasificación

en cultivos irrigados y no irrigados que combinan presencia de infraestructura hídrica y vigor vegetativo.

En Minas Gerais, el mapeo fue realizado por la Emater/MG en asociación con la ANA y Conab, también mediante interpretación visual de las imágenes de los satélites Landsat 8, RapidEye y Sentinel, seguida de una extensa validación de campo por parte de técnicos del propio Emater/MG. En los demás estados, se adoptaron estimaciones derivadas de el Levantamiento Sistemático de Producción Agrícola (LSPA/IBGE), la Producción Agrícola Municipal (PAM/IBGE) y el Censo Agropecuario. En Rondônia, hubo una evaluación cualitativa con profesionales de Emater, Embrapa y Conab involucrados en la asistencia técnica, investigación y promoción del cultivo de café en el estado.

El levantamiento consolidado por Atlas identificó **449,3 mil hectáreas** irrigadas de café en Brasil (0,449 Mha) – 25% del área destinada a cultivo. En términos relativos, Espírito Santo lidera con el 46,2% del área irrigada, seguido de Minas Gerais (29,9%), Bahia (10,2%), Rondônia (9,6%), São Paulo (2,0%) y Goiás (1,7%). Proporcionalmente a la superficie total (de secano + de riego), Goiás es más dependiente del riego (casi el 100% de las plantaciones de café), seguido por Espírito Santo y Rondônia (60 a 70% de las plantaciones de café son de riego) y Bahia (40%). Minas Gerais, responsable del 50% de la producción nacional, cuenta con el 14% de sus plantaciones de café irrigados; y São Paulo solo 4%.

Los **pivotes centrales** riegan una gran diversidad de cultivos, pero hay una concentración de su uso para la producción de frijoles, maíz, soja, algodón y, en menor medida, trigo y papas. El mismo pivote puede realizar hasta tres cosechas en el mismo año (soja seguida de maíz y frijoles, por ejemplo). La realización de dos cosechas es más frecuente (cosecha y fuera de temporada; o cosecha y segunda cosecha de larga duración o invierno). También hay ejemplos de diferentes cultivos simultáneamente cultivados en el mismo pivote. Por lo tanto, no depende de los pivotes asignar cultivos específicos porque es un consorcio, que varía intra e interanualmente dependiendo de las condiciones del mercado, la disponibilidad hídrica y las diferentes decisiones de los productores.

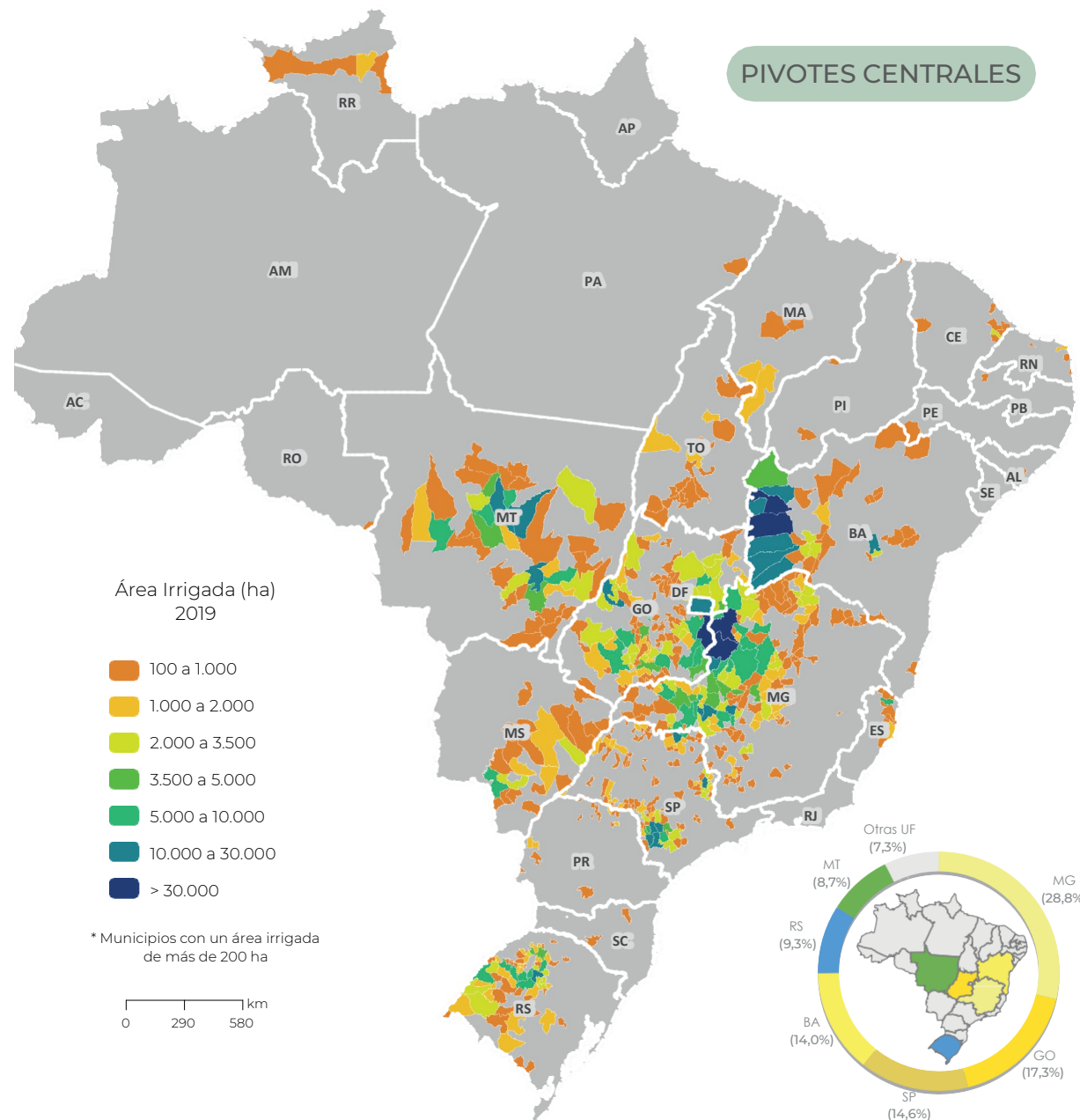
Tipología que lidera el crecimiento del riego en los últimos años, los pivotes han sido mapeados regularmente por Ana y Embrapa. La segunda

edición, revisada y ampliada del **Levantamiento de la Agricultura Irrigada por Pivotes Centrales en Brasil** (ANA & Embrapa, 2019) presenta una serie histórica de mapeo de 1985 a 2017. Para la segunda edición de Atlas Riego, este levantamiento se actualizó para el año de 2019, siguiendo la metodología publicada y con nuevas mejoras (incorporación del análisis de series de índices de vegetación dentro de la máscara pivotante central).

En 2019 se identificaron **1,556 Mha** irrigados por pivotes centrales, 111,1 mil hectáreas en caña de azúcar (67,7 mil ha) o café (43,4 mil ha). Por lo tanto, 1,445 Mha están ocupados con cultivos temporales que varían intra e interanualmente. Se presentan en polos muy limitados, especialmente en Minas Gerais (28,8%), Goiás (17,3%), São Paulo (14,6%), Bahia (14,0%), Rio Grande do Sul (9,3%) y Mato Grosso (8,7%). El área actual es 50 veces mayor que el área mapeada en 1985 y todos estos estados muestran un crecimiento significativo en el mediano y corto plazo – Mato Grosso y Rio Grande do Sul crecen a un ritmo mayor que los otros, lo que resulta en la aparición de polos de riego nacionales y la mayor participación de estos dos estados en el total nacional (7% en 2000, 11% en 2010 y 18% en 2019).

Los **otros cultivos** irrigados por otros métodos/sistemas también son diversos. Los cultivos regados predominantemente por pivotes centrales también son regados por otros sistemas (soja, maíz, frijol, algodón) en pequeñas propiedades y están incluidos en esta tipología. Entre los principales destacan el riego de cítricos (naranja, limón y mandarina) que ocupan cerca de 85 mil ha; banana (85 mil ha); tomate (45 mil ha); mango (44 mil ha); y melón y sandía (62 mil ha). El coco, la maracuyá, la papaya, la uva, la guayaba y la pimienta negra ocupan en conjunto unas 100 mil hectáreas irrigadas. Es decir, predominan en esta tipología los productos de la **fruticultura** y de la **horticultura**, que son proporcionalmente más irrigados (70 a 90% de la superficie cultivada es regada) que los principales cultivos irrigados en cifras absolutas (granos).

Brasil es uno de los principales exportadores de frutas y el riego contribuye a la seguridad productiva y la calidad de los productos. Según el Anuario Brasileño de Horti&Fruti 2020 (Carvalho et. al., 2019), en 2019 se enviaron más de 980 mil toneladas de frutas (+16% respecto a 2018) – el



melón es el más exportado en volumen y el mango en valor.

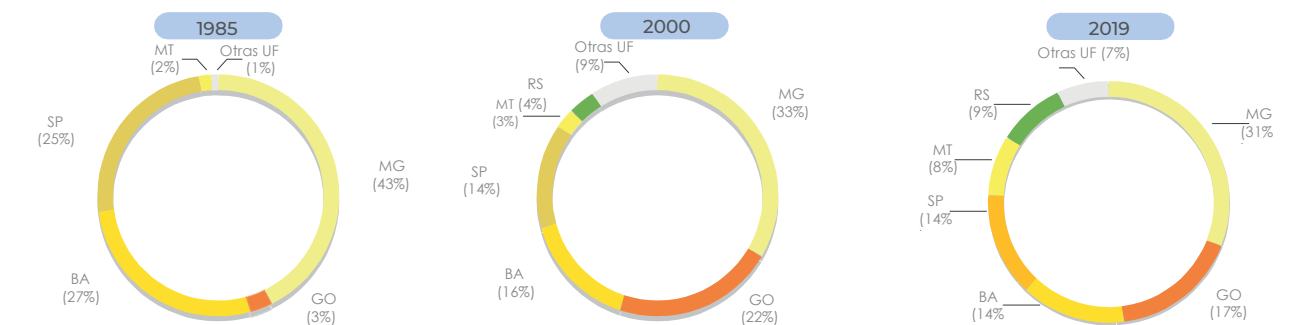
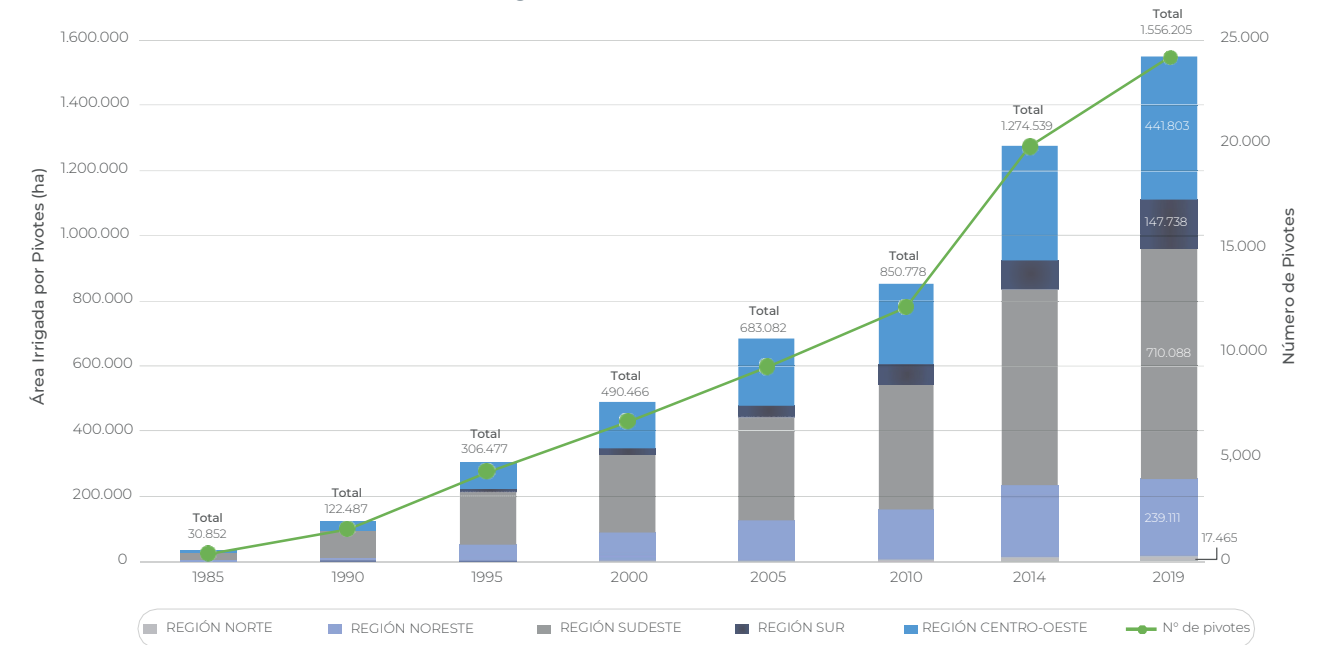
En las exportaciones también destacan uvas, limones, lima, papaya, sandía, manzanas, plátanos y aguacate. Destacamos la producción irrigada en el valle de São Francisco (polo más grande, en la región entre Petrolina/PE y Juazeiro/BA), Ceará y Río Grande do Norte – pero otros estados también tienen riego importante, como São Paulo en riego de cítricos y Espírito Santo en papaya.

Las aspersión convencional y, sobre todo, los sistemas localizados (microaspersión y goteo) son los principales métodos/sistemas asociados con esta tipología. En menor medida y con tendencia a seguir sustituyendo por otros métodos más

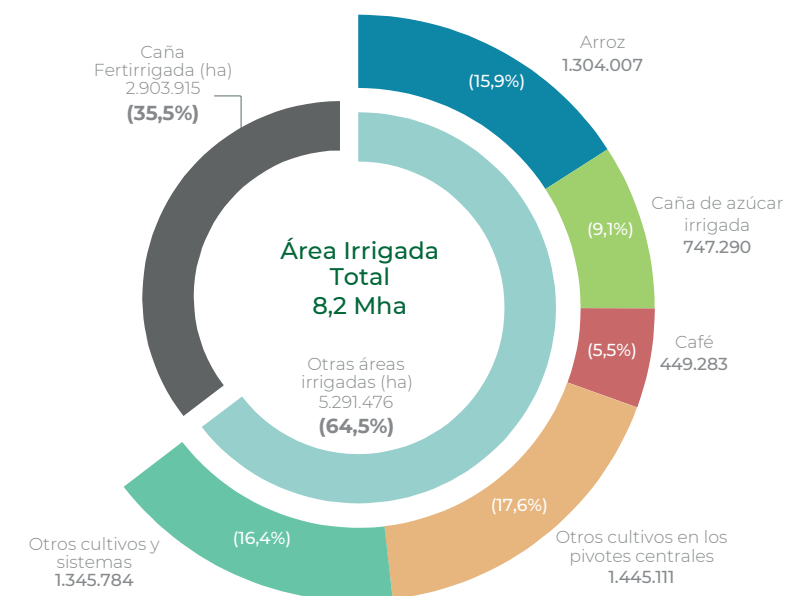
eficientes, también se engloban métodos superficiales (surcos e inundación).

Se estimó el área de tipología **otros cultivos y sistemas** con: resultados del estudio Polos Nacionales de Agricultura Irrigada (ANA, 2020), mapeos complementarios realizados por ANA para Atlas (esfuerzo concentrado en el Semiárido), mapeo realizado por ADASA para el Distrito Federal (ADASA, 2020) e información del Censo Agropecuario del IBGE. En las regiones con divergencias entre las fuentes de datos, también se consultó a los municipios y entidades estatales (EMATER, Secretarías, etc.) en busca de información cualitativa y cuantitativa que ayudara a definir el área de riego municipal.

Área equipada para riego por pivotes centrales - 1985-2019



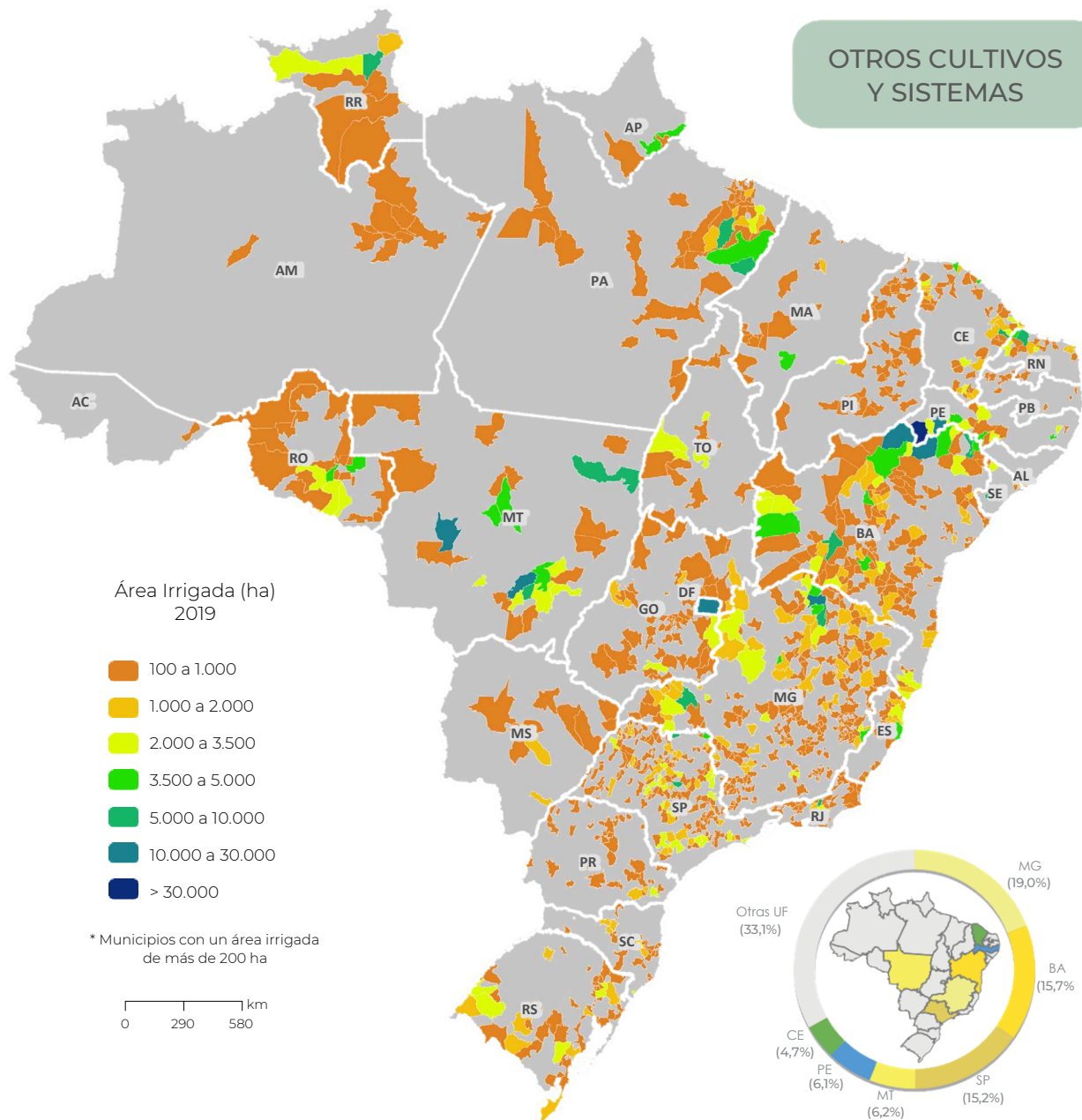
Área equipada para riego en Brasil - 2019



Con esto, se identificaron **1,346 Mha**, irrigados concentrados en el Norte-Nordeste y en el norte de Minas Gerais; y también pulverizados alrededor de los mercados de consumo (aglomeraciones urbanas). Entre los estados, Minas Gerais (19,0% del área irrigada por esta tipología), Bahia (15,7%), São Paulo (15,2%), Mato Grosso (6,2%), Pernambuco (6,1%) y Ceará (4,7%).

Agrupando las tipologías detalladas anteriormente Brasil suma **8,2 millones de hectáreas equipados para el riego** - 35,5% (2,9 Mha) con fertirrigación con agua de reutilización y 64,5% (5,3 Mha) con riego con agua de manantiales.

OTROS CULTIVOS Y SISTEMAS

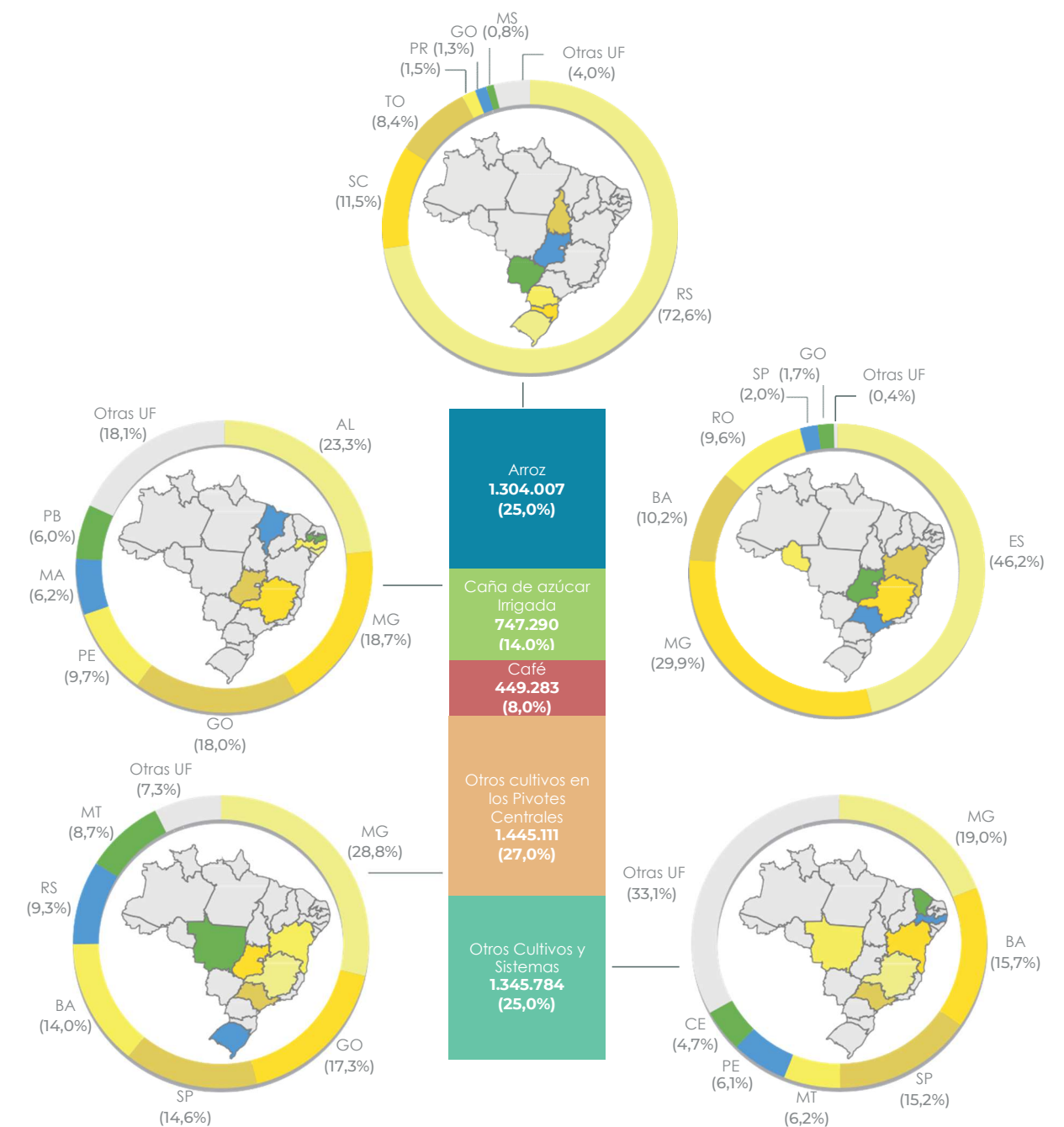


Los mapas de área irrigada total y de densidad de ocupación destacan las principales características de concentración en municipios y polos nacionales de riego.

Consideración de la distribución de las áreas irrigadas propiamente dicho (excluyendo fertirrigado), Brasil suma **5,3 millones de hectáreas equipadas para riego** - el arroz ocupa el 25% del

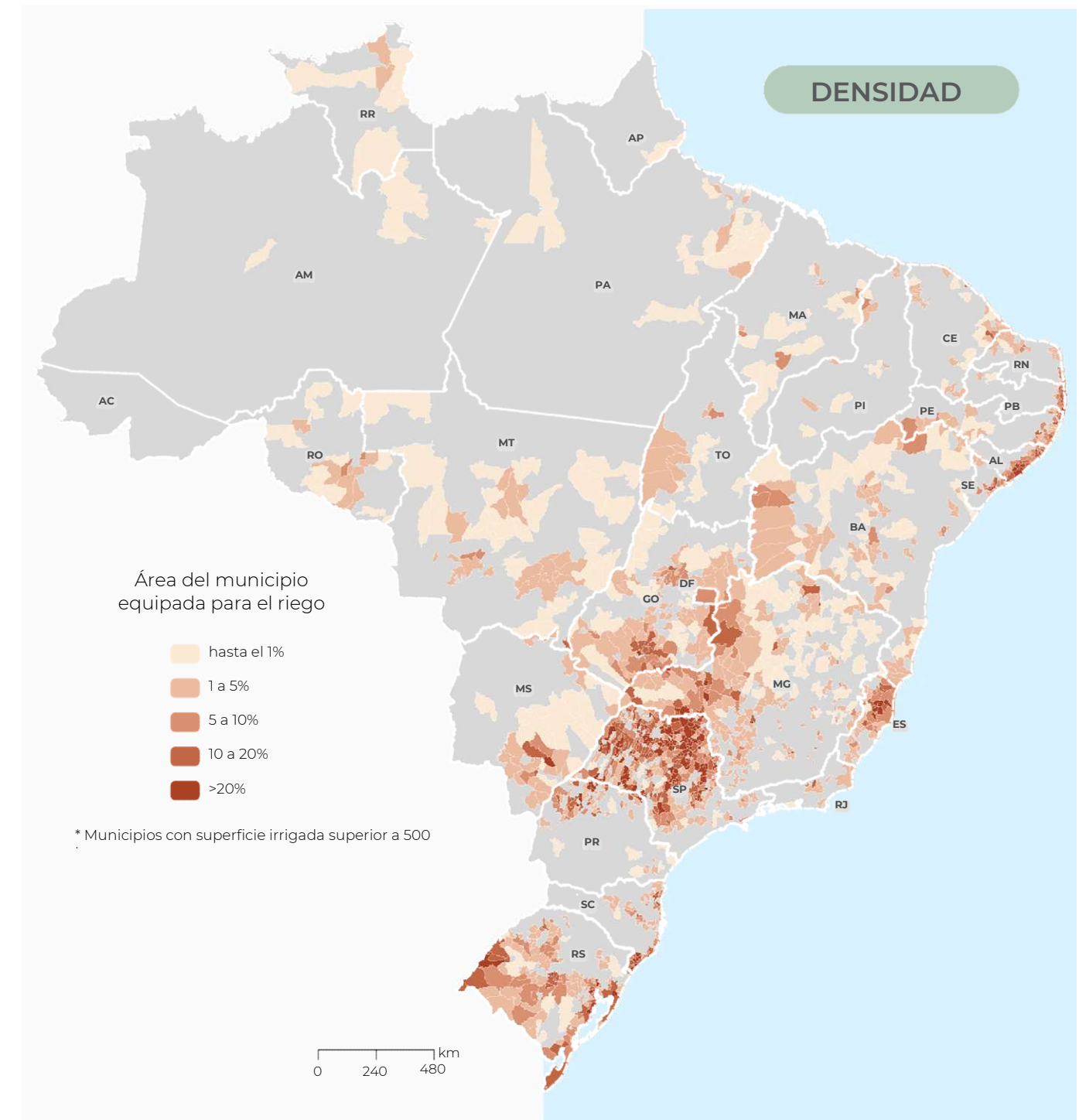
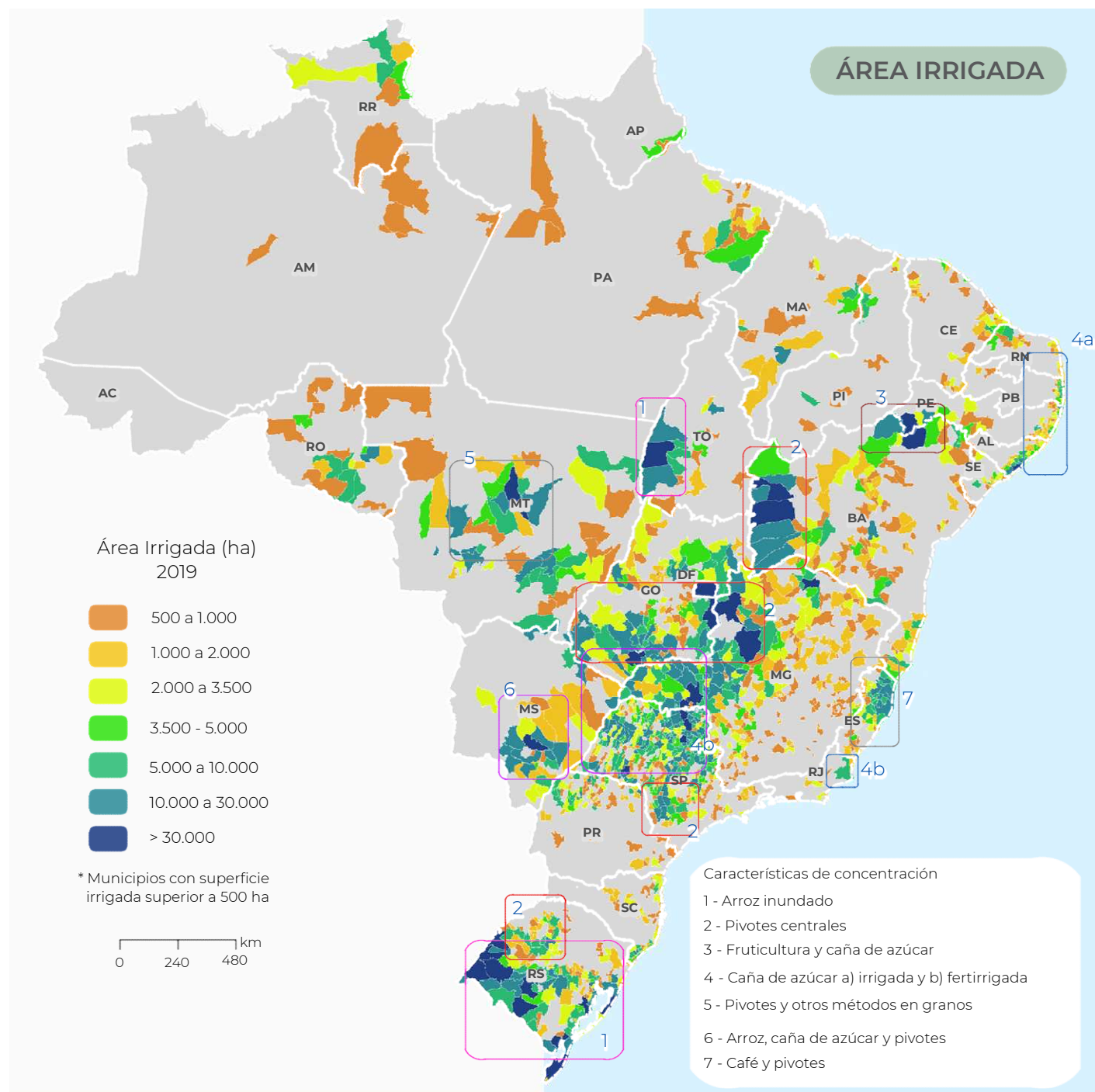
total; la caña el 15%; el café el 8%; los cultivos anuales en los pivotes centrales el 27%; y otros cultivos y sistemas el 25%. La geografía de la distribución entre las unidades de la federación es diferente y debería cambiar en el futuro en la medida en que se estime un crecimiento diferenciado entre estas tipologías y diferentes potencialidades de expansión de la actividad en el territorio nacional.

Área equipada para riego en Brasil, excepto fertirrigación - 2019

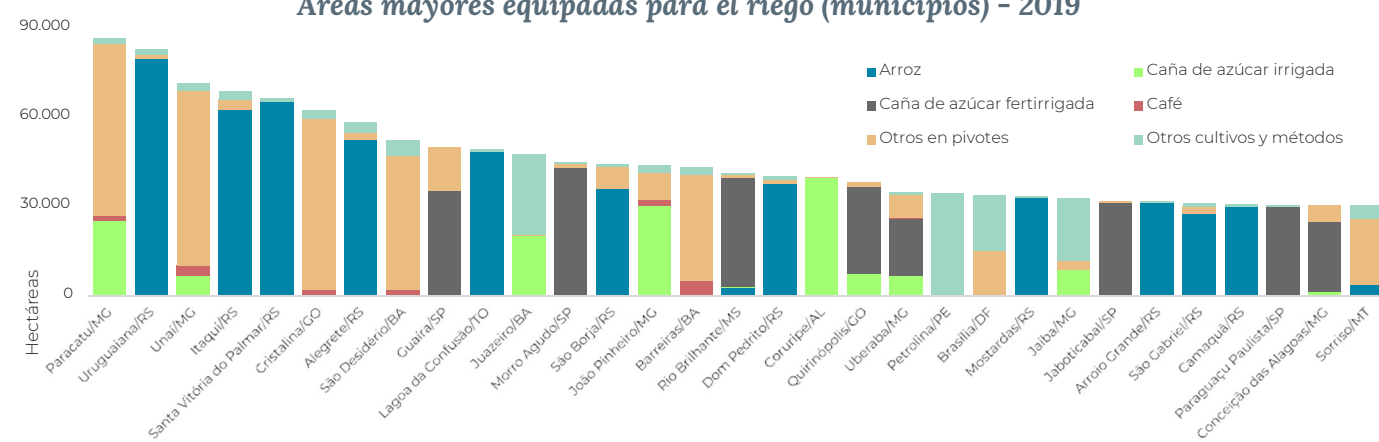


Pivote central y su reservorio en la región de Itaberá (SP)
Raylton Alves /Banco de Imágenes ANA



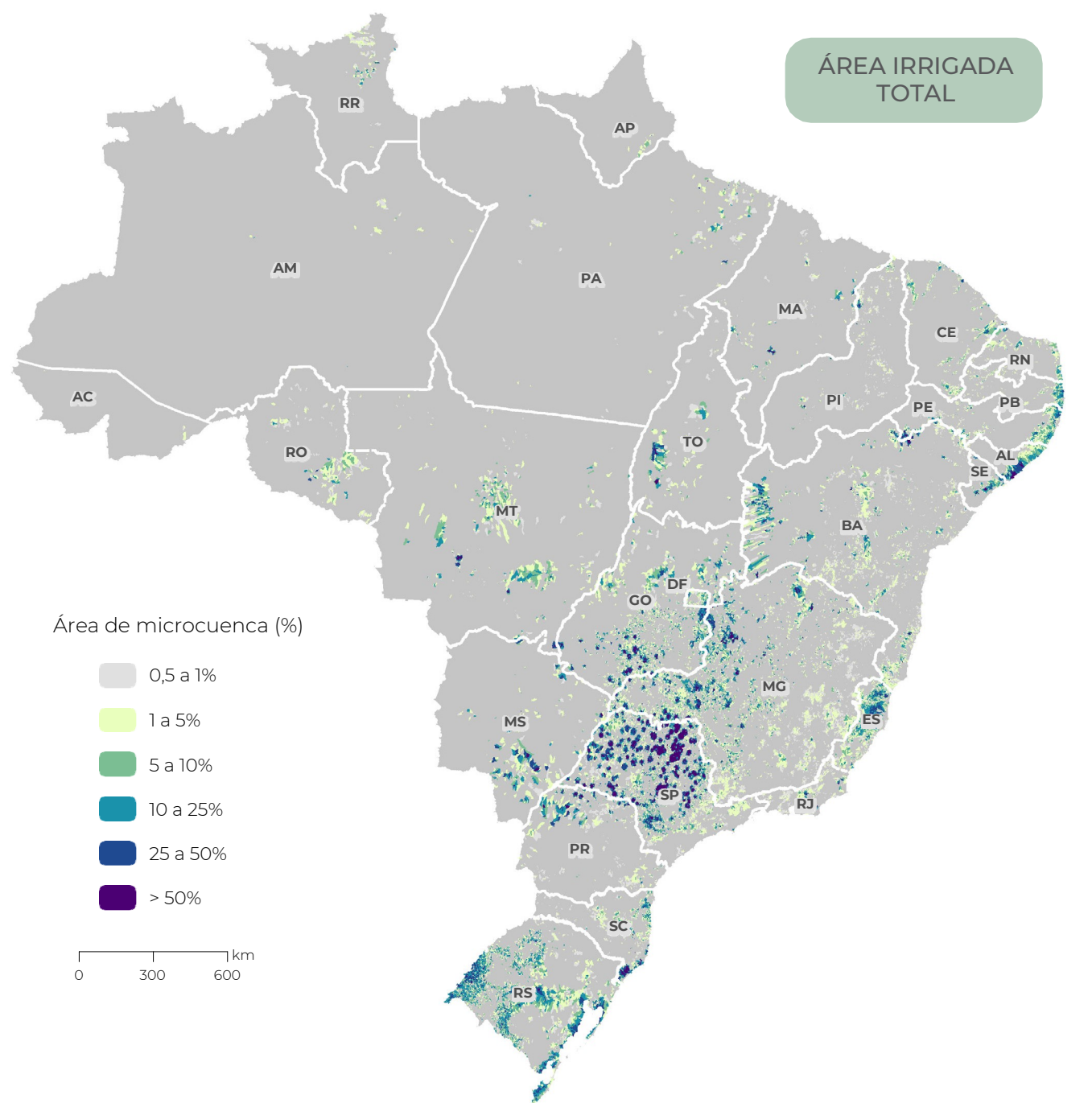


Áreas mayores equipadas para el riego (municipios) - 2019



Acceda a la lista completa en <http://atlasirrigacao.ana.gov.br>



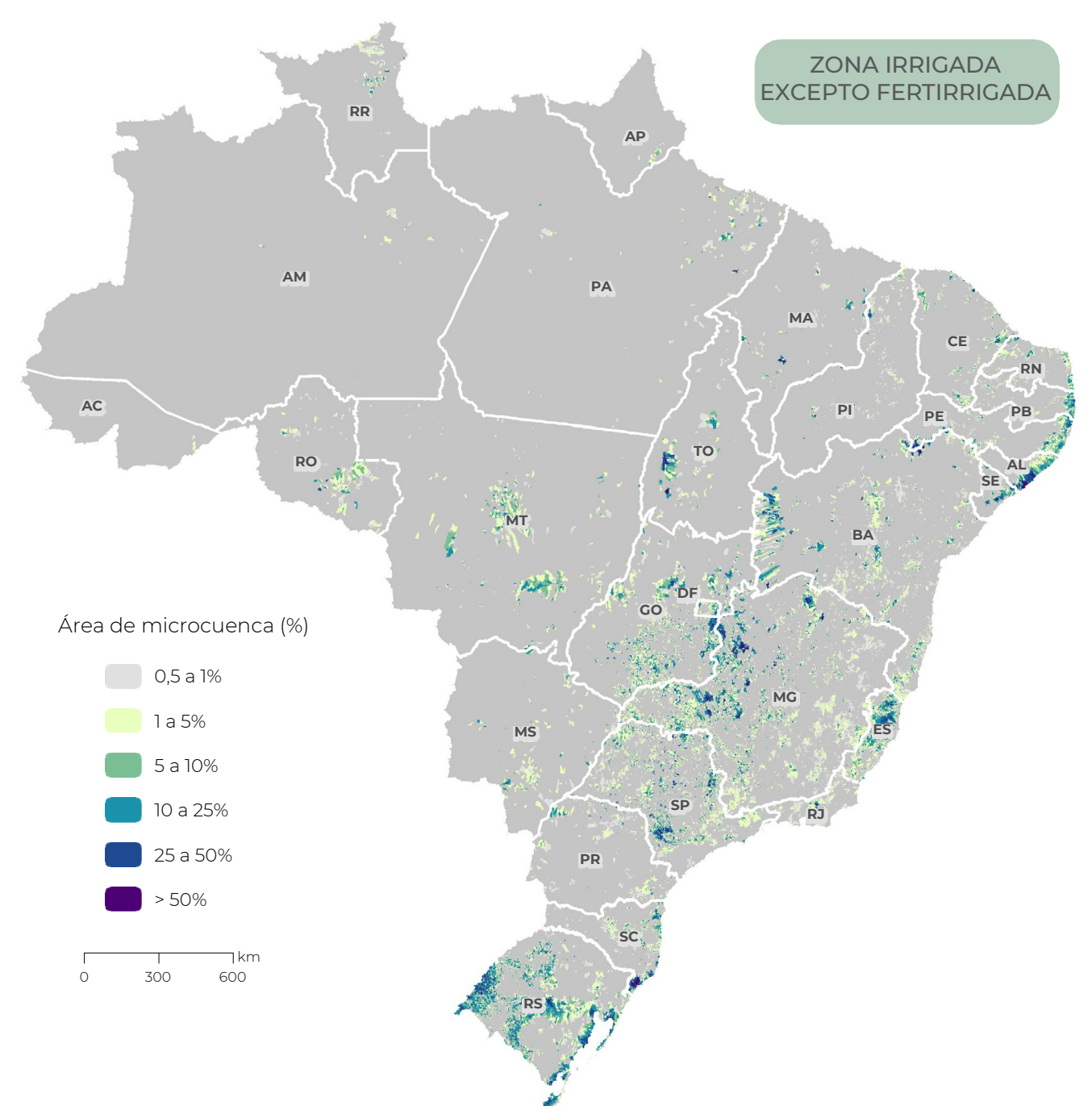


Además de estimaciones por municipio y tipología presentado anteriormente, Atlas buscó modelar, de una manera sin precedentes, la presencia de áreas regadas y fertirrigada en las cuencas hidrográficas, una escala que es más apropiada para las estimaciones del balance hídrico en los manantiales (oferta x demanda).

En este proceso, fue adoptada la Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k (BHO5k), producido por la ANA, que subdivide el territorio brasileño en unas 400 mil microcuencas (u ottocuencas), que son las áreas de contribución de

cada tramo de drenaje de la red hidrográfica.

Estos resultados se detallan de una manera más localizada la presencia de la agricultura de regadío dentro de los municipios y sus subcuencas hidrográficas, permiten mayores avances en las estimaciones del potencial de expansión de las áreas irrigadas y el uso del agua asociada - temas que se explorarán en detalle en los próximos capítulos.



Proyectos Públicos

Importantes expresiones de iniciativas de desarrollo regional, especialmente en el Semiárido brasileño, los proyectos públicos siguen siendo importantes centros de riego locales y regionales, centrándose principalmente en el Semiárido (región de baja disponibilidad hídrica).

Actualmente, los proyectos riegan alrededor de **200.000 hectáreas en 79 proyectos y 88 municipios**. La mayor parte de los perímetros es responsabilidad del DNOCS o Codevasf.

En 2003/2004, el área irrigada en los perímetros públicos fue de 162,1 mil hectáreas (SRH/MMA, 2006), aumentando a 173 mil hectáreas en 2007. El resultado en 2019 indica, por lo tanto, que la expansión de las áreas en operación ha sido inferior

a 3 mil hectáreas por año, en promedio, en la última década. El ritmo es muy inferior al registrado por el sector privado, a pesar de las elevadas inversiones realizadas en los últimos años para la modernización de los proyectos, especialmente en la sustitución de métodos y sistemas de riego por otros más eficientes, en particular el riego de superficie por la presurizada (por lo general microaspersión y localizados). En función de este panorama, los perímetros públicos de riego redujeron su participación en el área irrigada del País de 4,7% en 2003/04 (SRH/MMA, 2006) a 2,4% en 2019.

Todavía quedan cerca de 100 mil hectáreas de áreas implantadas en proyectos públicos, pero que no presentó producción en 2019. El área implantada

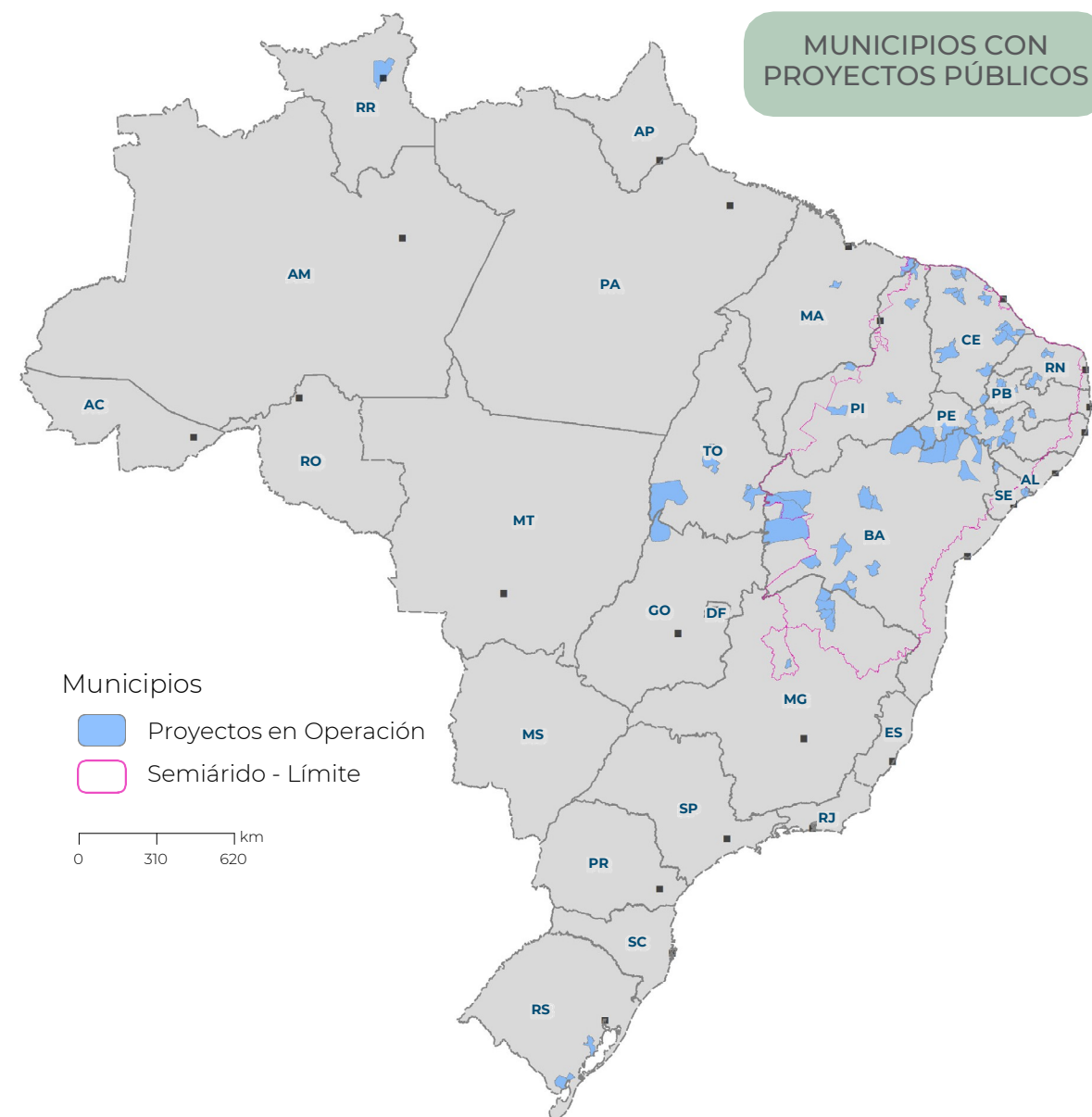
representa el área irrigable ya contemplada con todas las obras de infraestructura de riego de uso común que son necesarias para el inicio de la operación, pero que se enfrentan a varias dificultades para su ocupación efectiva.

Entre los 79 proyectos con producción en 2019, los 34 que produjeron más de mil hectáreas sumaron 176 mil hectáreas (90% del área total). En las siguientes tablas se presentan los principales datos del proyecto, como ubicación, área ocupada y entidad responsable; cultivos principales, sistemas de riego e infraestructura asociada.

Se observa que, debido a la relación entre el área implantada y área cultivada, muchos perímetros también tienen una gran capacidad de expansión a corto plazo, como los de Jaíba/MG, Formoso/BA, Tabuleiros de Russas/CE y Baixo Acaraú/CE. Otros perímetros, por otro lado, ya tienen mayor uso de su área de cultivo implantada, como los de Senador Nilo Coelho/PE-BA, Luiz Alves do Araguaia/GO y Platôs de Neópolis/SE.

Basado en los datos del perímetro bajo responsabilidad de Codevasf, se estima que por cada 100 hectáreas irrigadas en producción se generan 116 empleos directos y 172 indirectos. Por lo tanto, se estima que los perímetros son responsables de alrededor de **580.000 empleos** (40% directos y 60% indirectos).

La **emancipación** de los proyectos, es decir, la transferencia de la gestión a los productores con sostenibilidad económica, política y social, ha sido un desafío para los productores y las instituciones responsables. Muchos proyectos se concibieron sin el arreglo productivo local completo y el arreglo institucional necesario para la sostenibilidad a largo plazo. En la gestión moderna, la infraestructura del tipo *Supply Driven*, es decir, principalmente diseñada para inducir el desarrollo del suministro de agua, debe estar precedida por un plan de desarrollo regional completo, según lo recomendado por el **Plan Nacional de Seguridad Hídrica** (ANA & MIDR, 2019), seguido de una estrategia para implementar el acuerdo productivo local con los otros eslabones de la cadena de producción (desde insumos hasta consumidores).



Riego en Batatais (SP)
Raylton Alves / Banco de Imágenes

Proyectos públicos: ubicación, área ocupada, valor de producción y responsable

Proyecto público	Inicio de Operación	Municipio(s)	UF	Área total (ha)	Área implantada (ha)	Área en producción	VBP (millones R\$)	Responsable
Arroio Duro	1967	Camaquã	RS	58.623	20.406	20.406	R\$ 181	MIDR
Río Formoso	1980	Formoso do Araguaia	TO	27.787	23.000	20.000	R\$ 250	Estado de Tocantins
Senador Nilo Coelho	1984	Casa Nova, Petrolina	BA/PE	55.525	23.486	21.797	R\$ 1.555	Codevasf
Tourão	1979	Juazeiro	BA	14.567	14.677	14.677	R\$ 134	Codevasf
Jaíba - Etapa I	1975	Jaíba, Matias Cardoso, Verdelândia	MG	32.754	21.889	13.348	R\$ 248	Codevasf
Formoso (BA)	1989	Bom Jesus da Lapa	BA	15.505	11.772	8.337	R\$ 246	Codevasf
Chasqueiro	1985	Arroio Grande	RS	25.738	19.619	7.314	R\$ 14	MIDR
Platô de Neópolis	1995	Neópolis; Japoatã; Pacatuba; Santana do São Francisco	SE	10.432	7.230	6.860	-	Estado de Sergipe
Jaguaribe Apodi	1989	Limoeiro do Norte	CE	9.606	5.658	5.658	R\$ 31	DNOCS
Baixo Acaraú	2001	Bela Cruz; Acaraú; Marco	CE	13.909	8.439	5.277	R\$ 65	DNOCS
Caribe/ Fulgêncio	1998	Santa Maria da Boa Vista, Orocó	PE	33.437	4.728	4.728	-	Codevasf
Curaçá	1980	Juazeiro	BA	15.234	4.708	4.708	R\$ 160	Codevasf
Betume	1978	Propriá, Cedro do São João, Telha	SE	8.481	4.671	4.671	R\$ 9	Codevasf
Maniçoba	1980	Juazeiro	BA	11.786	4.847	3.913	R\$ 156	Codevasf
Salitre	1998	Juazeiro	BA	67.400	5.099	3.601	R\$ 79	Codevasf
Luiz Alves do Araguaia	2000	São Miguel do Araguaia	GO	8.148	2.742	2.742	R\$ 24	Estado de Goiás
Curu-Paraipaba	1974	Paraipaba	CE	6.913	3.357	2.733	R\$ 16	DNOCS
Boacica	1984	Igreja Nova	AL	5.484	2.762	2.299	R\$ 14	Codevasf
Icó-Mandantes	1994	Petrolândia	PE	26.097	2.187	2.187	-	Codevasf
Baixo Açu	1994	Ipanguaçu; Afonso Bezerra; Alto do Rodrigues	RN	6.000	5.168	2.099	-	DNOCS
Platôs de Guadalupe	1993	Guadalupe	PI	16.879	3.196	2.080	R\$ 36	DNOCS
Tabuleiros de Russas	2004	Russas; Limoeiro do Norte; Morada Norte	CE	18.915	10.766	2.055	R\$ 42	DNOCS
São Desidério/ Barreiras Sul	1978	São Desidério, Barreiras	BA	4.322	1.934	1.934	R\$ 5	Codevasf
Bebedouro	1968	Petrolina	PE	7.484	2.418	1.892	R\$ 49	Codevasf
Cotinguiba/Pindoba	1982	Neópolis, Japoatã, Propriá	SE	3.086	2.232	1.708	R\$ 6	Codevasf
Mirorós	1996	Gentio do Ouro, Ibipeba	BA	4.870	1.772	1.701	R\$ 20	Codevasf
Gorutuba	1978	Nova Porteirinha	MG	8.487	4.800	1.683	R\$ 34	Codevasf
Varzeas de	2006	Sousa; Aparecida	PB	6.336	4.404	1.600	R\$ 5	Estado da Paraíba

Continúa

Continuació

Proyecto público	Inicio de Operación	Municipio(s)	UF	Área total (ha)	Área implantada (ha)	Área en producción	VBP (millones R\$)	Responsable
Brumado	1986	Livramento de Nossa Senhora	BA	8.302	4.313	1.509	R\$ 12	DNOCS
Vaza Barris	1973	Canudos	BA	11.677	1.487	1.487	R\$ 23	DNOCS
Brígida	1994	Santa Maria da Boa Vista, Orocó	PE	8.685	1.436	1.436	-	Codevasf
Morada Nova	1970	Morada Nova; Limoeiro do Norte	CE	11.166	4.474	1.268	R\$ 1	DNOCS
Itiúba	1978	Porto Real do Colégio	AL	1.296	900	1.198	R\$ 7	Codevasf
São João	2010	Porto Nacional	TO	5.139	3.027	1.048	R\$ 7	Estado de Tocantins

Fuentes: Compilación a partir de datos MIDR, SISPI/MI, Distrito de Riego Nilo Coelho (DINC), Codevasf y DNOCS.

Notas: Año de referencia de la información: 2018/2019

VBP: Valor del producto de la producción (anual), en millones de reales.

Superficie total: incluye áreas de preservación permanente - APPs, reserva legal e infraestructura de uso común, además del área irrigable y de secano;

Área Irrigada Implantada: área donde se realizan todas las obras de infraestructura (sistemas comunes de riego y drenaje de parcelas, en el caso de lotes para el pequeño riego) necesarias para el inicio de la operación del proyecto y se completa la producción agrícola de los lotes;

Área en Producción: área irrigable desplegada que está siendo efectivamente utilizada para la explotación agrícola.



Plantación de regadío cerca de Parnaíba (PI)
Zig Koch /Banco de Imágenes ANA



Proyectos públicos: cultivos, sistemas de riego e infraestructura

Proyecto público	Cultivos principales	Sistemas principales	Infraestructura
Arroio Duro	Arroz	Inundación	-
Río Formoso	Arroz	Inundación y superficial	-
Senador Nilo Coelho	Mango (40%), uva (24%), coco (11%), banana (8%), guayaba (7%) y acerola (5%)	Microaspersión, aspersión y goteo	976 km de canales; 818 km de tuberías, 711 km de carreteras; 263 km de drenajes; 39 estaciones de bombeo
Tourão	Caña de azúcar (96%) y menor producción de frutíferas	Superficie, goteo, microaspersión y aspersión.	65 km de canales; 45 km de drenajes, 42 km de carreteras; 5 estaciones de bombeo
Jaíba - Etapa I	Los cultivos permanentes ocupan el 79% del área. Más del 50% es fruticultura, destacando limón, mango y banana.	Microaspersión y aspersión.	548 km de canales; 385 km de tuberías; 533 km de carreteras; 3 km de drenajes; 11 estaciones de bombeo
Formoso (BA)	91% banana	Microaspersión y aspersión	286 km de canales; 175 km de tuberías; 148 km de carreteras; 120 km de drenajes; 23 estaciones de bombeo
Chasqueiro	Arroz	Inundación	-
Platô de Neópolis	Caña de azúcar (~50%) y frutas, especialmente coco (~25%)	Microaspersión	-
Jaguaribe Apodi	Ocupación permanente 23% (banana 17%). Temporales ocupan 77% (maíz 51% y soja 18%)	Pivote central (predominante), microaspersión y goteo	-
Baixo Acaraú	Permanentes ocupan 64% (coco 26%, banana 11% y naranja 10%). Temporales ocupan 36% (sandía 8%, yuca 12% y frijoles 6%)	Microaspersión y goteo	-
Caribe/Fulgêncio	Permanentes ocupan el 71%, con predominio de la fruticultura. Banana ocupó el 56% del área.	Aspersión	39 km de canales; 200 km de carreteras; 1206 km de drenajes
Curaçá	Manga 57%, coco (20%) y uva (13%)	Microaspersión y aspersión	165 km de canales; 167 km de drenajes, 172 km de carreteras; 11 estaciones de bombeo
Betume	Arroz (100%)	Superficie 100%	148 km de red de riego; 134 km de drenajes, 88 km de carreteras; 24,8 km de diques, 9 estaciones de bombeo (sólo 4 para riego)
Maniçoba	Predominio de mango (59%), uva (5%) y caña de azúcar (20%)	Superficie, aspersión, microaspersión y, en menor escala, goteo	156 km de canales; 8 km de tuberías; 97 km de drenajes; 223 km de carreteras; 3 estaciones de bombeo.
Salitre	Banana, cebolla, caña de azúcar, mango, guayaba y coco	Goteo, superficie y microaspersión.	41,57 km de canales; 159,5 km de drenajes; 116,3 km de carreteras; 6,38 km de tuberías; 6 estaciones de bombeo (EB); y 8 reservorios
Brumado	Mango (90%)	Aspersor convencional, microaspersión	7 km de canales de aducción, 7,6 km de canales primarios; 31,5 km de drenajes y 8,4 km de carreteras principales
Curu-Paraipaba	Permanentes ocupan el 91%, con predominio de coco (82%).	Aspersión (principal), microaspersión, goteo y pivote central	8 estaciones de bombeo, 845 m de canales de aducción, 7 km de canal de drenaje principal; 17,09 km de carretera principal
Luiz Alves do Araguaia	Arroz, melón, calabaza, sandía, maíz y soja	Inundación y superficial	-

Continúa

Continuació

Proyecto público	Cultivos principales	Sistemas principales	Infraestructura
Boacica	Caña de azúcar (51%), arroz (45%) y banana (4%)	Superficie y aspersión	150 km de canales; 146 km de drenajes, 122 km de carreteras; 46,6 km de diques, 3 estaciones de bombeo
Icó-Mandantes	Fruticultura, en particular calabaza (24%), sandía (23%) y coco (19%). Temporales ocupan el 72% del área	Aspersión convencional	90 km de carreteras; 610 km de drenajes
Baixo Açu	Permanentes ocupan 45% (banana 34%). Temporales ocupan el 55% (semilla de maíz (21%) y frijol (14%).	Aspersor convencional y pivote central	-
Platôs de Guadalupe	Permanentes ocupan el 87% (banana 70%) y guayaba el 13%). La sandía (temporal) ocupa el 13% del área	Pivote central, aspersor convencional, microaspersión y goteo	-
Tabuleiros de Russas	Predomina la fruticultura, en especial la sandía y el melón. Entre los temporales, destacan los frijoles	Microaspersión y goteo	-
São Desidério/Barreiras Sul	Pastos, maíz verde, yuca, banana, coco y frijoles	Superficie	99 km de canales; 95 km de drenajes superficiales, 6 ha de drenajes subterráneos, 155 km de red de carreteras
Bebedouro	Predomina la fruticultura (uva 74% y mango 16%)	Superficie, microaspersión y goteo.	31 km de canales; 45 km de carreteras; 64 km de drenajes; 5 estaciones de bombeo
Cotinguiba/Pindoba	Arroz (68%) y maíz (16%)	Superficie y aspersión.	96 km de red de riego (57 km en canales y 39 km en tuberías); 63 km de drenajes, 48 km de carreteras; 13 km diques, 16 estaciones de bombeo
Mirorós	Banana (89% do VBP e 72% da área)	Microaspersión y goteo	31 km de canales; 116 km de tuberías; 35 km de drenajes; 112 km de carreteras; 6 estaciones de bombeo
Gorutuba	Predomina la fruticultura (banana 74%). Los cultivos permanentes ocupan el 99% del área cultivada	Microaspersión, aspersión convencional y de superficie	134 km de canales; 320 km de carreteras; 136 km de drenajes
Varzeas de Sousa	Coco (40%) y banana (26%).	Aspersión (42%) y localizada (58%)	-
Vaza Barris	Permanentes ocupan el 84%, con predominio de la banana (82%). Las temporales ocupan el 16%.	Superficie/surcos	-
Brígida	Banana (35%) y yuca (55%). Temporales ocupan el 51% del área	Aspersión convencional	6 km de canales; 85 km de carreteras; 610 km de drenajes
Morada Nova	Arroz, frijoles, banana, acerola, coco, guayaba, graviola, hierba y sorgo	-	-
Itiúba	Arroz, caña de azúcar	-	-
São João	Piña	-	-

Fuentes: Compilación a partir de datos MIDR, SISPI/MI, Distrito de Riego Nilo Coelho (DINC), Codevasf y DNOCS.

Notas: Año de referencia de la información: 2018/2019

En los proyectos Codevasf, los porcentajes de los cultivos principales se refieren al valor bruto de la producción, excepto cuando se expresan como porcentaje de la superficie ocupada.





ÁREA ADICIONAL IRRIGABLE

El análisis del **potencial de expansión e intensificación** de la agricultura de regadío reúne variables explicativas en un intento de señalar las áreas que pueden instalarse en la agricultura de regadío. Tienden a centrarse en aspectos físico-ambientales y carecen de la aplicación de modelos económicos sólidos, así como de investigación de campo, pero proporcionan perspectivas y dirección tanto para el sector privado como para las políticas públicas.

En el ámbito del Programa Nacional de Riego – **PRONI**, en 1987 se publicó el mapeo de Áreas Potenciales de Concentración para la Agricultura Irrigada, realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) y la Fundación de Apoyo a Proyectos de Investigación en Ciencia y Tecnología Espacial (FUNCATE) y en 2009, recuperado y digitalizado en alianza con el Ministerio de Integración con la Compañía de Investigación de Recursos Minerales. El trabajo original comprendía el Centro-Sur y comprendía el análisis de imágenes satelitales, la consolidación de las bases cartográficas, el trabajo sobre el terreno y los sobrevuelos.

El estudio estableció una clasificación de las tierras cultivables y su encuadre en categorías de mayor o menor potencial para la agricultura de riego, sin embargo, no proporciona información espacialmente explícita sobre la disponibilidad de agua para riego, estando más enfocada en la calidad de la tierra para la agricultura en general (BRASIL, 2014).

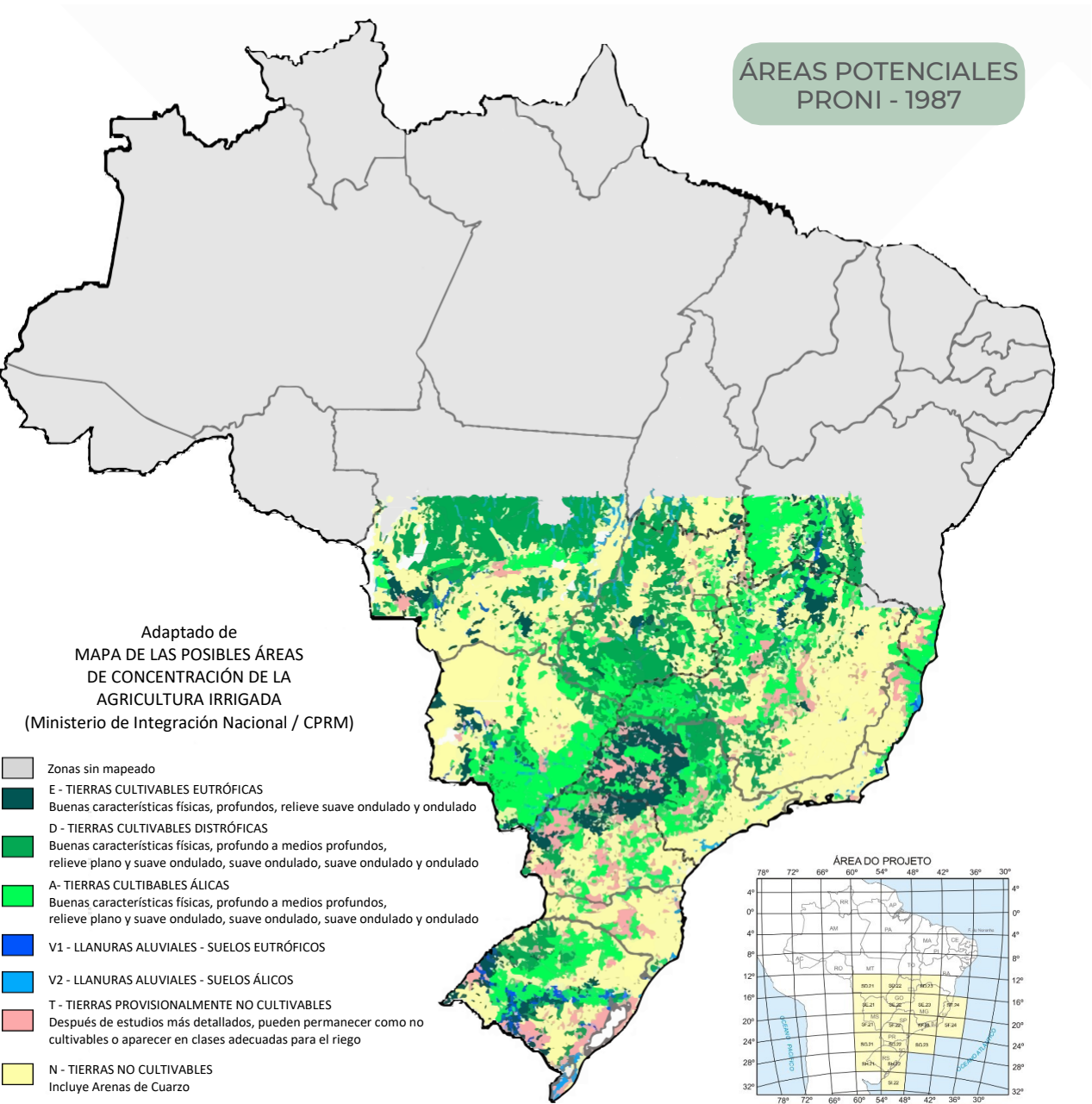
También dentro del ámbito del PRONI, se realizaron estudios en 1989 para jerarquización de áreas para riego privado en la región Nordeste. Con base en la información sobre el potencial del suelo y el agua, y los factores agrícolas y socioeconómicos, se identificó un potencial de 362 mil hectáreas para el desarrollo del riego privado en la región (BRASIL, 2006) – concentrado en el valle del río Parnaíba (PI/MA – 113 mil hectáreas) y su afluente el río Balsas (MA – 54 mil hectáreas); y en el valle del río São Francisco medio alto (MG/BA – 75 mil hectáreas).

Más tarde, a finales de la década de 1990, los estudios realizados por la Secretaría de Recursos Hídricos del Ministerio del Medio Ambiente estimaron un potencial de desarrollo de riego de 29,56 millones de hectáreas, de las cuales alrededor del 50% se encontrarían en la región Norte. Esta evaluación consideró la idoneidad de los suelos (clases 1 a 4), la disponibilidad de agua y el cumplimiento de la legislación ambiental de la época.

En 2014, el Ministerio de Integración Nacional, actualmente MIDR, publicó en colaboración con la USP/ESALQ, el estudio **Análisis Territorial para el Desarrollo de la Agricultura de Riego en Brasil** (BRASIL, 2014), que evaluó el área irrigable adicional del País utilizando como unidad territorial de análisis las ottocuecas (microcuencas). El procedimiento de cálculo de la superficie regable fue similar al utilizado en el dimensionamiento de los proyectos de riego en campo, teniendo en cuenta: (i) la demanda de agua de los cultivos de referencia (maíz y frijol); ii) el equilibrio cuantitativo entre el uso del agua y la disponibilidad de agua superficial; iii) y la superficie disponible para actividades agropecuarias. Para la definición de las clases territoriales, también se analizaron otros aspectos, como la dinámica de la tierra, la calidad logística y la importancia ambiental.

4 ÁREA ADICIONAL IRRIGABLE

Riego con pivote central a orillas del río Mogi-Guaçu, entre Descalvado/SP y Santa Rita do Passa Quatro/SP
Raylton Alves / Banco de Imágenes ANA



Fuente: INPE/FUNCATE/MI/CPRM (apud. Brasil, 2014).

Este estudio de 2014 fue adaptado y utilizado como referencia en la primera edición de Atlas Riego. El potencial total se estimó en 76,19 millones de hectáreas (Mha), distribuidas en clases de acondicionamiento suelo-relieve: 21,80 Mha adicionales irrigables con alta aptitud; 25,86 Mha con media aptitud; y 28,53 Mha con baja idoneidad. El Centro Oeste se destaca por la concentración del 43,1% de áreas adicionales irrigables con alta idoneidad en Brasil.

Basado en la base de datos del estudio modificado, se preparó un indicador del potencial de expansión efectivo en el momento del Atlas 2017, considerando

solo las áreas con idoneidad del suelo alta o media; idoneidad de relieve alto; alta calidad logística (existencia de flujo de producción y de energía eléctrica); exclusión de otras áreas de protección ambiental; y clases territoriales que indiquen expansión del riego, es decir, combinaciones en las que existe tanto el potencial de expansión adicional como la agricultura de riego ya establecida (refiriéndose a la presencia de infraestructura, servicios de apoyo, tecnología y asistencia técnica). Este potencial se estimó en 11,12 Mha, concentrado en el Centro-Sur de Brasil, lo que explica con mayor precisión el potencial de expansión a corto y mediano plazo.

Potencial de suelos para riego-
Levantamiento de 1999

Región / UF	ÁREA POTENCIAL (1.000 ha)	ÁREA POTENCIAL (%)
NORTE	14.598	49,4%
AC	615	2,1%
AM	2.852	9,6%
AP	1.136	3,8%
PA	2.453	8,3%
RO	995	3,4%
RR	2.110	7,1%
TO	4.437	15,0%
NORDESTE	1.304	4,4%
AL	20	0,1%
BA	440	1,5%
CE	136	0,5%
MA	244	0,8%
PB	36	0,1%
PE	235	0,8%
PI	126	0,4%
RN	39	0,1%
SE	28	0,1%
SUDESTE	4.229	14,3%
ES	165	0,6%
MG	2.345	7,9%
RJ	207	0,7%
SP	1.512	5,1%
SUR	4.507	15,2%
PR	1.348	4,6%
RS	2.165	7,3%
SC	994	3,4%
CENTRO OESTE	4.926	16,7%
DF	18	0,10%
GO	1.297	4,4%
MS	1.222	4,1%
MT	2.390	8,1%
BRASIL	29.564	-

Fuente: MMA/SRH/DDH (1999). Revisado por Christofidis (2002) (apud. Brasil, 2006).

El **Análisis Territorial para el Desarrollo de la Agricultura de Riego en Brasil** se actualizó entre 2019 y 2020 en un nuevo esfuerzo conjunto de ANA con el MIDR y USP/ESALQ (Grupo de Políticas Públicas - GPP). Se adoptaron bases de datos más actualizadas, criterios técnicos más perfeccionados y simulaciones más explícitas del balance hídrico de las fuentes de agua superficiales y subterráneas. La actualización es parte, simultáneamente, del Plan de Acción Inmediata de la Agricultura de Riego en Brasil (en preparación por el MIDR) y la nueva edición de Atlas Riego.

La metodología actual parte de la consolidación de mapas de **uso del suelo**, considerándose sujetos a riego únicamente los usos agrícolas consolidados, es decir, sin considerar la apertura de nuevas áreas, aunque en cumplimiento de la legislación vigente. Este supuesto se justifica tanto por la sostenibilidad (no predecir nuevas conversiones de uso) como por el límite de disponibilidad hídrica - los manantiales locales apoyan de manera sostenible el riego de solo una parte de la superficie agrícola actual de 248,6 millones de hectáreas (73,9 Mha de agricultura y 174,7 Mha de pastos).

La adopción del riego con agua superficial en las áreas de agricultura de secano se llamaron **intensificación**; la conversión potencial de pastos a agricultura de regadío se llamó **expansión**. Además, con el fin de apoyar a las regiones con la mayor limitación de aguas superficiales, se estimaron las áreas agrícolas restantes (de secano + pastos) que podrían expandirse con aguas subterráneas.

El segundo componente de la metodología se refiere a la **demanda hídrica de los cultivos de referencia** (arroz, caña de azúcar, frijoles y maíz), estimada en las microcuencas a partir del uso consolidado, el balance hídrico climatológico y los criterios técnicos para la conversión en flujo unitario del proyecto. La demanda de agua se simuló para los 36 períodos de diez años (cada 10 días), adoptándose como referencia el periodo de diez años más crítico, es decir, en el momento de menor satisfacción del agua y máximo Kc (tiempo de floración, en el caso de cultivos anuales). Estos criterios son capaces de guiar el dimensionamiento del sistema de riego con mayor seguridad - se adopta el procedimiento similar en la evaluación de proyectos con el propósito de otorgar el uso de agua para riego.

El tercer bloque de la metodología consolida las etapas anteriores (caudal necesario para regar toda el área de agricultura y pastos disponibles en la microcuenca). Las áreas ya irrigadas se descartan, pero las únicas áreas fertirrigadas no están excluidas del potencial, y pueden intensificarse con el riego en sí.

Posteriormente, se simula el **balance hídrico en los manantiales** (relación demanda potencial x suministro de agua en los ríos). El suministro se caracteriza por el flujo de referencia con garantía del 95% (Q_{95%}) obtenido de series de flujos diarios observados en estaciones de flujo o series de flujos modelados en lugares específicos. Antes de la simulación, se descuentan la demanda ya instalada de riego y las demandas actuales y proyectadas de los otros usos del agua (uso humano urbano y rural, suministro animal, industria, minería y termoelectricidad).

Además, el estudio produjo otros indicadores que marcan análisis complementarios del potencial efectivo, como los de la **aptitud suelo-relieve** y de **infraestructura** (energía, transporte por carretera y ferrocarril y capacidad de almacenamiento de productos agrícolas).

Como resultado, se estima un área adicional irrigable en Brasil de **55,85 Mha**, 26,69 Mha en áreas con agricultura de secano (36% del área agrícola consolidada). Otros 26,73 Mha se pueden regar en áreas de pasto (15% del área consolidada de pastos).



Área Adicional Irrigable para usos agropecuarios en Brasil



Área adicional irrigable (potencial total y efectivo) - por Región y UF

Región / UF	ÁREA ADICIONAL IRRIGABLE - TOTAL (1.000 ha)					POTENCIAL EFECTIVO	
	Aguas superficiales		Aguas subterráneas	Total	Total (%)	(1.000 ha)	(%)
	Intensificación en agricultura	Expansión en los pastos					
NORTE	797	10.142	347	11.287	20,2%	294	2,1%
AC	0	691	0	691	1,2%	-	-
AM	7	1.420	7	1.434	2,6%	-	-
AP	26	70	4	99	0,2%	-	-
PA	230	4.267	181	4.678	8,4%	84	0,6%
RO	159	2.240	99	2.497	4,5%	-	-
RR	14	207	2	224	0,4%	-	-
TO	361	1.248	54	1.663	3,0%	210	1,5%
NORDESTE	1.112	2.104	105	3.321	5,9%	279	2,0%
AL	22	21	2	46	0,1%	18	0,1%
BA	633	879	49	1.560	2,8%	129	0,9%
CE	78	92	1	171	0,3%	25	0,2%
MA	197	944	23	1.164	2,1%	72	0,5%
PB	13	23	0	36	0,1%	4	0,03%
PE	32	63	0	95	0,2%	9	0,1%
PI	97	52	27	176	0,3%	19	0,1%
RN	32	13	2	47	0,1%	3	0,02%
SE	9	16	0	26	0,0%	1	0,01%
SUDESTE	8.150	4.116	672	12.938	23,2%	2.593	18,9%
ES	329	40	20	389	0,7%	88	0,6%
MG	3.407	3.241	385	7.033	12,6%	1.181	8,6%
RJ	326	265	27	618	1,1%	26	0,2%
SP	4.088	570	239	4.898	8,8%	1.299	9,5%
SUR	7.706	540	353	8.599	15,4%	4.293	31,4%
PR	3.587	275	219	4.082	7,3%	2.030	14,8%
RS	2.904	42	65	3.011	5,4%	1.896	13,9%
SC	1.215	223	69	1.507	2,7%	366	2,7%
CENTRO OESTE	8.929	9.824	954	19.707	35,3%	6.227	45,5%
DF	30	19	3	53	0,1%	30	0,2%
GO	1.988	2.397	183	4.567	8,2%	1.415	10,3%
MS	1.670	2.867	189	4.725	8,5%	848	6,2%
MT	5.241	4.541	579	10.362	18,6%	3.934	28,7%
BRASIL	26.694	26.726	2.431	55.851	-	13.687	-

Nota: las celdas resaltadas en verde indican los estados con mayor participación en el potencial total o efectivo.

El área adicional sobre las áreas agropecuarias sin disponibilidad superficial, pero con disponibilidad subterránea, es de 2,43 Mha.

Con esto, se concluye que si bien el área es expresiva en números absolutos, solo el **22% del área actualmente antropizada con agricultura y pastos en Brasil puede ser regada** debido a las limitaciones en la disponibilidad hídrica de los manantiales locales.

Como potencial efectivo, que hace explícita de forma más específica el potencial a corto y medio plazo en el territorio brasileño, se consideran las áreas de intensificación en la agricultura de secano que tienen una aptitud de alivio del suelo media o

alta; y el indicador más favorable de infraestructura (clase alta). Además, las actuales áreas de caña de azúcar con un déficit de agua climática de menos de 400 mm por año están excluidas del potencial efectivo.

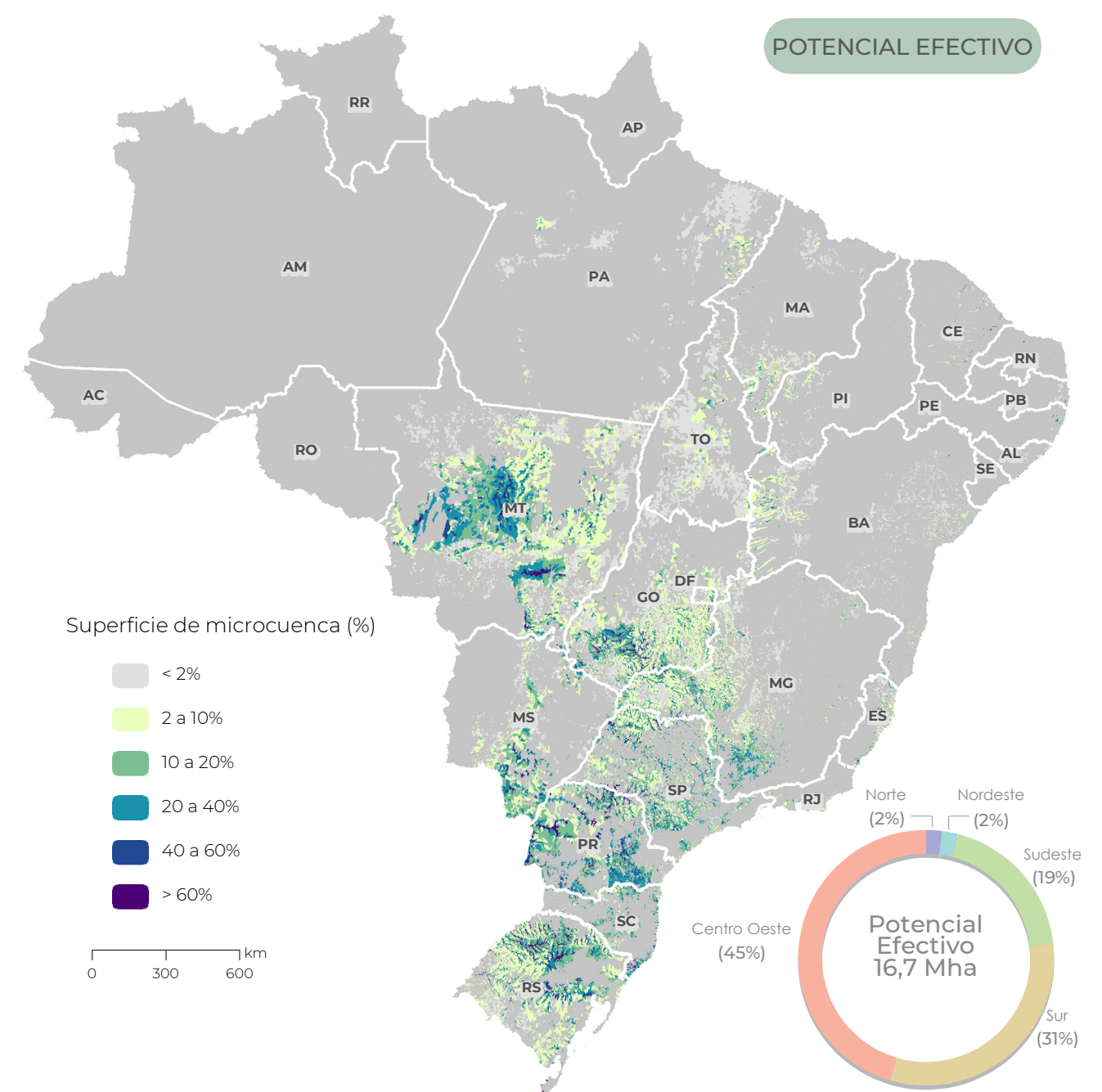
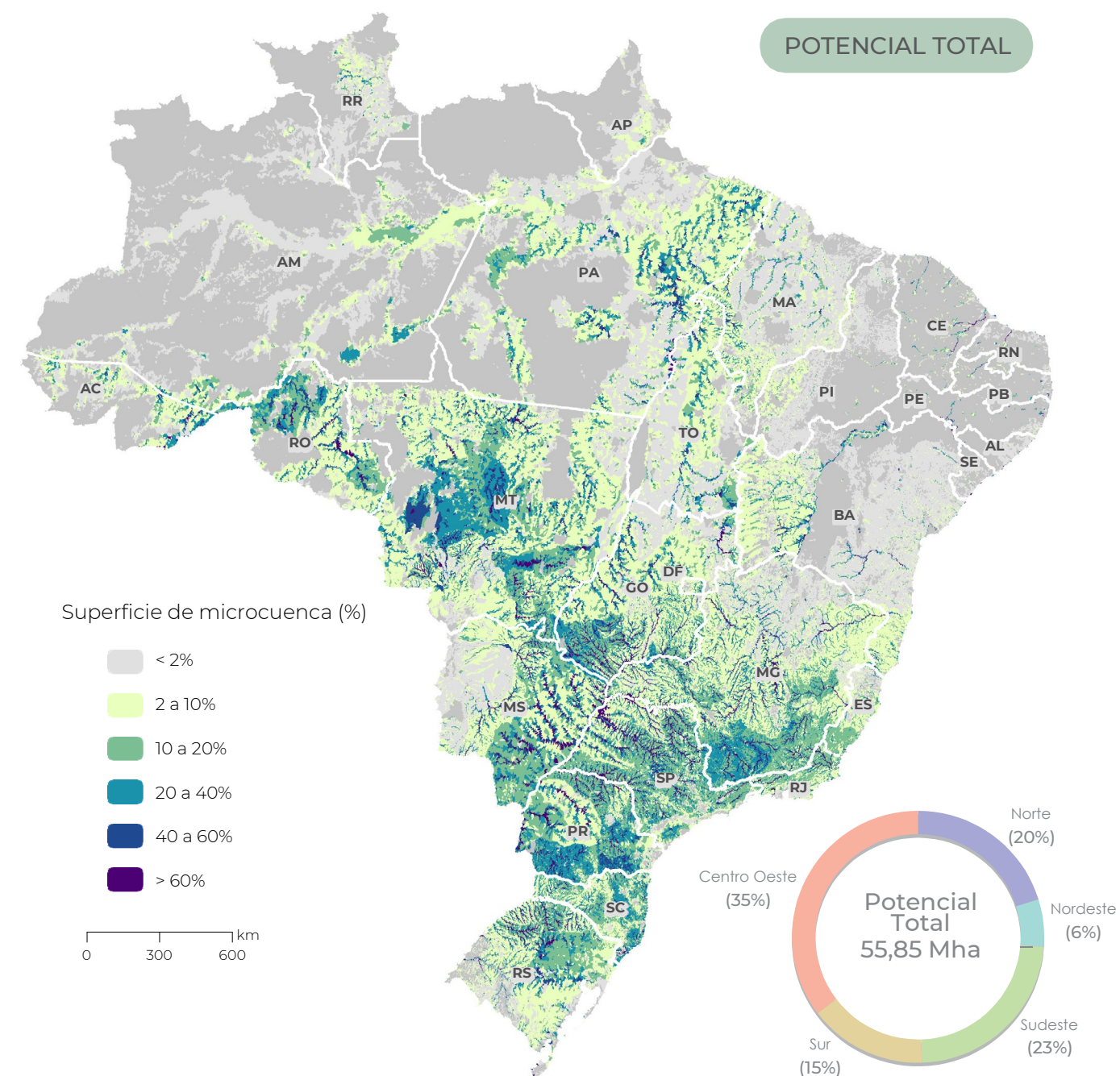
El **potencial efectivo es de 13,7 Mha** y se concentra en el Centro Oeste (45%), Sur (31%) y Sudeste (19%). Entre los estados, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul y Santa Catarina tienen el mayor potencial para aumentar las áreas irrigadas. Estas regiones ya destacan por el fuerte crecimiento del área en los últimos años, especialmente Goiás, Bahia, Mato Grosso y Rio Grande do Sul.

El **potencial** de instalación de riego (total y efectivo) **debe observarse con precaución**, siendo útil para la planificación general, la zonificación y el monitoreo del sector. Las particularidades locales, la expansión de la infraestructura y las obras de infraestructura hídrica pueden cambiar la estimación de la superficie irrigable adicional, especialmente cuando el suministro de agua aumenta a través de transferencias desde otras cuencas. Además, debe mejorarse la modelización territorial, en particular en lo que respecta a las herramientas de balance hídrico en los manantiales y la información sobre otros usos actuales y previstos del agua.

Además de las posibilidades de expansión de las áreas irrigadas, es importante observar las tendencias de la mediano plazo, con el fin de

estimar las regiones prioritarias y las perspectivas de aprovechar este potencial en los próximos años. Hay pocos indicadores que apunten a las tendencias en la expansión del riego en Brasil – indicadores relacionados con la agricultura generalmente se agregan con las áreas de secano. Como estas áreas son generalmente mucho más altas que las áreas de riego, los indicadores no caracterizan la dinámica de la agricultura de riego.

Con el fin de satisfacer la falta de proyecciones, se presenta el siguiente es el escenario de tendencia para el crecimiento de las áreas de riego en el horizonte **2040**. Tendencialmente, se estima que las políticas públicas y las condiciones para financiar y promover la agricultura irrigada no cambiará



significativamente a medio plazo; o incluso que cualquier cambio más significativo no producirá efectos a gran escala en el horizonte considerado. Así pues, las tendencias observadas en el pasado reciente y el análisis de la situación actual pueden utilizarse para realizar proyecciones en los próximos 20 años. Las mismas tendencias observadas en Atlas 2017 continúan hoy, pero los datos presentados en esta edición permiten un refinamiento de las estimaciones.

No se consideró un escenario de incremento en las áreas fertirrigadas, tanto por no captar directamente el agua de los manantiales como por la tendencia de la reutilización agronómica cada vez más eficiente, aumentando la eficiencia industrial (generando menos efluentes) y con técnicas de aplicación más optimizadas (como la concentración de la vinaza). Se estima, por lo tanto, que habrá cambios en la geografía de la fertirrigación a través del territorio, pero el área total sufrirá pocos cambios, quedando en 2040 cerca de 2,9 Mha.

Las proyecciones indican la **incorporación de 4,2 millones de hectáreas regadas para 2040** - un promedio de **200.000 hectáreas por año** -, acercando al país a la superficie total de 12,4 millones de hectáreas irrigadas. Este incremento corresponde a un incremento del 51% sobre la superficie actual (irrigada + fertirrigada) o del 79% considerando zonas regadas excepto fertirrigación. Este incremento también corresponde a la aprobación del 30% del potencial efectivo y solo del 7% del potencial total.

Los métodos más eficientes en el uso del agua - irrigación localizada (goteo y microaspersión) y aspersión de pivote central - deben ser responsables de alrededor del 75% de este crecimiento. La aspersión son convencionales y con

el carrete enrollador (*hidro roll*) también debe seguir siendo importante en este escenario de expansión. Los métodos de riego superficial (surcos, franjas e inundaciones) deben continuar en una tendencia de retroceso, con la excepción del arroz inundado, que tiene una tendencia de estabilidad a corto plazo, pero una tendencia de expansión a largo plazo en los principales polos productores, especialmente con la recuperación de áreas en el sur donde el arroz se ha reducido en 250 mil hectáreas en los últimos años.

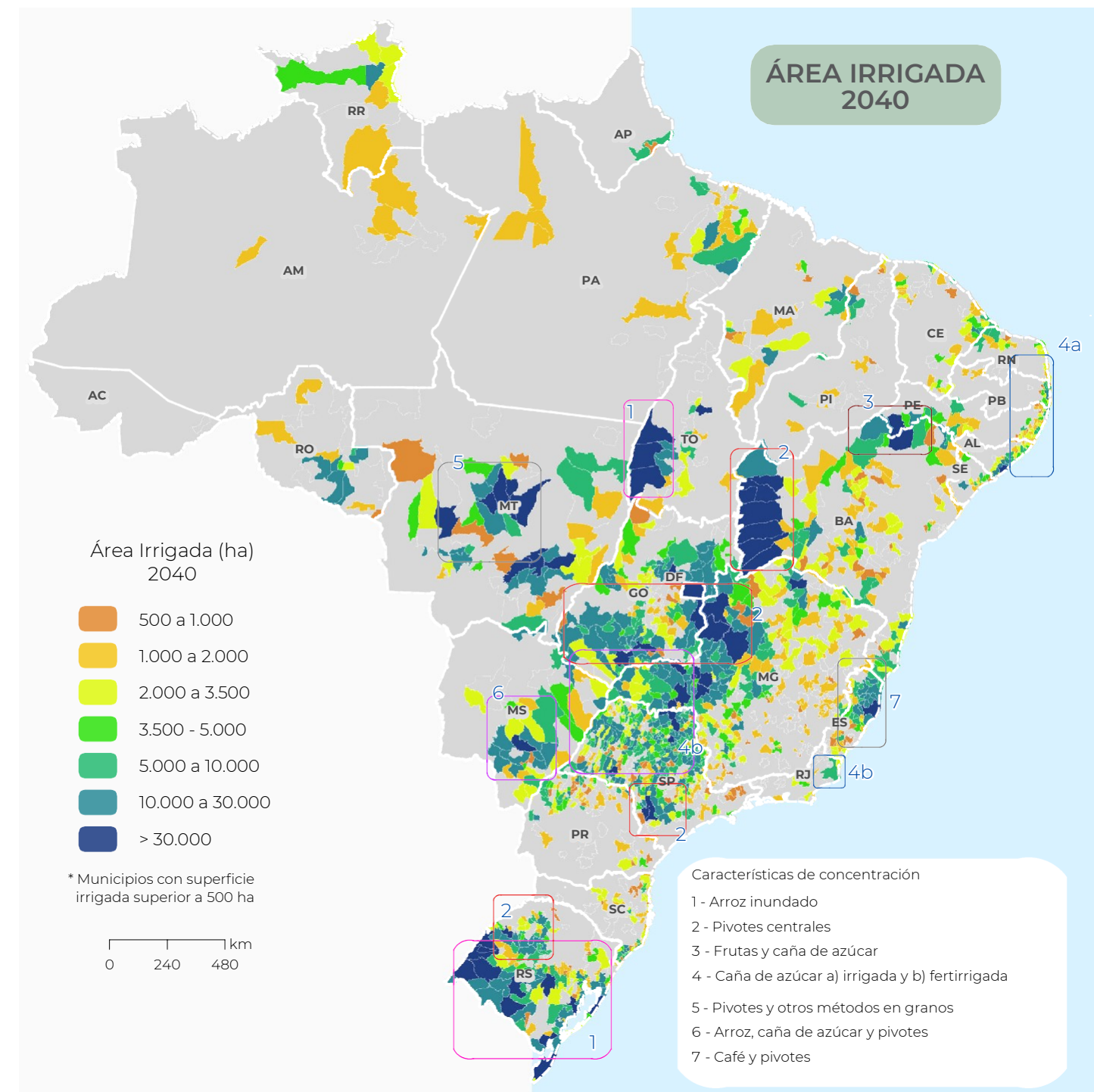
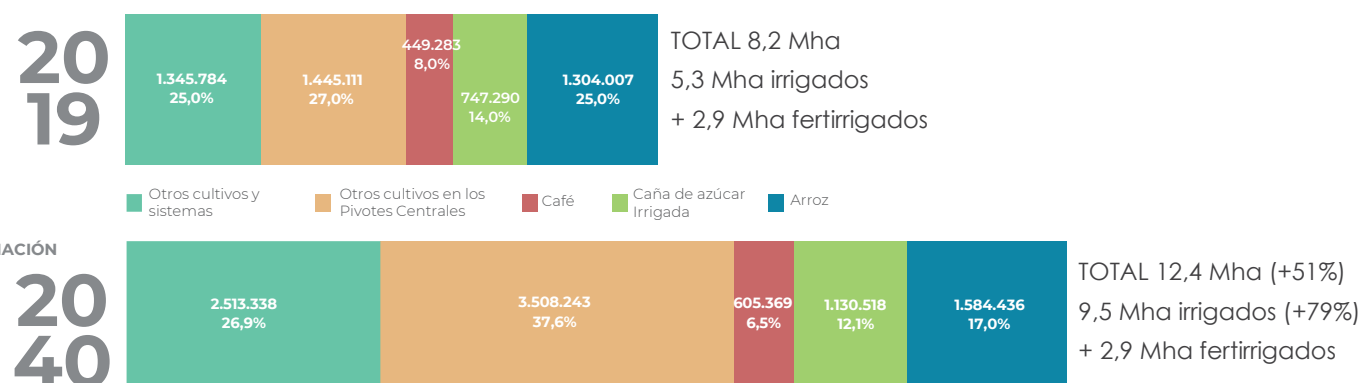
Los cultivos temporales cultivados bajo pivotes continuarán liderando la expansión del riego con unas 100 mil hectáreas adicionales al año, en promedio (50% del crecimiento). El arroz, la caña de azúcar y el café deberían aportar una media de 40.000 hectáreas al año. Otros cultivos, especialmente frutícolas, deberían sumar entre 50 y 60 mil hectáreas por año de expansión.

Por lo tanto, aunque todas las tipologías presenten un crecimiento absoluto, la participación relativa cambiará. Haciendo caso omiso de la fertirrigación, el arroz inundado tiende a reducir su participación en el área del 25% en 2019 al 17% en 2040; la caña de azúcar reducirá ligeramente su participación del 14% al 12,1%, así como el café (del 8% al 6,5%); los pivotes centrales tienden a aumentar su participación del 27% al 37,6%; y otros cultivos en otros sistemas deberían fluctuar del 25% al 26,9%. En cuanto a este último grupo, cabe señalar que el balance de crecimiento estimado debe centrarse en el riego localizado y la microaspersión, mientras que los métodos de superficie (surcos, pistas e inundaciones, excepto arroz) deben mostrar retracción (áreas con riego desactivado o reemplazo con otros métodos).

Las perspectivas de crecimiento son compatibles con las series históricas analizadas, tales como: áreas de riego de los Censos Agropecuarios (IBGE); cultivos y cosechas con una alta participación de riego en Producciones Agrícolas Municipales - PAM (IBGE); estimaciones del sector de venta de equipos (CSEI/Abimaq, 2020); y proyecciones sectoriales para el agronegocio (FIESP, 2019). CSEI/Abimaq (2020), por ejemplo, estimó un incremento medio anual de 211 mil horas en los últimos años (2011-2019), con variación entre 176 mil hectáreas en 2011 y 272 mil hectáreas en 2013. En 2019, la expansión se estimó en 210 mil hectáreas.

Aunque la expansión estimada es compatible con las tasas recientes, existen desafíos para su mantenimiento en los próximos 20 años, especialmente en lo que respecta al crédito, el cambio climático/variabilidad y la capacidad de apoyo ambiental y hídrico de los polos de riego. Hay, al mismo tiempo, oportunidades para aceptar esta expansión con sostenibilidad, lo que lleva a un nuevo nivel de crecimiento de alrededor de 300 mil hectáreas por año, lo que podría llevar a Brasil a la incorporación de 6 Mha para 2040 (43% más alto que los 4,2 Mha proyectados en el escenario de tendencia).

Área Irrigada en Brasil por Tipología - 2019 y 2040





Contexto

El riego es un **uso consuntivo** del agua, es decir, cambia sus condiciones a medida que se almacena, se retira del ambiente y la mayor parte es consumida por la evapotranspiración del cultivo, no regresando directamente a los cuerpos hídricos. Aunque el ciclo hidrológico está cerrado, este consumo significa que el agua no está disponible para otros usos en ese lugar y tiempo.

Actualmente, el riego representa alrededor del 50% de la captación de agua bruto en fuentes de agua superficiales y subterráneas en Brasil (el suministro urbano, por ejemplo, representa el 24% de la extracción total). Esta proporción de riego es similar a la observada en la media mundial.

Existen varias técnicas para calcular la demanda de agua para la agricultura irrigada, siendo más común el uso de métodos indirectos basados en la necesidad de agua de cultivo, en una determinada etapa de desarrollo y en un lugar determinado. Este tipo de estimación simplifica los procesos que se producen en la interfaz agricultura irrigada - ciclo hidrológico, en función de la disponibilidad de información climática y las características de los cultivos y sistemas de riego.

Los **datos climáticos** informan cuál es el suministro de agua de lluvia a las plantas y cuál es la evapotranspiración potencial de una región. Para la estimación actual, se consultaron alrededor de 10.000 estaciones pluviométricas (datos de precipitación), de las cuales 3.700 presentaron un número relevante de datos para su uso en las estimaciones. El número de estaciones meteorológicas se incrementó de 524 a 654 - las variables y el resultado del cálculo de la evapotranspiración potencial experimentaron un amplio proceso de consistencia en asociación entre ANA y la Universidad Federal de Paraná - UFPR. En Atlas, las estimaciones se presentan tanto con el clima observado en las series históricas hasta 2019 como con el clima medio obtenido de estas series.

Cada **cultivo** necesita una cantidad de agua y en cada etapa de desarrollo del mismo cultivo esta cantidad varía. Esta información se agrega para calcular la evapotranspiración real del cultivo, es decir, el suministro de agua necesario para sus procesos fisiológicos en ese clima local. El clima y el cultivo, junto con la información sobre el **suelo**, ayudan a estimar la disponibilidad de agua en el suelo y la precipitación efectiva (agua de lluvia que la planta puede aprovechar efectivamente). El riego tiene como objetivo complementar lo que la planta necesita, es decir, complementa lo que proporcionan otras fuentes (suelo y lluvia).

Finalmente, es necesario conocer la eficiencia del **sistema de riego** adoptado para estimar las pérdidas que se producen entre el volumen de agua recolectada y el volumen de agua utilizada por la planta. La eficiencia en el uso del agua se aborda al final de este capítulo.

5 USO DEL AGUA

Pivote central con caña de azúcar en Juazeiro/BA
Bernardo Rudorff / banco de imágenes ANA

Demandas de captación de agua en Brasil en 2019

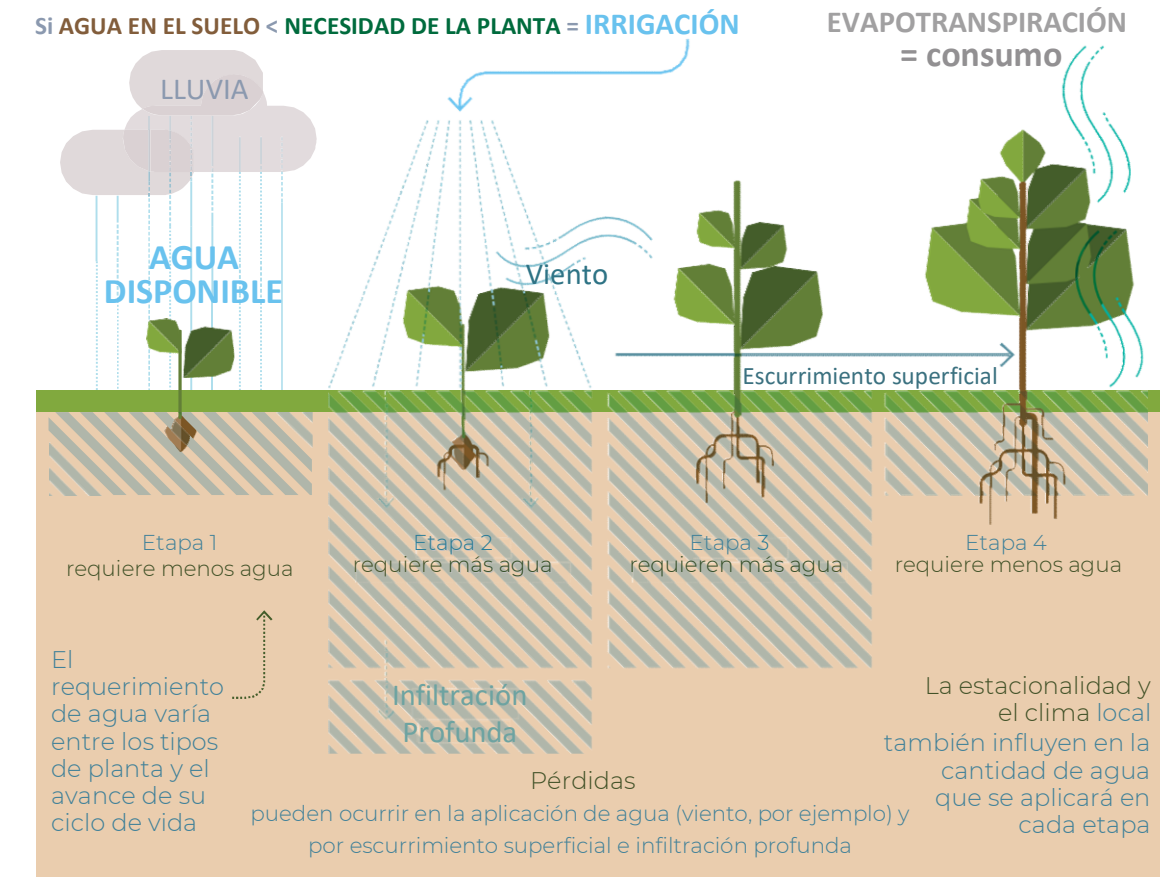


Fuente: adaptado del Panorama de Recursos Hídricos en Brasil (ANA, 2020)

El cálculo de la demanda de agua es complejo – implica decenas de variables, constantes y ecuaciones que dan como resultado una necesidad de riego específico de cada cultivo en ese lugar y periodo del año, es decir, en el volumen de agua a aplicar para el pleno desarrollo de los cultivos. Estas láminas específicas se multiplican por el **área de riego**, de ahí la importancia de esta variable para estimar el uso del agua.

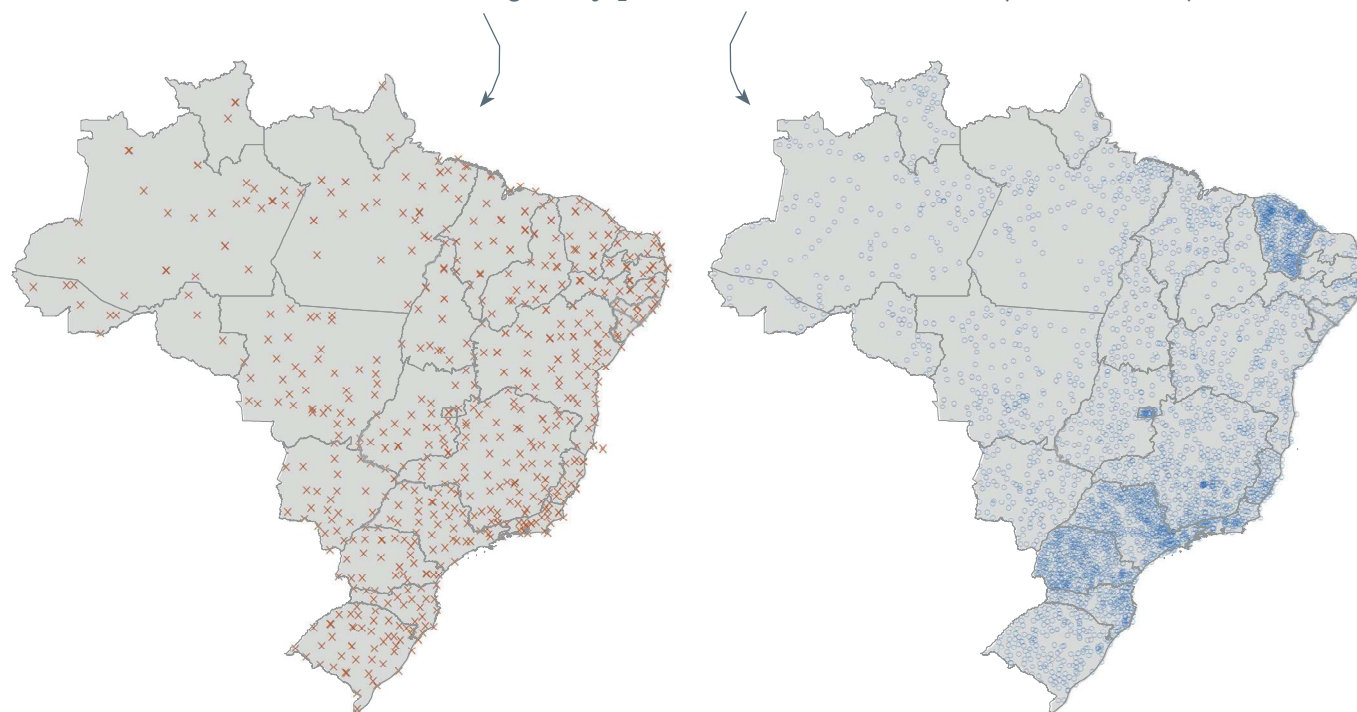
Más información sobre la metodología de las estimaciones se pueden encontrar en el **Manual de Usos Consuntivos del Agua** (ANA, 2019) y en los **Coefficientes Técnicos para la Agricultura de Riego en Brasil** (ANA, 2020). Cabe señalar que, además del método general para todos los cultivos, ANA adopta adaptaciones metodológicas para estimar las demandas de arroz y caña de azúcar bajo inundación, ya que tienen diferentes dinámicas de uso y manejo del agua.

Representación esquemática de las necesidades hídricas en el riego



Fuente: adaptado del Panorama de Recursos Hídricos en Brasil (ANA, 2017)

Estaciones meteorológicas y pluviométricas utilizadas (clima medio)



Áreas de arroz de regadío en Manoel Viana (RS)
Zig Koch / Banco de imágenes ANA



Uso del agua en arroz inundado

En la rizicultura de inundación, la evaporación de la lámina de agua es un factor crítico a considerar en el cálculo, así como los diferentes tipos de manejo – agrupados en sistemas convencionales y pre-germinados. En el primer caso, la siembra se realiza en suelo no inundado, y la inundación se inicia pocos días después de la emergencia de las plantas. En el sistema pregerminado, el riego comienza antes de la siembra, durante los procedimientos finales de preparación del suelo. Después de esta etapa, la altura de la lámina del agua se eleva a un cierto nivel y se mantiene hasta la siembra, que se produce en el suelo inundado. Debido a estas peculiaridades, se considera en los periodos de llenado de los marcos y pre-siembra que la demanda de agua es la de evaporación, ya que el cultivo aún no está establecido.

Teniendo en cuenta un ciclo medio de 122 días, el sistema convencional requiere entre 80 y 100 días de riego hasta llegar al momento de vaciar las mesas y preparación para la cosecha. En la pre-germinación, el riego comienza unos 25 días antes de la siembra, totalizando alrededor de 100 a 125 días de riego. A pesar de la diferencia en el número de días bajo riego, el consumo de agua es equivalente, debido a que en el pre-germinado la necesidad de reemplazo de agua por pérdidas por percolación es menor que en el sistema convencional.

El suministro de agua requerido para el arroz bajo inundación varía de 6 a 12 mil m³ por hectárea (caudal de 0,7 a 1,75 litros por segundo por hectárea) (SOSBAI, 2018). En las estimaciones realizadas por ANA (2017), la media nacional es de 8,9 miles de m³/ha. Las condiciones de manejo, suelo, pendiente, clima y los cultivares seleccionados condicionan los diferentes volúmenes de agua aplicados por los productores. Un cultivar de ciclo más largo en suelos más arenosos, con mayor pendiente, en años más secos requerirá más agua, por ejemplo.

Uso de agua en la caña de azúcar

Con respecto a la caña de azúcar, se consideran tres diferentes formas de gestión del agua captada en los manantiales: riego pleno, riego suplementario y riego por rescate, siendo este último el dominante.

El riego completo consiste en la aplicación de la lámina agua para abastecer el déficit hídrico total del cultivo, calculado para los demás cultivos. Sin embargo, en el décimo mes del ciclo de cultivo, el riego debe suspenderse para favorecer la maduración, lo que significa un corte en el uso del agua. El riego adicional consiste en abastecer parcialmente la deficiencia hídrica (aproximadamente el 50%), además de ver también el corte del riego en el décimo mes del ciclo. El riego de rescate, que representa más del 80% de la superficie de riego de la caña de azúcar, consiste en la aplicación de agua en un periodo relativamente corto.

El rescate se realiza con carrete enrollado (*hidro roll*) o con pivote remolcable, aplicándose láminas del orden de 20 a 80 mm/año, en general después de cada corte anual de la caña, favoreciendo su recuperación, productividad y longevidad. Esta gestión varía entre plantas y cosechas - el valor medio obtenido en el levantamiento del Atlas fue de 58 mm, distribuidos mayoritariamente en dos aplicaciones después del corte.

El rescate se consorciado (mezclado o alternado) con la propia fertirrigación, que consiste en la reutilización agronómica de efluentes industriales de los procesos de producción de azúcar y etanol. Debido a esta característica, no es posible distinguir con precisión los volúmenes capturados específicamente y los de reutilización aplicados en las áreas de rescate. En promedio, la relación ocurre 1:1 o 1:2.

En las áreas identificadas como fertirrigación, no se estiman la demanda hídrica. Estas son presumiblemente áreas con reutilización solamente siendo la demanda de captación ya contabilizada en el sector agroindustrial. La lámina media aplicada es de 20 mm, pero con alta dispersión - hay plantas que trabajan con vinaza concentrada del orden de 2 a 4 mm hasta usos que aplican láminas superiores similares a las del rescate.

Fertirrigación realizada con vinaza y agua residual resultante de las decisiones de gestión agrícola e industrial, de manera integrada y dependiente. Este tipo de riego realizado ampliamente por el sector azucarero-energético tiene como objetivos principales el uso racional del potencial fertilizante de los efluentes de la industria y el cumplimiento de la normativa y las prácticas sectoriales de sostenibilidad. La fertirrigación se realiza siguiendo criterios técnicos para la nutrición de la caña de azúcar y normas ambientales específicas que regulan su adopción. Esta práctica suele ocurrir a través de la aplicación de pequeñas láminas para reducir el estrés hídrico y mejorar las condiciones de crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, notablemente después del corte, sin embargo, este efecto es sutil en el vigor vegetativo de la caña de azúcar en imágenes satelitales analizadas, en comparación con áreas vecinas que no recibieron. El macroflujo de agua en el proceso agroindustrial de la producción de azúcar y etanol en Brasil se presenta en la infografía. Los valores de referencia buscan retratar patrones encontrados en la literatura y en consulta con especialistas, pero en unidades industriales específicas los números pueden desviarse significativamente dependiendo de las tecnologías utilizadas, buenas prácticas de uso y reutilización, proporción de producción de etanol y azúcar, entre otros factores.

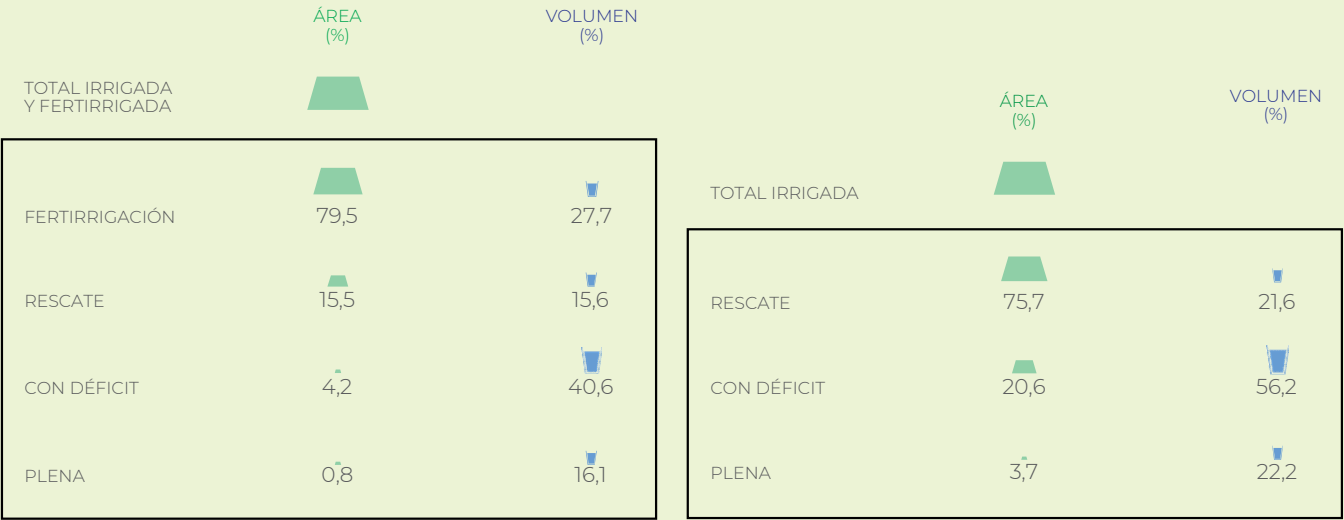
En vista de las normas ambientales, el 100% del lanzamiento tiende a ser reutilizado agronómicamente con valores de referencia entre 800 y 1.100 litros por tonelada de caña procesada. El

objetivo de la captación de agua ("agua azul") para valores del orden de 1.000 litros/t de caña de azúcar en el Centro-Sur se ha logrado por el sector - estos valores han sido del orden de 15 a 20 mil litros/t de caña de azúcar durante unas cuatro décadas, debido a los circuitos de uso de agua abierta. Además, 700 litros/t de caña de azúcar ingresan al flujo agroindustrial desde la propia caña de azúcar.

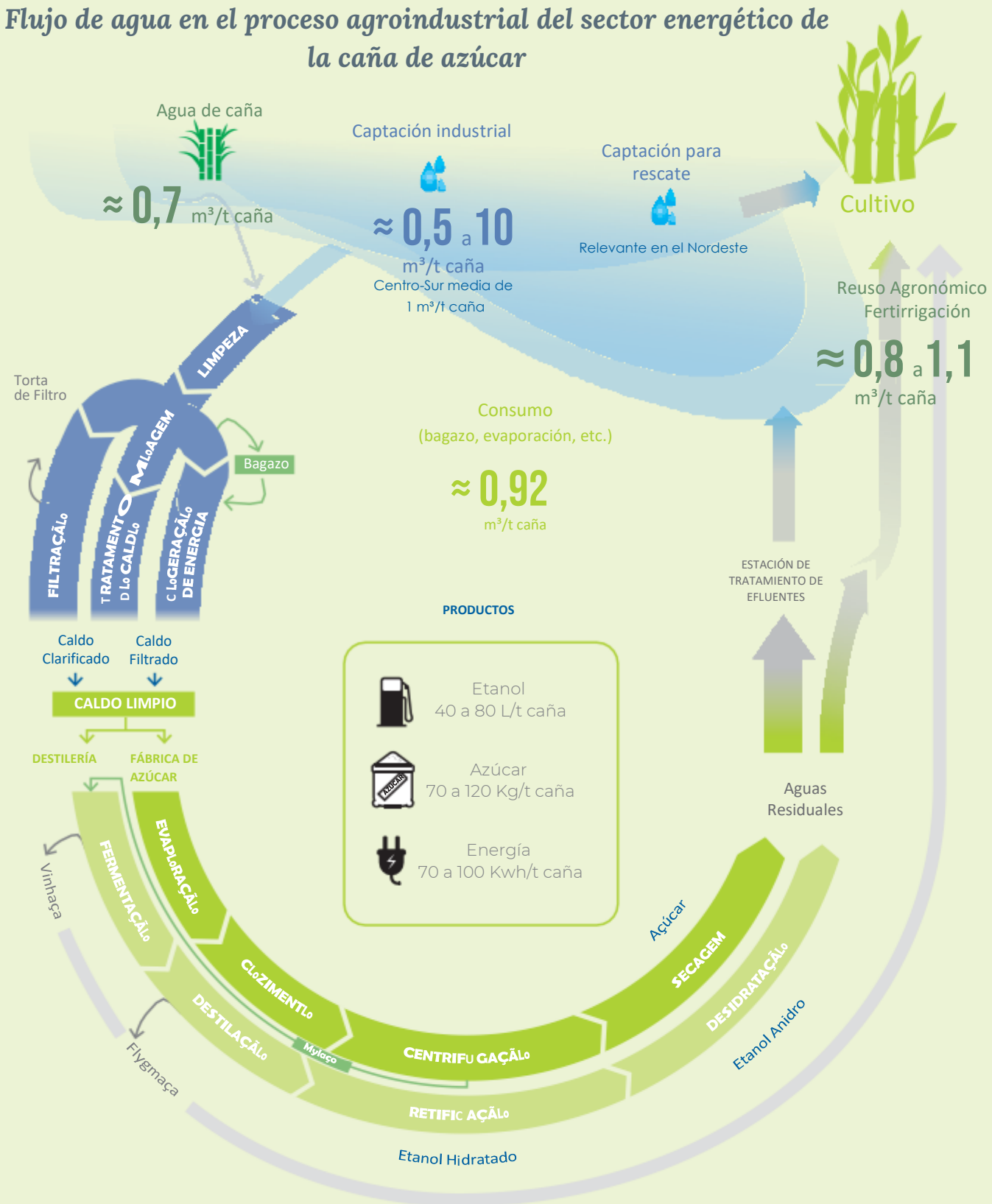
Considerando la aplicación de agua en las plantaciones de caña de azúcar, Brasil cuenta actualmente con 2,9 millones de hectáreas (Mha) fertirrigadas (79,5%) y 749 mil hectáreas irrigadas (20,5%), totalizando 3,66 Mha. El volumen de agua aplicado anualmente supera los 2,1 billones de m³ (o 2,1 trillones de litros), siendo el 27,7% para las áreas fertirrigadas (582,6 millones de litros) y el 72,3% para las áreas irrigadas. Los resultados reiteran la asociación de volúmenes bajos por unidad de área en fertirrigación y rescate; y mayores volúmenes en el riego por déficit y pleno.

La importancia del primer grupo radica en la gran área de aplicación que alcanza 3,48 Mha (95% del total) y la ubicación de grandes áreas en la costa nordestina, en cuencas hidrográficas costeras con menor disponibilidad hídrica. El grupo con mayor hidointensidad (déficit y plena), aunque ocupa sólo el 5% de la superficie, es responsable del 56,7% del volumen de agua que se demanda de un número restringido de manantiales.

Área de caña de azúcar irrigada y fertirrigada y volumen medio anual de agua



Flujo de agua en el proceso agroindustrial del sector energético de la caña de azúcar



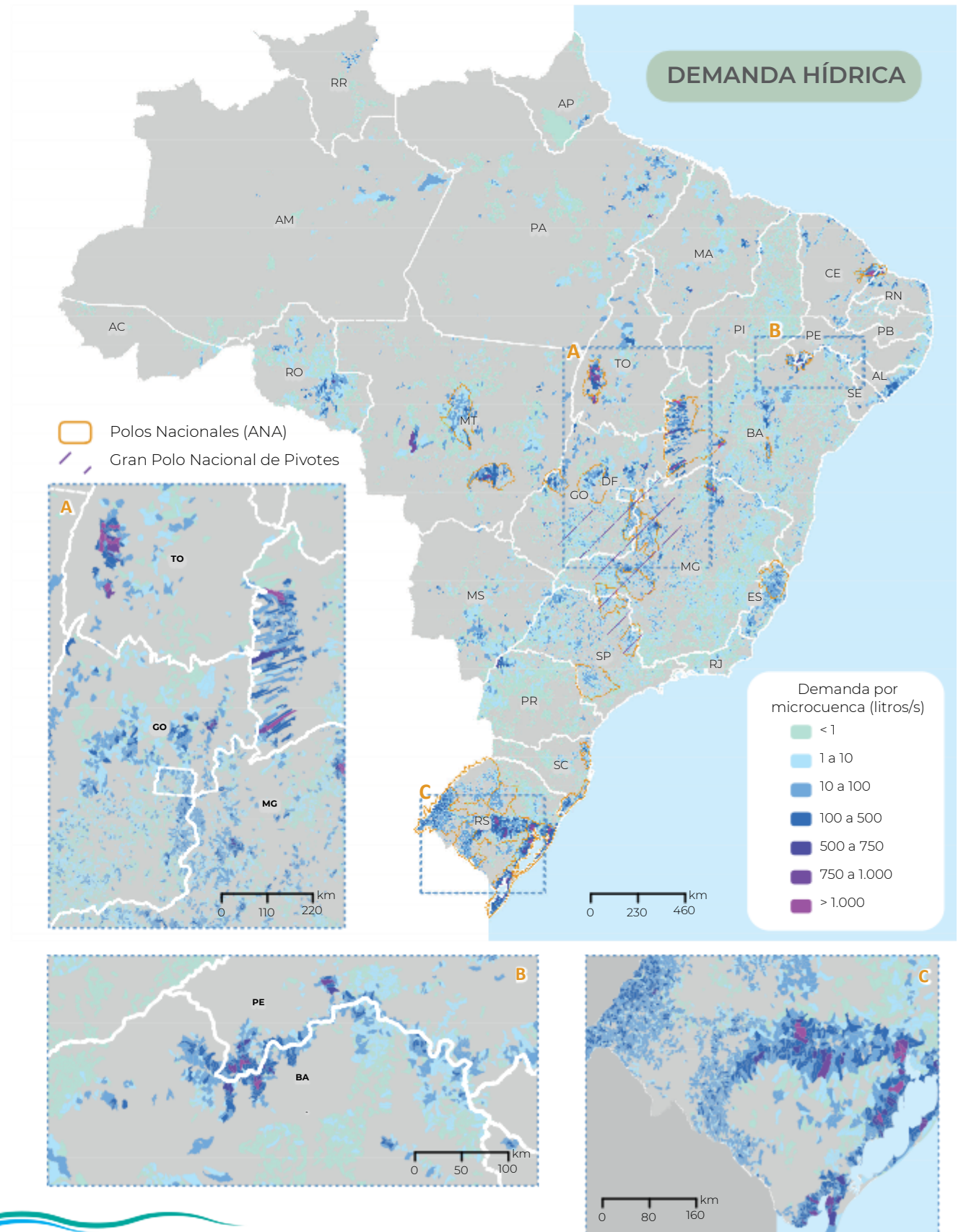
Fuente: Levantamiento de Caña de Azúcar Irrigada y Fertirrigada en Brasil (ANA, 2020) e Industria en la Cuenca del Río Paranapanema: uso del agua y buenas prácticas (ANA, 2020).

Nota: los valores de referencia pueden desviarse significativamente en unidades específicas de del sector energético de la caña de azúcar, en función de las tecnologías utilizadas, buenas prácticas de uso y reutilización, proporción de la producción de etanol y azúcar, etc.

Demanda Hídrica

La demanda hídrica actualizada por Atlas, asumiendo un escenario climático promedio en 2019, apunta a un uso de agua por parte de la agricultura irrigada de $965 \text{ m}^3/\text{s}$ - $941 \text{ m}^3/\text{s}$ son capturados en manantiales (agua azul) y alrededor de $24 \text{ m}^3/\text{s}$ representan la reutilización agronómica de efluentes (agua gris) en áreas de caña de azúcar (fertilización y rescate).

Entre las tipologías adoptadas en el Atlas, el arroz demanda de manantiales $357 \text{ m}^3/\text{s}$ (o el 38% de la demanda en 2019). Los otros sistemas y cultivos (clase con alta participación de fruticultura en el Nordeste y horticultura) demandan $276 \text{ m}^3/\text{s}$ (29%), seguidos de cultivos anuales cultivados en pivotes centrales ($167 \text{ m}^3/\text{s}$ o 18%). Café ($97 \text{ m}^3/\text{s}$ o 10%) y



caña (44 m³/s o 5%) completen las tipologías más relevantes de la demanda hídrica nacional.

En términos de intensidad hídrica (demanda por hectáreas), el arroz, la caña de azúcar irrigada por déficit o plena, el café y los cultivos ubicados en el Semiárida proporcionan proporcionalmente más agua que los cultivos bajo pivotes. El manejo del arroz inundado, aunque concentrado en sólo 100 a 120 días al año, es muy intensivo en agua, mientras que en los otros casos se trata de cultivos (semi)perennes, que necesitan complementación hídrica durante todo el año, y/o de regiones con menor disponibilidad de agua en el ambiente.

En el horizonte 2040 es previsto una mayor participación de los pivotes centrales y riego localizado (centrado en la tipología de otros cultivos y sistemas) en las demandas de la agricultura de riego. Estos métodos son más eficientes en el uso del agua. Aunque **todos los grupos deberían mostrar un crecimiento en superficie y demanda**, estos sectores deberían seguir creciendo a un ritmo más expresivo.

Así, con el aumento de la participación de sistemas más eficiente, **el crecimiento del área regada se estima en 76% para 2040**, mientras que **se espera que la demanda de agua crezca 66%**.

Entre las tipologías, se espera arroz inundado tendencia de recuperación de las superficies perdidas en los últimos años, que dará lugar a un aumento de la demanda (+21%), pero con una reducción de su cuota del 38% al 27% en 2040.

La caña y el café también deben extender sus demandas hídricas (+67% y +89%, respectivamente). La caña de azúcar debe mantener en gran medida las características de menor uso unitario del agua (rescate y fertirrigación), mientras que el café debe continuar avanzando en la conversión de las áreas de tierras secas en áreas de riego en las próximas décadas.

Los cultivos anuales en los pivotes centrales tendrán el mayor crecimiento (+133%) aumentando su participación en la demanda hídrica del 18% al 25% en 2040. Los pivotes demandan láminas medias anuales más bajas que las otras clases (excepto caña rescate), debido al carácter temporal (con fuera de temporada y menos del 30% de pivotes activos en el período más seco) y porque concentrarse en áreas

de irrigación suplementaria donde las lluvias contribuyen una parte importante de la necesidad de cultivos.

La tipología de otros cultivos y sistemas se concentra en áreas de menor precipitación y mayores evapotranspiraciones, además de abarcar muchos cultivos perennes (banana, uva, mango, naranja, etc.) - lo que resulta en hojas promedio anuales proporcionalmente más grandes. Se espera que la demanda de esta tipología crezca un 79% para 2040, aumentando su participación en la demanda total de agua del 29% al 31%.

La geografía del uso del agua revela más claramente el aumento significativo de la demanda en las regiones con concentración de métodos mecanizados (especialmente pivotes y riego localizado). La posibilidad de intensificación del uso es notable en los polos productores actuales - principalmente en el oeste de Bahia y en el norte de Minas Gerais (regiones de manantiales de afluentes del río São Francisco); región central de Bahia (región Mucugê-Ibicoara, en la región de manantiales de los ríos Paraguaçu y Contas); este de Goiás y triangularlo desde Minas Gerais (fuentes de los ríos Grande y Paranaíba, formadores del río Paraná); y sudeste de São Paulo (fuentes del río Paranapanema, un importante afluente del Paraná). Los polacos aún en desarrollo tienden a presentar demandas aún más expresivas hasta 2040, especialmente en las fronteras agrícolas consolidadas de Mato Grosso y Goiás y en el noroeste de Rio Grande do Sul (cuencas de los ríos Uruguay y Jacuí).

Estacionalidad de uso

Los caudales medios anuales caracterizan el uso de la agricultura de regadío para diversas aplicaciones y facilitan la comparación con otros usos del agua. Por otro lado, existe una fuerte estacionalidad en la actividad, variando con las características climáticas locales y con los **calendarios y tipos de cultivo**. Varias prácticas de **manejo** también influyen en la estacionalidad del uso, como el vacío sanitario de la soja, un período en el que el productor no puede tener plantas vivas para prevenir la roya asiática.

En el caso del arroz inundado, el uso se centra en el período de la única cosecha anual (en la mayoría de los productores), que se produce entre septiembre/octubre (plantación) y febrero/marzo (cosecha) en los principales polos. El consumo medio mensual de agua muestra que en solo dos

Uso de agua (m³/s) para riego por tipología y UF (clima medio)

UF	2019				2040			
	Arroz	Caña de Azúcar	Café	Otros cultivos	Arroz	Caña de Azúcar	Café	Otros cultivos
RO			8,2	2,1			14,4	3,7
AC				0,2				0,3
AM				0,5				0,9
RR	4,1			2,8	1,2			5,0
PA	0,7			7,8	2,1			13,8
AP				0,7				1,3
TO	20,8	0,7		3,0	34,7	1,0		8,2
MA	0,4	5,3		4,2	0,4	8,2		7,1
PI	1,7	2,1		6,4	0,8	3,3		11,1
CE	0,3			32,0				52,7
RN	0,3	0,6		10,0	0,6	0,9		16,3
PB		0,9		1,8		1,3		3,3
PE	0,2	1,3		34,8	0,0	1,8		55,0
AL	1,0	8,1		0,5		11,		1,0
SE	2,3	1,3		3,9		1,8		5,8
BA	0,0	9,9	13,4	106,3	0,1	16,9	26,8	199,8
MG	0,3	12,7	34,0	92,5	0,2	25,0	72,4	189,8
ES		0,0	36,2	5,5		0,0	59,3	9,3
RJ			0,0	3,1			0,0	5,4
SP	1,4	0,0	1,4	40,6	0,6	0,1	2,4	80,4
PR	4,8	0,0	0,0	2,6	6,0	0,0	0,1	5,3
SC	31,			0,7	35,9			1,3
RS	277,7			16,4	346,1			47,0
MS	3,0	0,2		4,5	1,0	0,3		11,6
MT	1,6	0,1	0,2	21,9	0,5	0,1	0,4	64,5
GO	5,1	5,9	2,8	34,4	0,9	10,4	5,6	76,1
DF			0,7	3,9			1,2	6,7
BRASIL	356,9	49,1	96,9	443,2	431,0	82,2	182,7	882,9

meses (noviembre y marzo) ocurren flujos similares a la media anual, con un uso muy superior a la media entre diciembre y febrero, y menor entre abril y agosto.

El café exige más riego, a escala nacional, entre mayo y octubre, cuando los flujos medios mensuales son superiores a la media anual. Entre noviembre y marzo, con más precipitaciones en las principales zonas productoras, el caudal de riego es inferior a la media anual.

En el caso de otros cultivos, excepto arroz, café y caña de azúcar, la media mensual de uso es muy

influenciada por la producción en el Cerrado y en el Nordeste. A estacionalidad tiene desviaciones mensuales menos acentuadas en relación con la media. También se observa que en solo dos meses del año el uso se acerca a la media anual, siendo mayor entre mayo y septiembre (período de mayor déficit hídrico de las principales regiones productoras) y menor entre noviembre y marzo (temporada de lluvias, de menor déficit hídrico). La mayor demanda converge con los periodos de menor precipitación en estas regiones productoras.

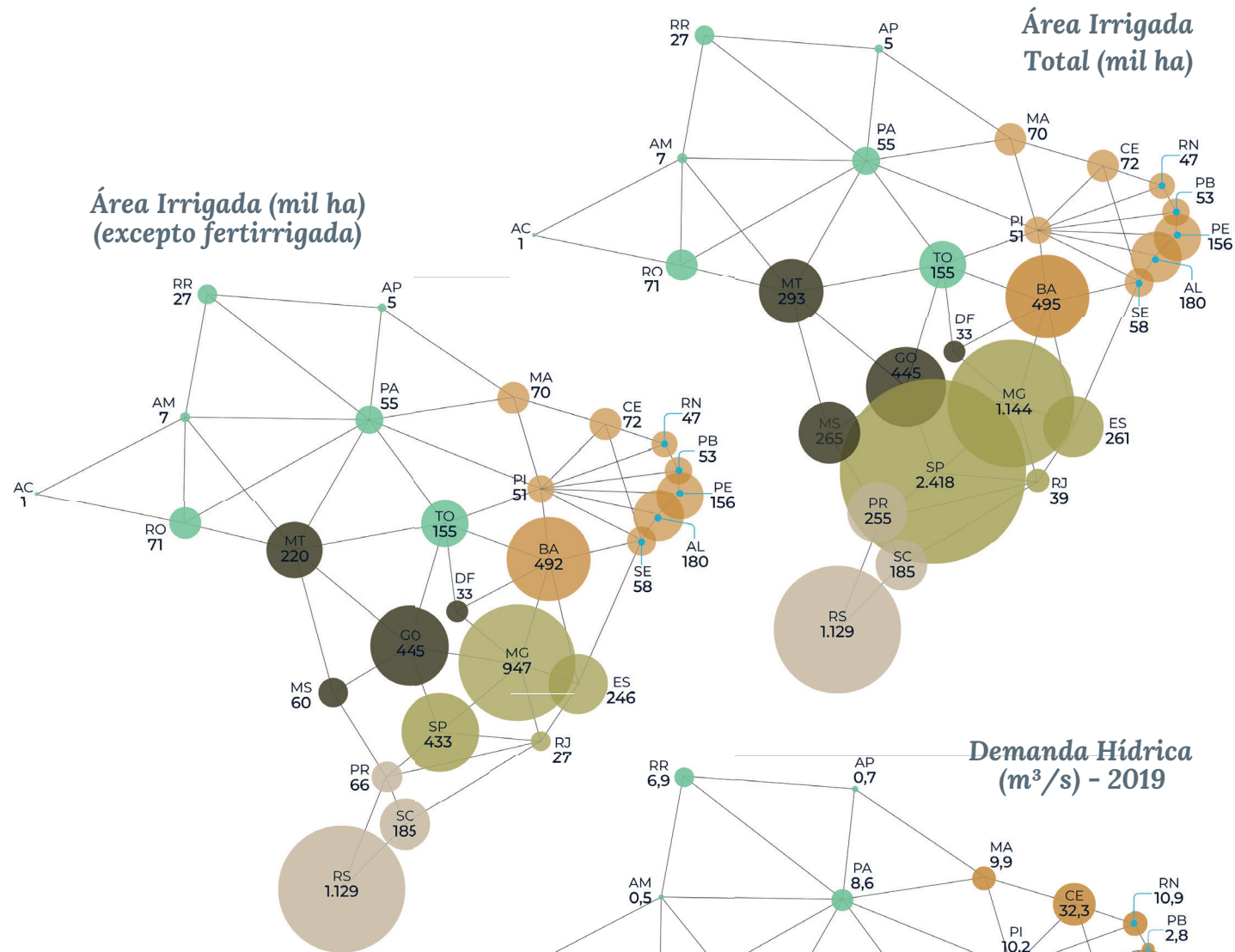
En el mapa de demandas medias mensuales por microcuenca, los aspectos relacionados con la estacionalidad se señalan más claramente,



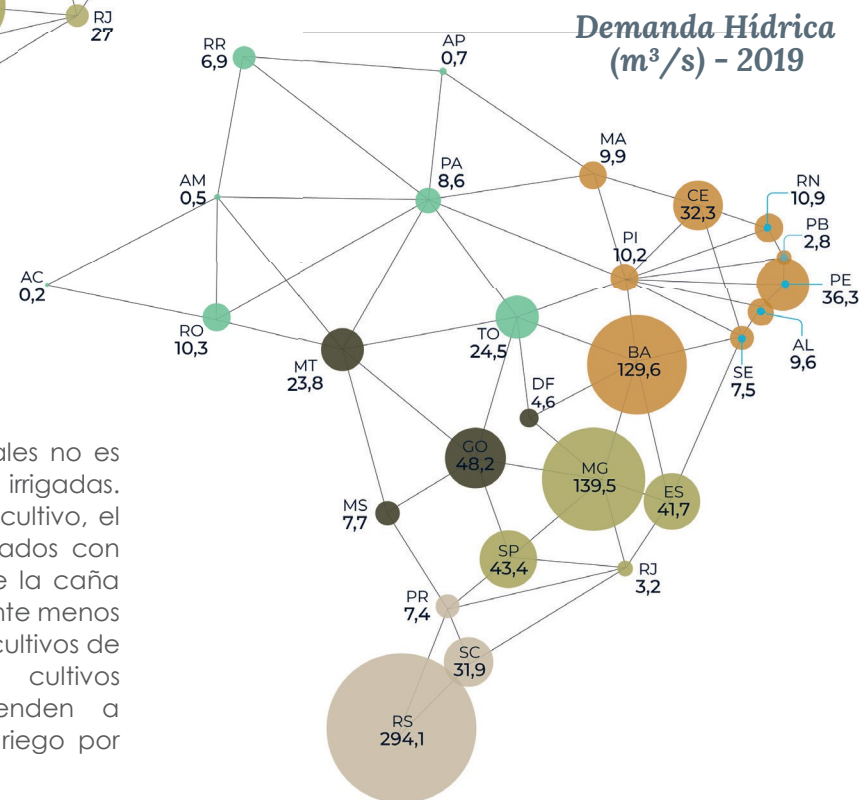
especialmente con la alta demanda en las regiones arroceras (RS, SC, TO) entre septiembre y febrero; la demanda a lo largo del año en la región Centro-Sur - siendo mayor en los meses de mayor déficit de agua (mayo a octubre); y las demandas de caña

de azúcar concentrada principalmente en meses donde se produce el corte, cuando se aplica el riego de rescate, como regla general.

Área Irrigada (mil ha)
(excepto fertirrigada)



Demanda Hídrica
(m³/s) - 2019

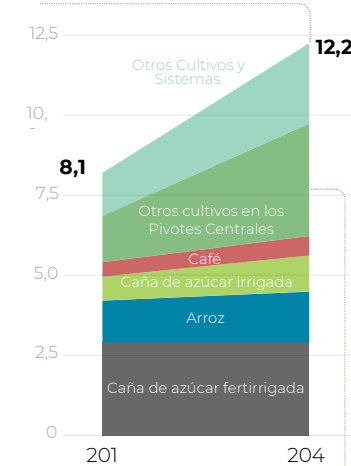


La demanda hídrica en los manantiales no es linealmente proporcional a las áreas irrigadas. La necesidad de riego depende del cultivo, el clima local y el tipo de manejo. Estados con mayor participación en el rescate de la caña de azúcar demanda proporcionalmente menos agua por hectárea, mientras que los cultivos de arroz con manejo inundado y cultivos permanentes en el Semiárido tienden a presentar una mayor necesidad de riego por hectárea.

RESUMEN DE ÁREAS EQUIPADAS PARA RIEGO Y USO DE AGUA - 2019 a 2040

TOTAL DE
ÁREA PLANTADA
En millones de hectáreas

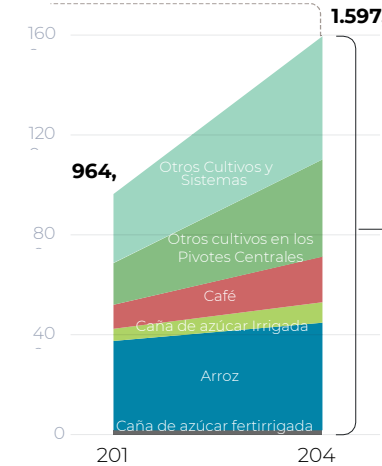
Se prevé un aumento del **76%** en la superficie total de regadío y estabilidad en la zona de fertirrigación.



+2,06Mh
los pivotes centrales liderarán la expansión de las superficies irrigadas, aumentando su participación del **27% al 38%**

USO DEL AGUA
EN EL RIEGO
En miles de litros por segundo

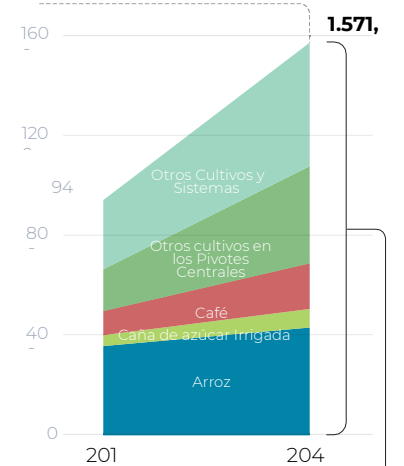
La previsión es ampliar el uso en todas las tipologías de regadío



97,5
del agua utilizada en riego se capta en manantiales y el **2,5%** tiene origen en el reuso agronómico

CAPTURA DE AGUA
BRUTA PARA RIEGO
En miles de litros por segundo

La previsión es un aumento del **66%** en la retirada, debido a la expansión de métodos más eficientes.

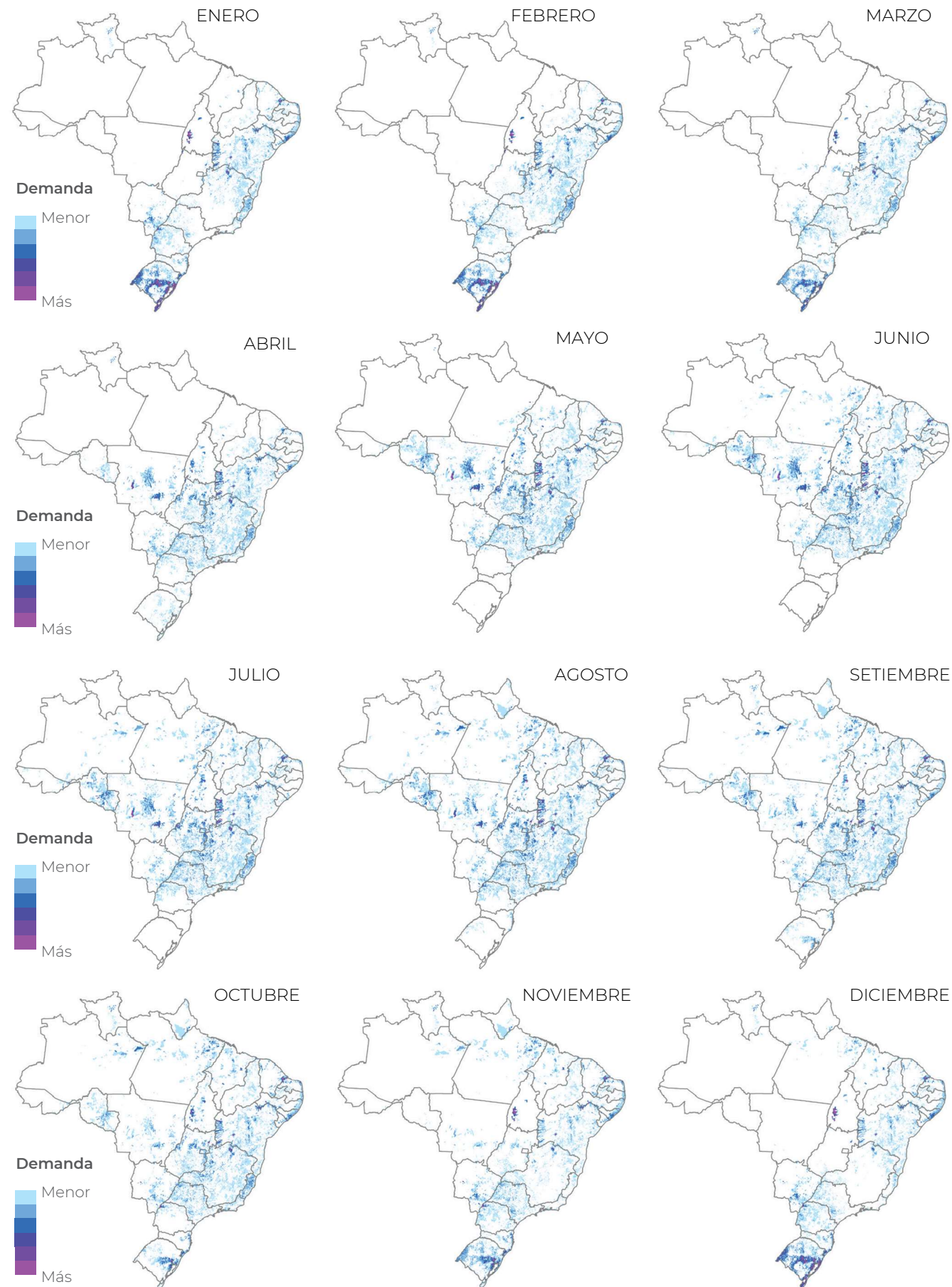


19,9
trillones de litros al año y **más en relación al 2019** se destinará a áreas irrigadas

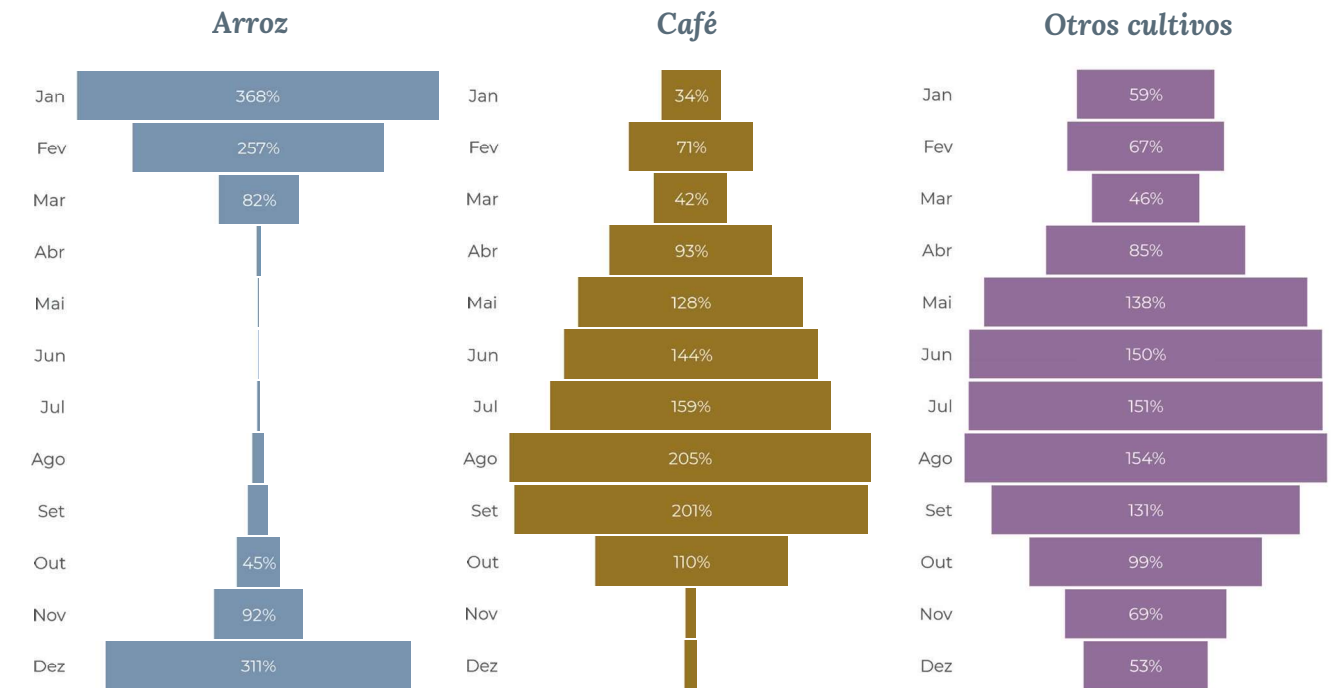


Cultivo de arroz en el municipio de Cachoeira do Sul (RS)
Bernardo Rudorff /Image Bank ANA

Estacionalidad del uso del agua para riego



Consumo mensual de agua en relación con la media anual (clima medio)



Demanda hídrica y lluvia

El balance hídrico climático para la estimación de la demanda de agua del cultivo se ve muy afectado por las precipitaciones, ya que el riego (**agua azul**) busca complementar la necesidad del cultivo no abastecido por la lluvia almacenada en el suelo (**agua verde**). Las precipitaciones todavía muestran fuertes variaciones en el espacio y el tiempo, incluyendo altas desviaciones intra e interanuales de la media histórica, lo que hace que su estimación sea desafiante en el territorio nacional.

La densidad de estaciones pluviométricas presenta gran heterogeneidad, y las regiones Norte y Centro Oeste tienen la cobertura más baja. Cuanto menor es la densidad de las estaciones y mayor la variación de los parámetros físicos, como el relieve, mayores son las incertidumbres relacionadas con la interpolación de la lluvia entre estaciones. Las estaciones también presentan problemas de fallas, inconsistencias, diferentes intervalos de tiempo y retraso entre la recopilación y la disponibilidad de la serie de datos.

Los productos de **monitoreo remoto** de las estaciones orbitales tienen el potencial de mitigar la falta de datos con una frecuencia, resolución y cobertura temporal y una precisión adecuada a los estudios.

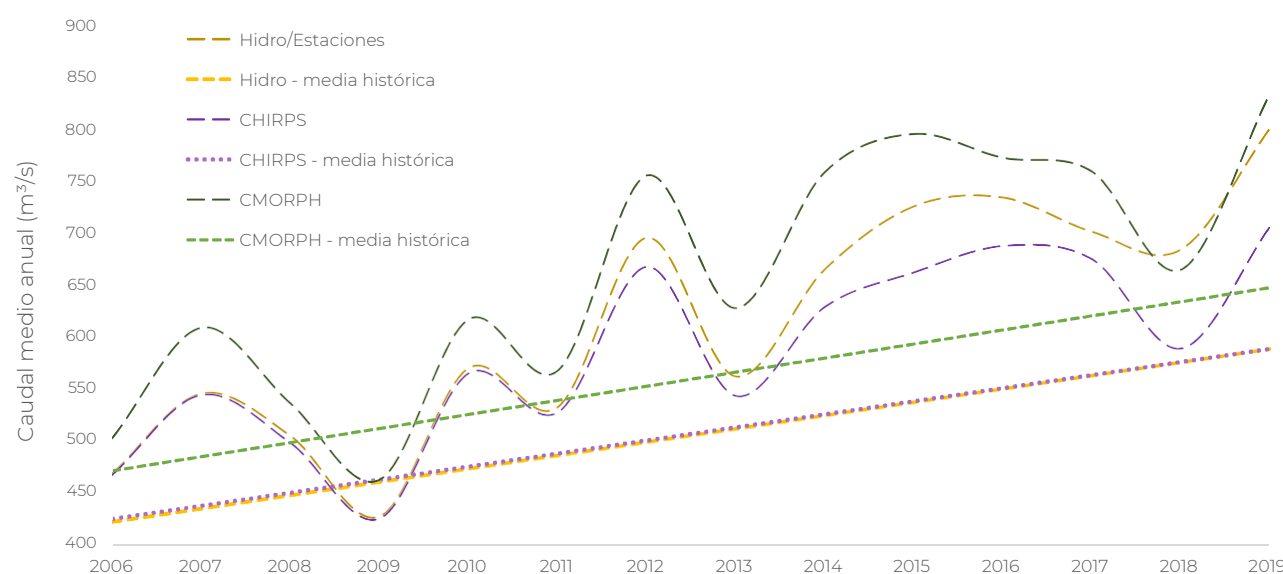
Estos productos pueden sustituir o ser complementarios a los datos de la **red de monitoreo**. En una evaluación realizada por la ANA y UFPR sobre el rendimiento de 10 productos de sensores remotos en Brasil (2000-2017), destacaron los productos CHIRPS v0.2 (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations) (FUNK et al., 2015) y CMORPH - CDR (Center Morphing Method - Climate Data Record) (XIE et al.; 2017).

Para destacar la importancia de la lluvia en las estimaciones de demanda para riego, Atlas proporcionó la simulación de la demanda hídrica (2006-2019) utilizando las tres fuentes de datos: la red de monitoreo y sus interpolaciones, CHIRPS Y CMORPH; y considerando los escenarios **clima promedio histórico** y **clima observado**. Todos los demás parámetros de cálculo son idénticos en las simulaciones.

El monitoreo local siempre es deseable y traerá una mejor estimación para el productor en su propiedad, pero para grandes superficies los satélites tienen ventajas sobre los datos interpolados entre estaciones distantes, por lo tanto, no hay simulación que sea más correcta a priori.

El fuerte impacto de la variabilidad de las precipitaciones en las demandas de la agricultura irrigada, que se ve agravada por la reducción de la oferta de manantiales. Con excepción de 2009, las precipitaciones medias en las regiones productoras fueron inferiores a las series históricas, impulsando la demanda de agua, especialmente en 2007, 2010 y 2012. El periodo 2014-2019 ha sido especialmente desafiante debido a la **persistencia de precipitaciones por debajo de la media**, con la excepción de 2018, que fue menos severa.

Demanda hídrica de la agricultura irrigada 2006-2019 (excepto arroz) con diferentes escenarios de precipitación



Demanda hídrica y cambio climático

¿Puede la persistencia de variabilidades climáticas desfavorables para la agricultura en Brasil ser un indicio de **cambios permanentes**? Los cambios climáticos han ganado gran visibilidad pública en las últimas décadas y han ocupado un espacio considerable en las agendas ambientales, políticas y sociales de todo el mundo. Los sucesivos informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), formado en 1988, han reafirmado **el aumento de la temperatura mundial** debido a las emisiones antropógenas de carbono y han advertido de los riesgos de este cambio.

Según el IPCC (2013), los cambios climáticos son las variaciones significativas en el estado medio del clima o su variabilidad, que persisten durante un período prolongado. Estos cambios pueden suceder

Se observa el impacto relevante de diferentes fuentes de precipitación en las estimaciones para el mismo año. Los datos interpolados de la red de vigilancia gestionada por ANA (proveniente de Hidro) y CHIRPS muestran una pluviometría media similar y en el periodo 2006-2014, pero las estimaciones se disparan en los últimos años (2015-2019). CMORPH presenta las precipitaciones medias más bajas en las regiones de riego, lo que resulta en una mayor demanda.

debido a los procesos naturales que forman parte del propio sistema climático o procesos antropogénicos (causados o alterados por humanos); o por el efecto combinado de ambos. El IPCC y la Organización para Alimentos y Agricultura (FAO) han catalogado a la agricultura como uno de los sectores más vulnerables de la sociedad afectados por el cambio climático.

Se pueden considerar tres grandes componentes de la agricultura son impactadas por los cambios climáticos: demanda de agua para riego, productividad agrícola potencial (alcanzable en condiciones libres de estrés) y problemas fitosanitarios. Además de estos impactos directos, existe preocupación por las futuras necesidades de agua para la agricultura en vista de la disponibilidad de agua para otros usos bajo los efectos combinados del cambio climático. Aún así, con la tendencia de aumento de la demanda unitaria y con

posibilidad de reducción de agua en los manantiales, puede haber una **reducción significativa en el potencial de expansión** de las áreas regadas por restricciones de agua.

Para mitigar algunos de estos impactos, el riego sigue siendo una estrategia eficiente y secular utilizada para adaptarse a las condiciones climáticas adversas, y sigue siendo uno de los medios más importantes utilizados para garantizar la producción de alimentos en el mundo. Como resultado, el riego puede verse afectado en algunas regiones, ya que es una de las principales medidas de adaptación al cambio, que es un desafío para el sector productivo y la gestión de los recursos hídricos.

En cuanto a los **eventos extremos** que afectan a la agricultura, el plan nacional de adaptación al cambio climático (MMA, 2016) apuntó una expectativa de aumento de la frecuencia de las olas de calor en todo Brasil, con temperaturas máximas diarias superiores a 32°C que son responsables de la caída de la producción agrícola, ya que interfieren con las fases del ciclo fenológico de los cultivos y el desarrollo de órganos vitales de las plantas. También se espera que para 2050 la productividad de la mayoría de los cultivos agrícolas disminuya drásticamente debido al exceso de calor. En cuanto a los veranos, el plan señalaba el aumento de la frecuencia de los periodos de sequía, acompañados de calor, fuerte insolación y baja humedad relativa en plena estación lluviosa o en pleno invierno. El cultivo de soja puede volverse cada vez más difícil en la región sur y algunos estados del Nordeste pueden perder significativamente su área agrícola. Por último, se espera un aumento en la frecuencia de lluvias y fuertes tormentas en la región sur, lo que puede causar problemas para la mecanización agrícola debido a las inundaciones de las áreas cultivadas. Las plantaciones de caña de azúcar, trigo y arroz también pueden sufrir pérdidas debido a los fuertes vientos, lo que lleva al encamado de estos cultivos. La pulverización con pesticidas contra plagas y enfermedades se dificultará debido a los fuertes vientos o lluvias intensas.

Para el **Atlas Riego**, se preparó un estudio sobre el impacto del cambio climático en la demanda de agricultura irrigada en 2040. Es decir, manteniéndose todas las demás variables (área, cultivos, calendarios, etc.), cuánta demanda puede variar solo debido a los cambios en el clima en

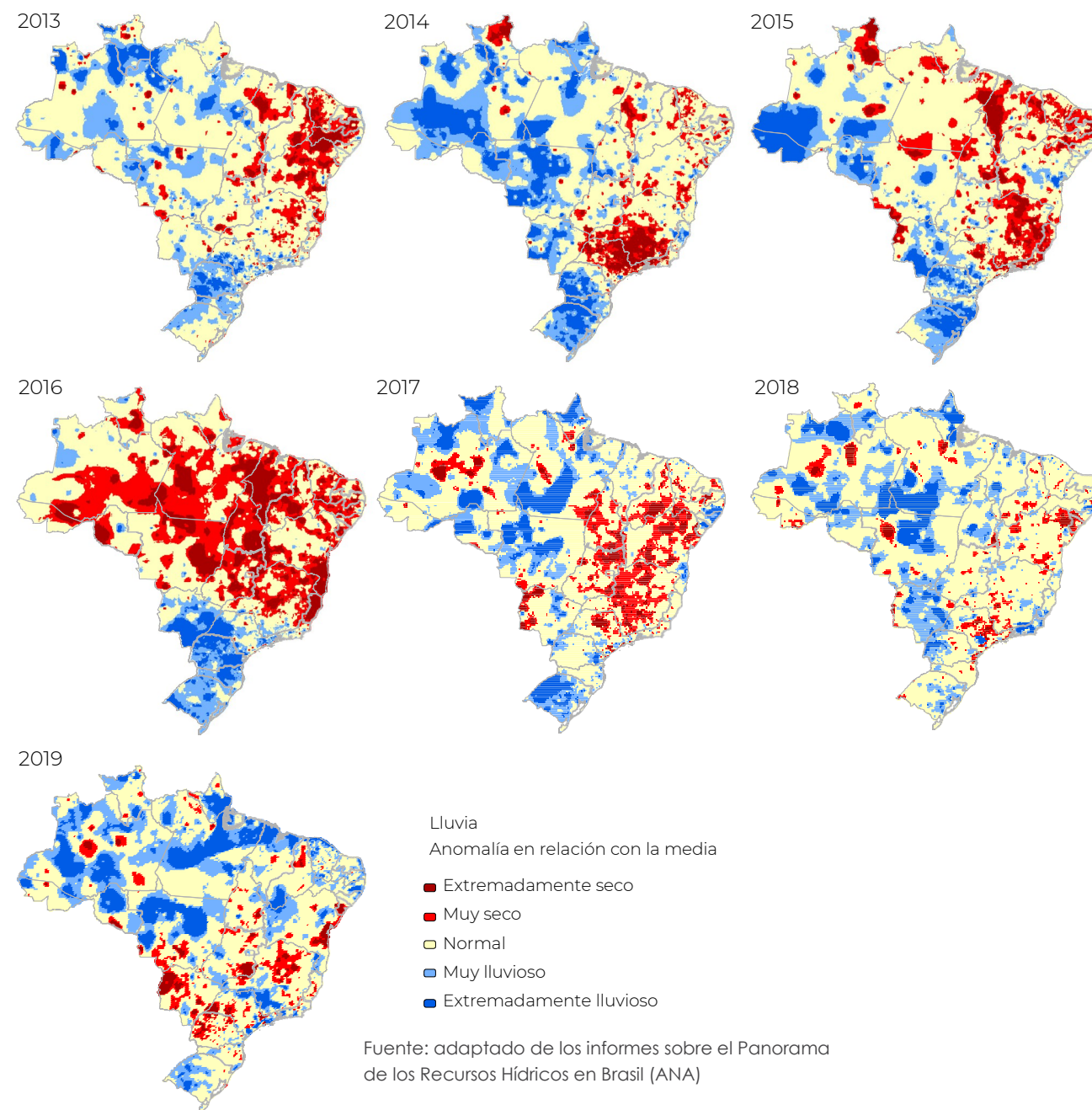
relación con el clima medio mensual observada actualmente en la serie histórica. Este estudio continuará siendo detallado en el contexto del **Plan Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040**, que se encuentra en preparación.

En este análisis se utilizaron **40 escenarios climáticos futuros**, resultado de la combinación de dos escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (RCP4.5 y RCP8.5, correspondientes al forzamiento radiactivo de 4.5 y 8.5 W/m², respectivamente) y 20 modelos climáticos publicados en el proyecto NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections – NEXG- DDP. Este proyecto llevó a cabo un **ampli downscaling** estadística de los modelos climáticos globales (MCG) utilizados en la quinta fase del IPCC llamada CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), haciendo que los resultados estén disponibles en una sola cuadrícula con una resolución de 0,25° grado (aproximadamente 25 km x 25 km). Los resultados del NEXGDDP se sometieron a una corrección de sesgo adicional a través de datos observados de estaciones meteorológicas y se expresaron, en el horizonte de 2040 en Brasil, en términos de anomalía de precipitación y anomalía de evapotranspiración potencial (ET0).

En general, los resultados mostraron el consenso entre los escenarios que las temperaturas están aumentando y en consecuencia la demanda evapotranspirométrica (evapotranspiración potencial) – la magnitud de esta variación oscila de sutil a extremo entre escenarios. En cuanto a las precipitaciones, los escenarios indican tanto una reducción como un aumento, con diferentes magnitudes estacionales y medias anuales.

Se eligieron tres de los 40 escenarios evaluados como referencias para – además de haber tenido un buen desempeño en la representación del clima actual (siendo así buenos candidatos para representar el clima futuro) – representan dos situaciones límite y una intermedia. El escenario compuesto por el modelo BCC-SSM11 y el escenario de emisión RCP8.5 es propenso a mayores aumentos en la demanda de riego, ya que resultó en menores precipitaciones y mayores evapotransferencias en regiones con riego. El

¹ Más detalles sobre el proyecto y cómo hacer la de los datos se puede obtener en: <https://www.nccs.nasa.gov/services/data-collections/land-based-products/nex-gddp> descarga

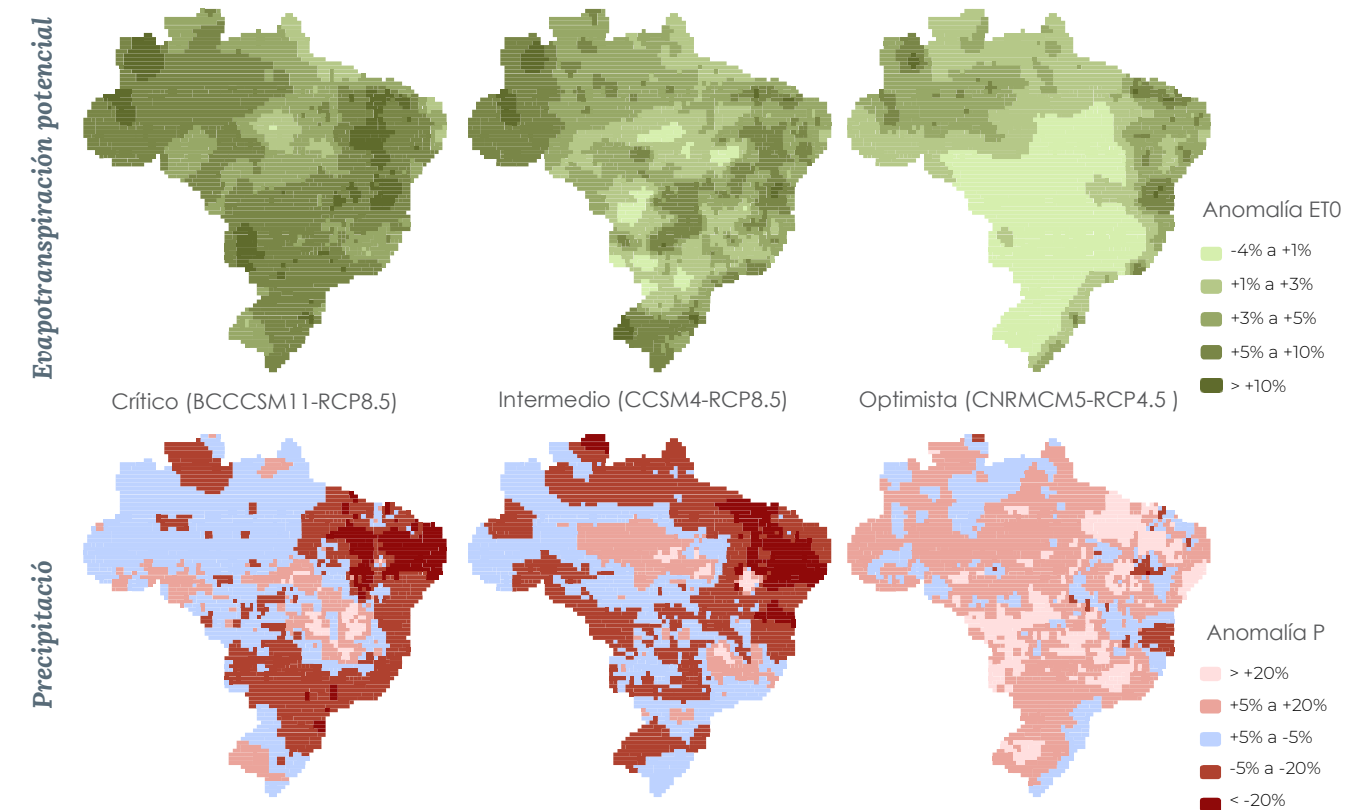


escenario intermedio CCSM4_RCP8.5 indica una menor precipitación que el escenario BCCCSM11-RCP8.5, sin embargo, hay un cambio menos intenso en la evapotranspiración. El escenario CNRMCM5-RCP4.5 se consideraría optimista desde el punto de vista del riego, ya que estima precipitaciones más favorables y aumentos sutiles en la evapotranspiración.

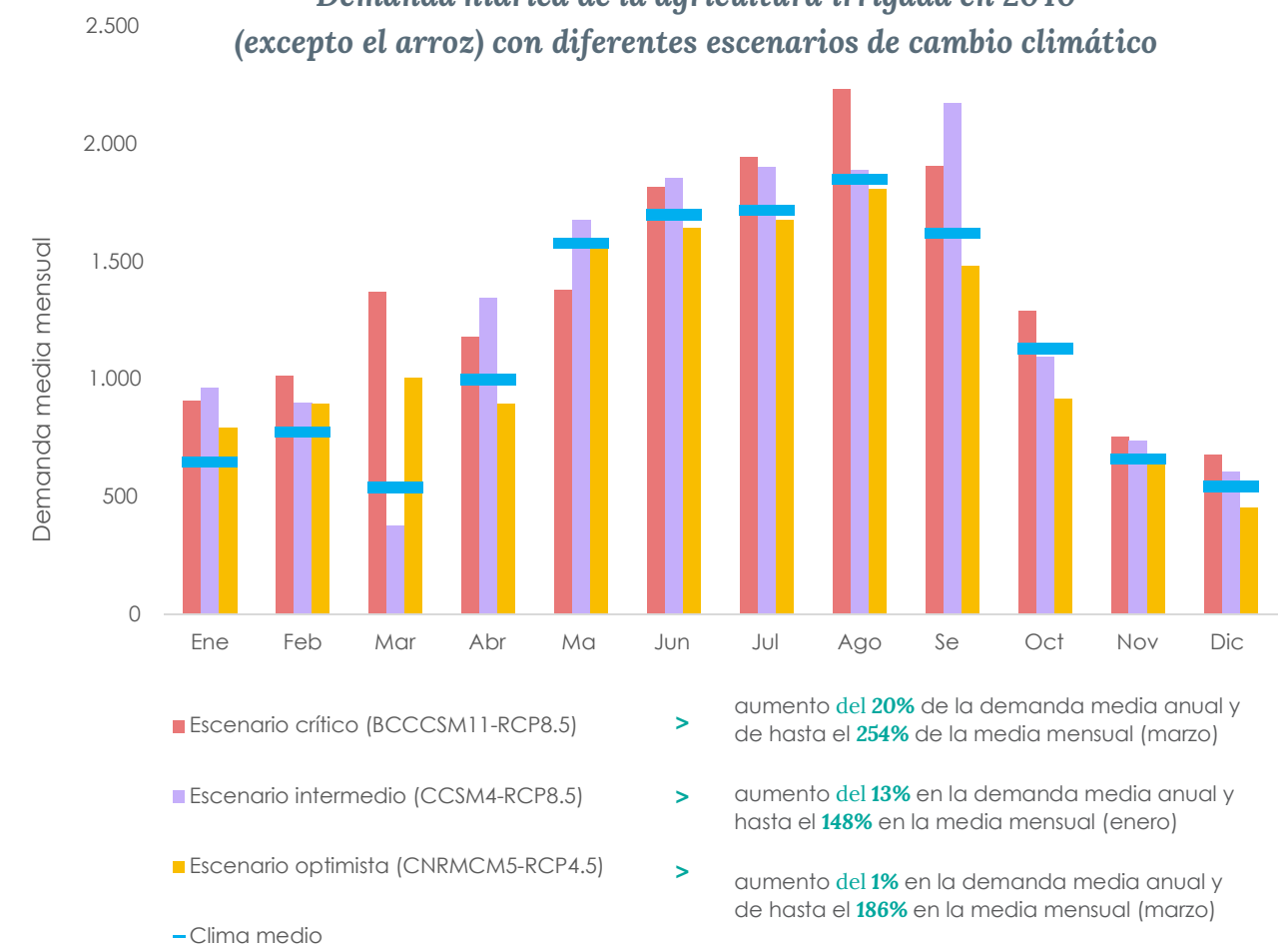
Las anomalías de evapotranspiración potencial y precipitación en los escenarios de referencia apuntan a **cambios importantes en la geografía del clima en Brasil en 2040**, con una tendencia de **impactos negativos** sobre la agricultura (irrigada y secano).

En términos de magnitud del aumento de la demanda hídrica media anual, los escenarios apuntan entre +1% en el escenario optimista a +20% en el escenario crítico, con un incremento de +13% en el escenario intermedio. Además, la estacionalidad se ve afectada en diferentes magnitudes y proporciones, con un incremento máximo en la demanda media mensual del 254% en el escenario crítico y del 186% en el escenario optimista (ambos picos se producen en marzo). En el escenario intermedio, la variación máxima mensual se verificó en enero (+148%).

Anomalías de evapotranspiración potencial y precipitación en los escenarios - 2040



Demanda hídrica de la agricultura irrigada en 2040 (excepto el arroz) con diferentes escenarios de cambio climático



Concesión, Registro y Asignación de Agua

Para la extracción de agua en manantiales superficiales o subterráneos, la regularización (concesión y/o recolección) es obligatoria con las agencias de gestión de recursos hídricos de los Estados y el Distrito Federal o, en cuerpos de agua bajo el dominio de la Unión, de la ANA. Se pueden excluir de concesión los usos de baja expresión considerados insignificantes (captaciones pequeñas), pero sigue siendo obligatorio el registro en el organismo gestor correspondiente.

Entre los aspectos más relevantes de la mejora de las **concesiones y registros** de irrigantes, cabe destacar: automatización y digitalización del proceso, estacionalidad de la autorización, subvenciones colectivas y preventivas, asignación e hitos regulatorios. También cabe señalar que la mayoría de los regantes capturan agua en manantiales gestionados por los Estados y el Distrito Federal (76% de las interferencias). Para la concesión en ríos más grandes, ANA concentra el 42% del volumen de captaciones regularizadas, refiriéndose al 24% de los usuarios. Alrededor del 40% del número de interferencias regularizadas por ANA se encuentran en el Semiárido, debido a que las principales masas de agua están bajo el dominio de la Unión (ríos y embalses de la Unión en ríos estatales).

La concesión y el registro se han mejorado conceptual y operativamente desde la promulgación de la Ley de Aguas (Ley nº 9.433/1997) y las políticas estatales de recursos hídricos. Una de las iniciativas

de mejora se produce a través del Programa de Consolidación del **Pacto Nacional para la Gestión del Agua - Progestão**, que proporciona un incentivo financiero con pago para lograr metas definidas entre la ANA y los Estados. Creado para fortalecer la gestión del agua en el territorio nacional, de una manera integrada, descentralizada y participativa, Progestão también tiene como objetivo promover el uso múltiple y sostenible de los recursos hídricos. La concesión y el registro tienen objetivos recurrentes para su papel central como instrumento de las políticas de recursos hídricos (más información: <http://progestao.ana.gov.br>).

El **Registro Nacional de Usuarios de Recursos Hídricos** (CNARH) fue creado para contener los registros de usuarios de recursos hídricos (superficiales y subterráneos) que capturan agua, descargan efluentes o realizan otras interferencias directas en las masas de agua (río o curso de agua, embalse, presa, pozo, manantial, etc.). ANA es responsable de mantener el CNARH y almacenar la información de los usuarios de los dominios federales (Unión) y estatales, además de proporcionar herramientas computacionales para la gestión de datos por parte de los órganos de gestión. La inserción de la información en el CNARH es responsabilidad de los respectivos órganos de dirección, según Resolución ANA nº 1.935/2017. La ANA alimenta a CNARH con interferencias en las masas de agua bajo el dominio de la Unión y los estados pueden adoptar CNARH como su sistema oficial de

registro de usuarios (así como la ANA) o insertar esta información en el formato del sistema de sus propios sistemas de registro.

El suministro continuo y recurrente de CNARH (<http://cnarh.ana.gov.br>), precedido por el análisis de la consistencia de los datos tabulares y espaciales, es esencial para la seguridad de la subvención y los irrigantes. Con el registro de usuarios, es posible conocer la demanda real ya comprometida por los usuarios instalados, evitando conflictos y eventualmente estimulando la propuesta de ajustes en la concesión del conjunto de usuarios de una cuenca para permitir la entrada de nuevos usuarios con seguridad hídrica. Es decir, la regularización de usuarios es insuficiente sin la consolidación de registros en una base común de usuarios que permita la visión en escala de cuenca, el análisis de balances hídricos y la incorporación en la toma de decisiones de los técnicos que analizan las solicitudes.

La emisión de subvenciones por parte de la ANA se produce a través del **Sistema Federal de Regulación de Uso** (REGLA) – el registro (CNARH) y la solicitud de regularización se producen de manera concurrente. Este Sistema, lanzado en 2017, hizo más ágil el proceso de solicitud, seguimiento y análisis de las solicitudes, que comenzó a realizarse 100% en línea y, en la mayoría de los casos, sin necesidad de enviar documentos en papel. A partir de la información presentada por el usuario, el REGLA estima la cantidad de agua que necesitará la empresa – si se aceptan estos valores y dependiendo del nivel de compromiso de la masa de agua y el tamaño/tipo de la empresa, REGLA procesa electrónicamente la solicitud de subvención y el resultado se publica en unas pocas semanas. No cumpliendo los criterios o si no se cumple con la cantidad estimada de agua, o si existe desacuerdo con la información geográfica presentada por el sistema, se le pedirá al usuario que proporcione información más detallada y su solicitud de concesión será sometida a un análisis detallado (o específico) por parte de los técnicos de la Agencia.

En el caso del riego, el flujo automático del REGLA es adoptado cuando la superficie regada es inferior a 100 ha, el compromiso colectivo del manantial (balance hídrico) es inferior al 70% del caudal de referencia y el sistema está mecanizado (es decir, no incluye los medios

La concesión del derecho de uso de los recursos hídricos

La concesión del derecho al uso de los recursos hídricos es uno de los instrumentos de la Política Nacional de Recursos Hídricos (Ley nº 9.433/1997). La concesión corresponde a una autorización para el uso del agua, ya sea para la captación o disposición de efluentes, con el objetivo de asegurar el control cuantitativo y cualitativo y el ejercicio efectivo de los derechos de acceso al agua. A través de la concesión, buscamos asegurar el uso racional de los recursos hídricos y la compatibilidad de múltiples usos. En algunas situaciones, como en cuencas de pequeño volumen con buena disponibilidad, el irrigante puede estar exento de la concesión, pero debe estar registrado ante la autoridad competente.

La concesión es otorgada por el órgano de gestión de recursos hídricos según el dominio de las aguas. En las aguas bajo el dominio de la Unión, como en los ríos que cruzan más de un Estado (por ejemplo, el río São Francisco), la ANA es responsable de la emisión. En los ríos de dominios de los Estados y del Distrito Federal, como en los ríos que nacen y fluyen en el mismo Estado, la autoridad es del respectivo órgano de administración estatal y distrital. El agua subterránea es de propiedad estatal. La Figura representa una hipotética cuenca hidrográfica, con tres Estados y varios ríos y puntos de captación, lo que ayuda a comprender el dominio de las aguas y su competencia para la concesión.

Conceptos

- 1. Las aguas de los ríos R2 y R4 están en el dominio de la Unión.
- 2. Las aguas de los ríos R1, R3 y R5 están en el dominio estatal.
- 3. Si el reservorio 1 (Res.1) es de la Unión, las aguas son de la Unión; en caso contrario, son aguas del estado.
- 4. El agua del pozo P1 es de propiedad estatal.

Competencias

- 1. Las concesiones 02, 06, 07 y 08 son estatales.
- 2. Las concesiones 03, 04 y 05 son federales.
- 3. La concesión 01 será federal si el reservorio 1 es de la Unión.

Legenda

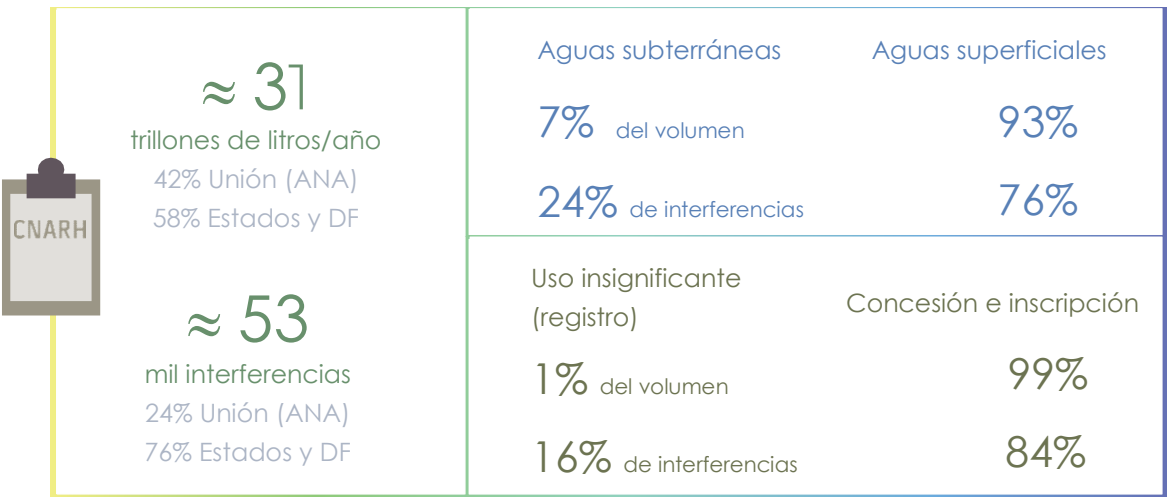
- Limite entre estados
- ~ Hidrografia
- Limite da bacia hidrográfica
- Poço
- ▲ Reservatório



Más información: www.snirh.gov.br >

Regulación y Fiscalización

Panorama de los usuarios de riego en 2020
Registro Nacional de Usuarios de Recursos Hídricos - CNARH



todo superficial). Si el usuario está de acuerdo con los cálculos de la demanda, está exento del análisis técnico manual, es decir, el análisis y la emisión de la concesión son automáticos.

REGLA ha incorporado mejoras en los aspectos de digitalización (proceso online), automatización (para interferencias de menor impacto en el compromiso colectivo de los muelles) y estacionalidad (los valores son mensuales).

La **asignación negociada** de agua es otro instrumento importante de planificación y regulación, y mejora los procesos de concesión y registro, principalmente en sistemas de agua (reservorios y tramos de ríos) con situaciones de escasez de agua y conflictos de uso. Estos son términos de compromiso suscritos entre la autoridad otorgante y los usuarios, con la participación del comité de cuenca, cuando corresponda, con el objetivo de la distribución de los recursos hídricos de la cuenca respectiva. Generalmente se utiliza para disciplinar usos en sistemas de agua plagados de intensas sequías, con surgimiento o fuerte potencial de conflicto. El plazo de asignación es un requisito previo para el establecimiento de un marco regulatorio, que formalice el proceso a través de una solución conjunta de la ANA y los Estados, aumentando la seguridad jurídica de las normas definidas para cada sistema hídrico específico.

Al establecer criterios y límites más específicos para la concesión, establecer estados hidrológicos (normales, de atención y críticos), definir las reglas de asignación para cada estado hidrológico y requerir planes de contingencia para el suministro público y otros usos, la asignación también es un poderoso instrumento de prevención de conflictos y organización de la gestión por parte de los usuarios en escala de cuenca o sistema de agua. Es un modelo a fortalecer no solo en los moldes actuales, sino como inspiración para la autogestión de las asociaciones de irrigantes. También debe adaptarse a los polos de riego privados en regiones húmedas donde predomina la pequeña reserva hídrica, donde la asignación aún se vuelve insatisfactoria ya que el suministro de agua no se concentra en un gran reservorio o tramo perenne de uso común, lo que dificulta el monitoreo del agua disponible y la negociación entre usuarios

regulatorios. La asignación negociada se puede configurar como una oportunidad para profundizar la concesión estacional, con más autorizaciones en la temporada de lluvias y en las autorizaciones de uso en períodos secos.

En este mismo enfoque (asignación y autogestión de los irrigantes), la **concesión colectiva y preventiva** puede ser repensada, buscando caminos normativos que la habiliten. Indirectamente, este modelo ya se da en grandes subvenciones de proyectos públicos, cuando la concesión en la infraestructura común se da a un gestor (Codevasf, DNOCS etc.) que gestiona la distribución, cobro y garantía de los términos de la subvención con los regantes que ocupan lotes familiares o empresariales. La Asociación de Usuarios del Perímetro de Riego del Arroio Duro (AUD) que gestiona el perímetro Arroio Duro/RS desde 1990, ha otorgado el poder de concesión y gestiona la captación con los más de 400 productores de arroz, la mayoría con propiedades pequeñas (<http://aud.org.br/>).

Otro ejemplo es el de las concesiones preventivas concedidas por la ANA para el extinto Ministerio de Pesca. Basándose en la capacidad de apoyo de las reservas, el subsidio preventivo permite al organismo solidario buscar inversiones y alianzas con el sector privado para el desarrollo efectivo de la actividad.

En el sector eléctrico, las concesiones preventivas permiten la reserva del potencial hidráulico de un cuerpo hídrico, descontando los usos de consumo actuales y los proyectados para el futuro - se emiten a nombre de la Agencia Nacional de Energía Eléctrica - ANEEL y se convierten en una subvención para el empresario después del proceso de concesión/autorización.

Los mecanismos de concesión preventiva, concesión colectiva y la asignación negociada pueden evolucionar en los polos de la producción de regadío y contribuir a la seguridad hídrica sectorial y a múltiples usos.

Eficiencia en el Uso y Calidad del Agua

La agricultura irrigada depende de **una disponibilidad adecuada** y de **una buena calidad** del agua. Del mismo modo que puede afectar a estos parámetros, el riego también puede verse afectado por la ineficiencia y la contaminación resultante de otros usos del agua.

Aunque la práctica puede causar impactos negativos de orden económico, social y ambiental, se observa que el riego tiende a instalarse en zonas anteriormente ocupadas con pastos o agricultura de secano. El **paquete tecnológico** que acompaña al riego, es decir, las mejoras en insumos, servicios, máquinas e implementos, dan como resultado mejoras relativas en la calidad ambiental de estas regiones, como la adopción de técnicas de manejo más apropiadas, plantío directo y un mejor uso del suelo (con menos exposición a procesos erosivos).

Por otro lado, hay cada vez más preocupaciones relacionadas a los recursos hídricos. Los problemas de cantidad y calidad del agua tienden a presentarse de manera interconectada: el mismo exceso de agua que se aplica en una zona de regadío, no siendo utilizada por los cultivos, es lo que puede retornar a las masas de agua superficiales y subterráneas con sales solubles y defensivos para la agricultura. En otra perspectiva, la pérdida de otros sectores usuarios puede limitar la disponibilidad de agua para riego, así como el agua que llega al medio rural contaminado puede limitar o hacer inviable la actividad.

Por lo tanto, la eficiencia del uso del agua y la contaminación hídrica son temas entrelazados. Los requisitos e incentivos legales para el control de la eficiencia y la contaminación se dan en los procesos de licenciamiento ambiental y otorgamiento del uso de los recursos hídricos de las empresas, además del cargo por uso. Por ejemplo: los proyectos que incorporan equipos y métodos de riego más eficientes tienen prioridad en la concesión de **licencias** (Resolución CONAMA n° 284/2001); y las agencias de gestión de recursos hídricos requieren eficiencias mínimas en el uso del agua para otorgar la concesión (ANA, 2013). La **concesión** también busca asegurar que la cantidad de agua requerida por el irrigante sea compatible con la disponibilidad de agua existente y con otros usos actuales y

futuros, tanto a escala local como de cuenca hidrográfica. Por otra parte, se sabe que hay un gran margen de mejora y un mayor progreso en la aplicación de estos instrumentos, así como en la promoción y sensibilización de los productores.

En el área de recursos hídricos, el término **eficiencia en el uso del agua** se utiliza como sinónimo de eficiencia en el riego (ANA, 2013), expresando la relación entre el volumen de agua requerido para las plantas y el volumen de agua capturada en el cuerpo hídrico. La diferencia se puede considerar como pérdida, es decir, la porción de agua extraída de la masa de agua que no es utilizada por las plantas. Las **pérdidas** pueden ocurrir debido a fugas en la distribución y almacenamiento, evaporación, arrastre o deriva por el viento, escorrentía superficial y percolación profunda. Las pérdidas no expresan necesariamente el desperdicio de agua, ya que ningún equipo garantiza el 100% de eficiencia y no es posible controlar con precisión todas las variables en condiciones de campo (como el viento). Parte de las pérdidas pueden volver directamente a los cuerpos hídricos.

La eficiencia del riego se correlaciona con el método y el sistema de riego adoptado, pero en condiciones de campo también está muy influenciado por las prácticas locales de operación y mantenimiento de equipos y gestión del agua y el suelo. La eficiencia también se ve afectada comúnmente por errores en las etapas de planificación e implementación del riego en la propiedad. Las bombas de motor de mal tamaño, equipos con baja calidad, mal anclaje de bombas y tuberías, entrada de suciedad en las tuberías durante el montaje, falta de mantenimiento e instalación diferentes al proyecto concebido son algunas de las fallas más comunes en estas etapas (Testezlaf, 2017).

No existe un método o sistema de riego ideal a priori, y debería realizarse una evaluación integrada de los componentes socioeconómicos y medioambientales, de los que la eficiencia es una de las variables. Para los sistemas de riego más comunes, y en buenas condiciones de instalación, gestión y operación, los valores de referencia de eficiencia en el uso del agua oscilan entre el 60% (inundación) y el 95% (goteo).



Indicadores de eficiencia en el uso del agua para sistemas de riego

Método	Sistema de riego	Eficiencia de referencia (%)	Pérdidas (%)
Superficie	Surcos abiertos	65	35
	Surcos cerrados o interconectados en cuencas	75	25
	Inundación	60	40
Subterráneo	Goteo subterráneo o enterrado	95	5
	Subirrigación o elevación del nivel freático	60	40
Aspersión	Convencional con líneas laterales o en malla	80	20
	Mangueras perforadas	85	15
	Cañón autopropulsado/carrete enrollador	80	20
	Pivote central (fijo o remolcable)	85	15
	Lineal	90	10
Localizado	Goteo	95	5
	Microaspersión	90	10

Fuente: adaptado de la ANA (2013)

Hay un alto desconocimiento sobre las eficiencias efectivamente practicadas en Brasil. Un estudio más exhaustivo realizado en la cuenca del río São Francisco evaluó la eficiencia de la aplicación de agua en 55 proyectos, 33 con método localizado (goteo y microaspersión) y 22 en aspersión (convencional, cañón y pivote central). Las eficiencias medias fueron, respectivamente, 79,1% y 70,3% (ANA, 2003). El estudio destacó la baja adecuación de las láminas aplicadas en relación a las requeridas por las plantas, habiendo láminas superiores o, en la mayoría de los casos, más bajas que las requeridas.

La proporción de pérdidas de riego (o ineficiencia) que no es evapotranspirada y retenida en el suelo puede conducir sales, sedimentos, materia orgánica y contaminantes a las masas de agua superficiales y subterráneas, contribuyendo a su contaminación. Aunque la agricultura puede contaminar puntualmente (eliminación directa de plaguicidas en los canales, por ejemplo), la contaminación suele producirse de manera indirecta, difusa y compleja.

La **salinización del suelo** (aumento de la concentración de sal) y la **disminución de la capacidad de infiltración** son subproductos de una gestión inadecuada de los equipos y los recursos ambientales. La fuente de las sales es el agua en sí utilizada por riego o por medio de la elevación del

nivel freático. Diversas zonas de regadío del mundo se ven afectadas por este proceso, lo que resulta en reducciones significativas en la productividad, la prohibición de las áreas agrícolas y la salinización de los cursos de agua con impactos en otros usos del agua y la biodiversidad. Aunque en Brasil es una preocupación creciente, la mayoría de las áreas de riego se encuentran en regiones con buena lixiviación y drenaje del suelo y utilizan agua de buena calidad, lo que atenúa el proceso de salinización. En el Nordeste, donde los suelos no tienen estas características, el proceso ya se produce de una manera más avanzada. Los cultivos tienen diferentes tolerancias a la concentración de sales.

En cuanto al transporte de **defensivos agrícolas**, el cuadro es preocupante cuando se observa que la expansión anterior y la modernización de la agricultura brasileña han ido acompañados de una intensificación en el uso de fertilizantes. Entre 2009 y 2014, la comercialización de fertilizantes en Brasil creció un 20,3%, mientras que el área total plantada creció un 11,8%.

La mala calidad del agua que llega para la agricultura irrigada puede causar limitaciones a su desarrollo. Un ejemplo común es el de las zonas urbanizadas. Aunque se han producido avances en saneamiento básico en los últimos años, solo el 61% de la población urbana brasileña está atendida con

la captación de aguas residuales y 43% con tratamiento (ANA, 2017). Las plantas tienen diferentes sensibilidades a los contaminantes presentes en el suelo y el agua. Dependiendo de las concentraciones, puede haber una caída relativa en el rendimiento o la inviabilidad total o parcial de la actividad.

El **deterioro de los equipos** de riego y la infraestructura asociada (canales y reservorios) es otro problema común de mala calidad del agua, causando corrosión, ensuciamiento, obstrucción de los rociadores, etc. Además de los impactos económicos, este deterioro tiende a disminuir la eficiencia del riego, lo que puede causar más contaminación de los recursos hídricos.

Reutilización de Efluentes de la Industria y de Saneamiento

La agricultura de regadío puede ser una alianza importante para reducir o mitigar la contaminación del agua en la industria y las ciudades.

El sector de la energía de la caña de azúcar realiza la mayor reutilización agroindustrial de Brasil con la fertirrigación de la caña de azúcar a partir de los efluentes generados en el procesamiento de la caña. El vertido de estos efluentes en los ríos fue uno de los principales problemas ambientales del país, habiéndose equiparado con ajustes en las normas ambientales y el compromiso con la sostenibilidad del sector. Actualmente, todas las plantas del país cuentan con equipos de riego (principalmente carretes) asignando, anualmente, unos 600 millones de litros de efluentes a los campos de caña de azúcar. Como resultado, este volumen ya no se libera en los cuerpos de agua, siendo reutilizado como un insumo en la propia plantación de caña de azúcar.

Para que la **fertirrigación** exprese todo su potencial y no solo se lleve a cabo como eliminación de efluentes en el suelo, debe seguir los criterios técnicos para la nutrición de la caña de azúcar y las normas ambientales específicas. Los programas, regulaciones y estudios específicos deben ser fortalecidos por las instituciones responsables de mejorar y ampliar el potencial de fertirrigación para minimizar los problemas ambientales y aumentar la productividad, calidad y longevidad de los campos de caña de azúcar.

La caña y otros cultivos industriales son los principales focos para la reutilización de efluentes de otros sectores, en particular de otras agroindustrias y ciudades. El **nuevo papel de la ANA en la regulación del saneamiento**, propiciado por la Ley Federal nº 14.026/2020, debe traer consigo energía, especialmente en la discusión del uso de efluentes sanitarios tratados en la agricultura. Se espera que esta práctica disminuya los problemas de calidad del agua en los cuerpos receptores, especialmente en las regiones de cabecera, atenúe la demanda de fuentes de agua y fortalezca el agronegocio.

Estudio de 2017 del actual MIDR (2017) – Elaboración de Propuesta del Plan de Acción para Instituir una Política de Reuso de Efluentes Sanitarios Tratados en Brasil – estimó un potencial de reutilización a corto plazo en Brasil de aproximadamente 410 billones de litros por año (equivalente a 13 m³/s – en el momento de la estimación la reutilización actual se estimó en 1,6 m³/s), con más de la mitad de este potencial concentrado en la región Sudeste. El potencial considera que el tratamiento secundario sería el nivel mínimo deseable de tratamiento para la reutilización.

Además, el estudio presentó experiencias internacionales y buenas prácticas encontradas en los proyectos globales de reutilización y las dificultades enfrentadas en Brasil en la implementación de los proyectos de reutilización.

Las acciones identificadas en estos proyectos relacionados a las buenas prácticas de reutilización para las diferentes modalidades, y las lecciones aprendidas en cuanto al nivel de tratamiento requerido por la modalidad de reutilización del agua y las tecnologías de tratamiento de aguas residuales utilizadas, así como la formación de asociaciones pueden fomentar la construcción de un programa positivo para el desarrollo de una política de reutilización realista y sostenible.



6 CENTROS AGRÍCOLAS DE REGADÍO

Plantaciones en Ribeirão Preto /SP
Raylton Alves /Banco de Imágenes ANA

En un país de dimensiones continentales y gran geodiversidad, la gestión de los recursos hídricos es un desafío importante. En este sentido, es importante avanzar en la implementación de políticas y sus instrumentos de manera amplia, pero también definir **áreas especiales** donde la gestión se pueda llevar a cabo de manera diferente a favor de la seguridad hídrica, de acuerdo con las condiciones específicas de estas áreas y la escala de acción de las instituciones. Para que la gestión sea diferenciada, también deben diferenciarse las bases técnicas de la información y el seguimiento de estas áreas.

La mayoría de las cuencas fluviales con indicadores de criticidad cuantitativa tiene como principal uso consuntivo la agricultura irrigada. Los conflictos o usos competitivos pueden ocurrir en el sector (entre regantes) o con otros sectores como el suministro urbano y la generación de energía. La criticidad se produce debido a las altas demandas de riego, pero también en regiones con demandas moderadas, pero con baja disponibilidad de agua, como del Semiárido. Con la perspectiva de aumentar el uso del agua en el riego hasta en un 66% para 2040, es necesario un esfuerzo creciente de planificación y gestión.

La agricultura de regadío es el sector más dinámico de usuarios de recursos hídricos en Brasil y en el mundo y un importante vector de desarrollo regional. Si, por un lado, el crecimiento del riego significa un mayor uso del agua, por otro lado, las inversiones en este sector también resultan en un aumento sustancial de la productividad y el valor de la producción, reduciendo la presión para la incorporación de nuevas áreas de cultivo y contribuyendo a la seguridad alimentaria de la población y la seguridad productiva del sector agroindustrial. Lo importante, por tanto, es que la **expansión se produzca con seguridad hídrica** para el propio sector y para los demás usos del agua.

Los datos consolidados en el **Atlas Riego 2017** permitieron una primera identificación de áreas especiales de gestión de recursos hídricos para la agricultura de riego a escala nacional. Posteriormente, y en consonancia con la política sectorial de riego, estas zonas se denominaron polos nacionales de agricultura irrigada. La identificación y clasificación de los polos se mejoró en el estudio **Polos Nacionales de Agricultura Irrigada: mapeo de áreas irrigadas con imágenes satelitales** (ANA, 2020) – la publicación detalló información en seis polos nacionales utilizando metodologías innovadoras para el análisis de imágenes de monitoreo remoto, apoyadas por salidas de campo. Las metodologías se aplicaron posteriormente a otras áreas como parte de la preparación del Atlas 2020.

En esta edición de Atlas – y en función de la superficie total regada, la concentración/ densidad de ocupación, potencial de crecimiento y crecimiento logrado a corto y mediano plazo – se identifican **28 Polos Nacionales**, es decir, áreas especiales de gestión de recursos hídricos para la agricultura de regadío a escala nacional. Estos centros **concentran el 50% del área irrigada y el 60% de la demanda actual de agua**. La clasificación de los polos nacionales es dinámica y puede ajustarse de acuerdo con objetivos de análisis específicos o con las políticas públicas específicas a desarrollar. Los

centros regionales, estatales y locales también se pueden identificar en función de la información del Atlas, y se pueden detallar en trabajos específicos en estos recortes territoriales. La delimitación de los polos considera la **división hidrográfica**, teniendo en cuenta que la gestión de los recursos hídricos adopta la cuenca hidrográfica como unidad territorial.

Entre los 28 Polos Nacionales de Agricultura Irrigada identificados en esta edición, 09 tienen como tipología predominante el arroz por inundación y en 15 predominan los pivotes centrales. Las tipologías no indican exclusividad del método o cultivo(s) de riego, sino el patrón predominante.

El arroz inundado es la tipología más presente en las zonas productoras tradicionales de Rio Grande do Sul y Santa Catarina, además del suroeste de Tocantins en las cuencas de los ríos Javaés y Formoso, totalizando nueve polos - muchos de ellos limítrofes, pero en diferentes cuencas hidrográficas. En estos polos consolidados hay menos perspectivas de expansión del riego y parte de su potencial estimado puede estar relacionado, de hecho, con la rotación del uso de la tierra donde las áreas vecinas rotan el cultivo del arroz.

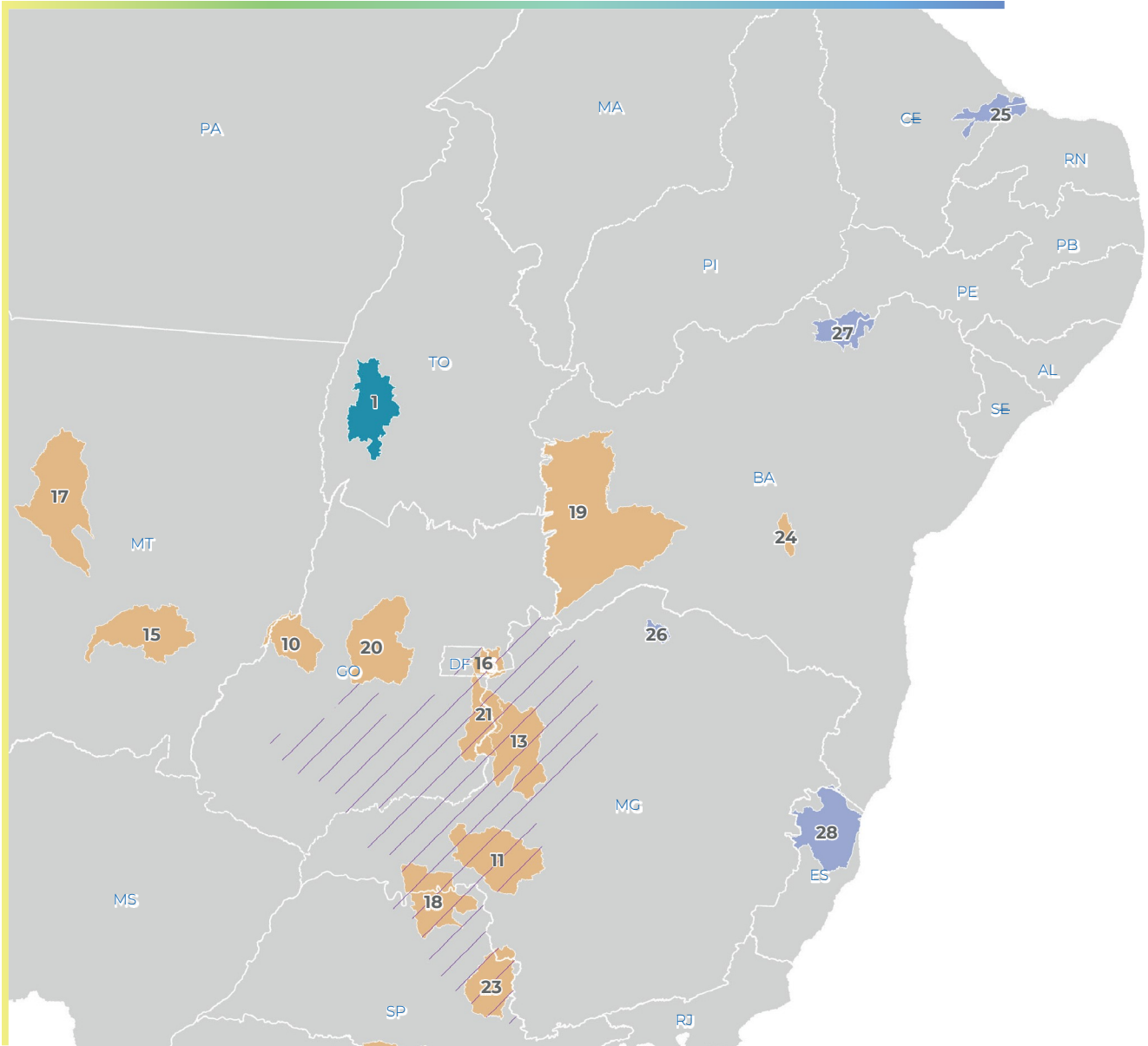
Los 15 polos nacionales de **pivotes centrales** están

dedicados predominantemente a la producción de granos (soja, maíz, frijoles, algodón, etc.), la mayoría de ellos en el Cerrado, pero también en regiones de transición entre el Cerrado y el Amazonas (Alto Teles Pires) y entre la Mata Atlántica y la Pampa (Uruguay y Alto Jacuí), además de Mucugê-Ibicoara en la Caatinga. Los centros están distribuidos en siete unidades de la federación (BA, DF, GO, MT, MG, SP y RS). En el polo Paracatu/ Entre Riberios (MG), también es relevante el riego de caña por pivotes y otros métodos de aspersión; y en el polo Mucugê-Ibicoara, el perfil de cultivo es diferente a los demás, predominando la papa y el café.

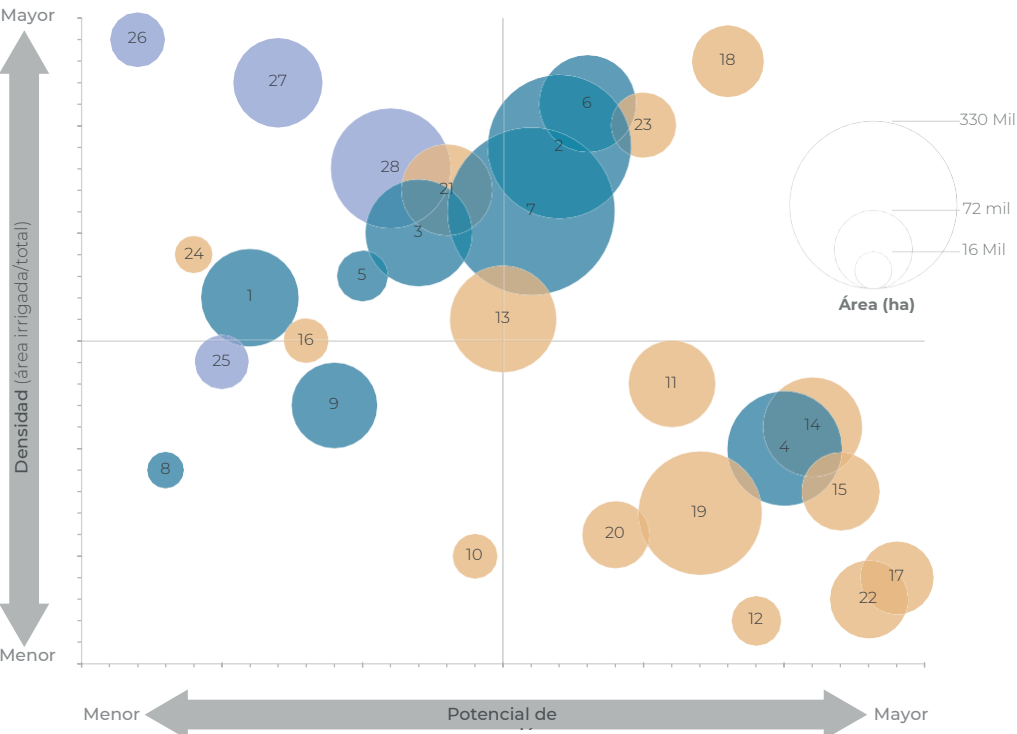
Crecimiento reciente y alto potencial de expansión también permite delimitar un Gran Polo Nacional de Riego por pivotes, formado por seis polos nacionales en la región central de Brasil y otras áreas de expansión cercanas, en las regiones hidrográficas de los ríos Paraná y São Francisco. En este gran lugar se acelera la expansión y se forman nuevos polos.

En los otros cuatro polos nacionales, tres se encuentran ubicados en el Semiárido: predominantemente fruta y caña de azúcar en Petrolina/Juazeiro (PE/BA) y en Jaíba (MG); y el cultivo de fruta en el Jaguaribe y cuencas costeras vecinas (CE/RN). En el Norte de Espírito

POLOS NACIONALES DE AGRICULTURA IRRIGADA



Polos Nacionales de Agricultura Irrigada - Densidad y Potencial



Mapa	Nombre del Polo
1	Javaés / Formoso
2	Lagoa dos Patos
3	Lagoa Mirim / São Gonçalo
4	Médio Jacuí
5	Norte Catarinense
6	Sur Catarinense
7	Quaraí / Ibicuí / Icamauã
8	Negro
9	Santa Maria/ Ibicuí da Armada
25	Jaguaribe
26	Jaíba
27	Petrolina / Juazeiro
28	Norte de Espírito Santo

Mapa	Nombre del Polo
10	Alto Araguaia
11	Alto Araguari / Paranaíba
12	Alto Jacuí
13	Paracatu / Entre Riberios
14	Alto Paranapanema
15	Alto Rio das Mortes
16	Alto Preto
17	Alto Teles Pires
18	Guaíra / Miguelópolis
19	Oeste da Bahia
20	Rio das Almas
21	São Marcos
22	Uruguai
23	Vertentes Pardo / Mogi Guaçu
24	Mucugê / Ibicoara
/	Gran Polo Nacional

Santo, predomina el café y también hay expansión de pivotes centrales. Los métodos de riego también se diversifican en estos polos, siendo el riego localizado (micro-aspersión y goteo) más expresivo.

A continuación se detallan las principales características de los polos nacionales con los indicadores elaborados en el Atlas. Se puede encontrar información adicional en <http://atlasirrigacao.ana.gov.br>.

Polos Nacionales - Arroz Irrigado

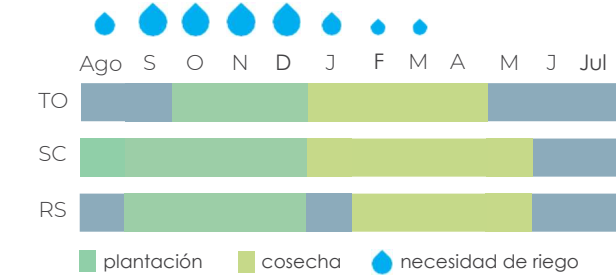
El calendario de siembra/cosecha del arroz es similar en los polos, con la cosecha entre agosto y mayo. El arroz tiene un ciclo medio de 110 a 125 días, lo que requiere en el sistema convencional entre 80 y 100 días de riego hasta llegar al momento de vaciar las bandejas y prepararse para la cosecha. En el pre-germinado, el riego comienza unos 25 días antes de la siembra, totalizando unos 100 a 125 días de riego.

De los nueve polos, seis se encuentran en Rio Grande do Sul - cuatro en la región fronteriza. Dos centros se encuentran en Santa Catarina, y el sur de Santa Catarina tiene una pequeña área en Rio Grande do Sul. En Tocantins destaca el polo Javaés-Formoso.

En el manejo del agua, se observa el dominio del pregerminado en Santa Catarina y el convencional en Tocantins. En Rio Grande do Sul, según IRGA, el 9% del área irrigada se destinó al pregerminado y el 91% a convencional en la cosecha 2019/2020.

Parte importante del potencial estimado en los polos de arroz (total y efectivo) ya puede estar en

uso para la rotación con el arroz en sí, pudiendo no presentar viabilidad de implementación, además de otras limitaciones económicas y ambientales que afectan el potencial. El polo con mayor potencial de expansión es el del Medio Jacuí (RS), cuyo potencial también se puede reducir por el consumo de agua aguas arriba - la región del Alto Jacuí es un polo de pivotes y es uno de los que tienen el mayor potencial de crecimiento y expansión reciente.



Arroz irrigado en imágenes satelitales

Imagen A - Arroz irrigado por inundación de la fase de siembra. Límite entre los municipios de Araranguá y Maracajá/SC - Polo de Riego Mampituba. Imagen Sentinel 2 RGB 11/8A/4

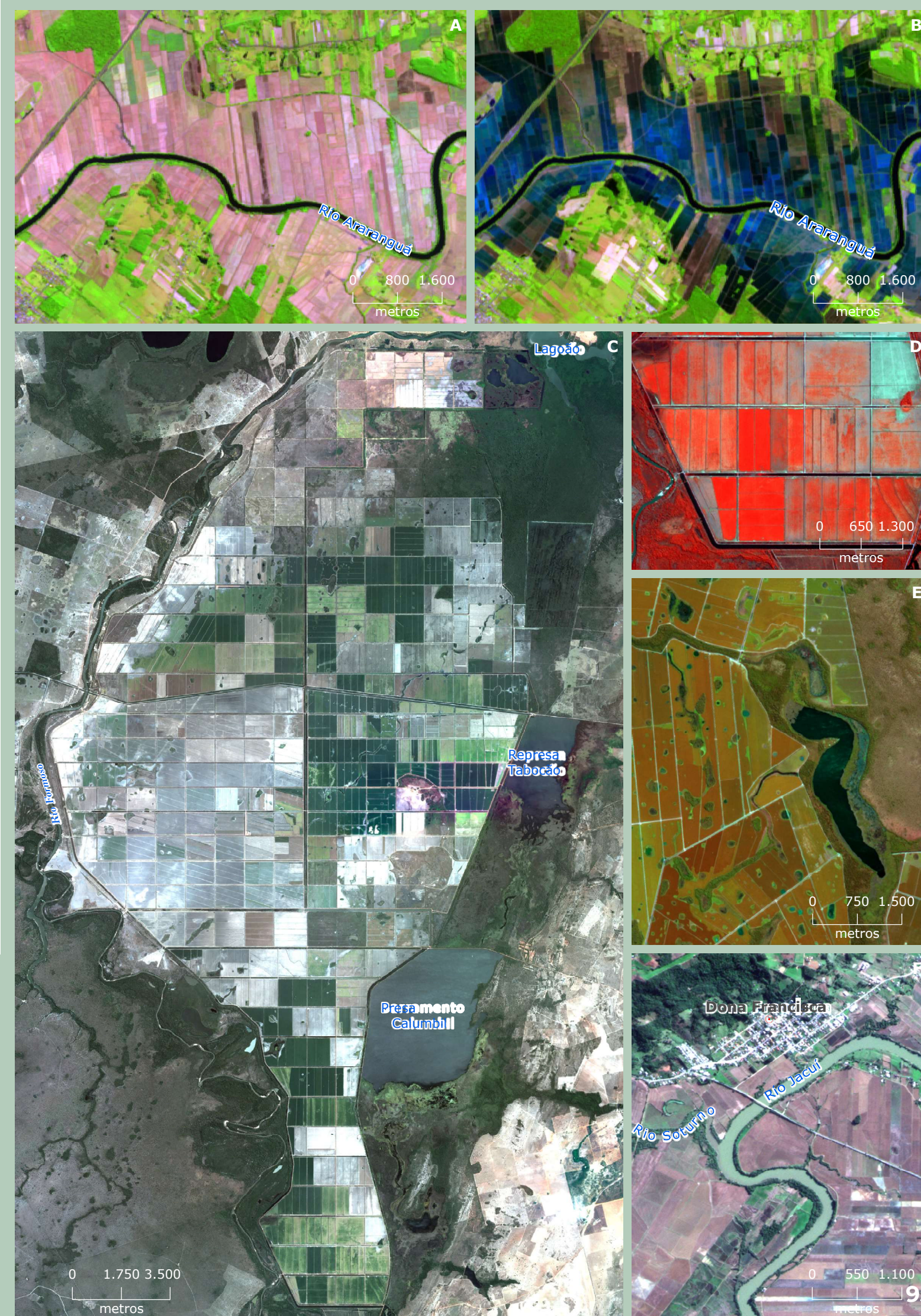
Imagen B - Arroz irrigado por inundación de la fase de barbecho. Límite entre los municipios de Araranguá y Maracajá/SC - Polo de Riego Mampituba. Imagen Sentinel 2 RGB 11/8A/4

Imagen C - Formoso do Araguaia/TO - Polo de Riego Javaés-Formoso. Imagen PlanetScope RGB 3/2/1 de 06/2020.

Imagen D - Formoso do Araguaia/TO - Polo de Riego Javaés-Formoso. Imagen PlanetScope RGB 4/2/3 de 06/2020.

Imagen E - Lagoa da Confusão/TO - Polo de Riego Javaés-Formoso. Imagen Sentinel 2 RGB 11/3/4 de 20/08/2020.

Imagen F - Límite entre los municipios de Agudo, Dona Francisca y Restinga Sêca/RS - Polo de Riego Medio Jacuí. Imagen PlanetScope RGB 3/2/1 de 06/2020.

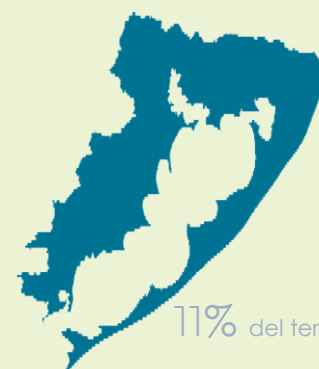


Polos Nacionales - Arroz Irrigado

Leyenda

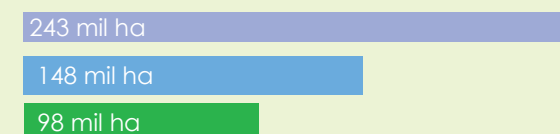
- Demanda hídrica actual
- Área irrigada actual
- Potencial físico-hídrico total
- Potencial efectivo

LAGOA DOS PATOS



11% del territorio es irrigado

2,2 trillones de litros/año



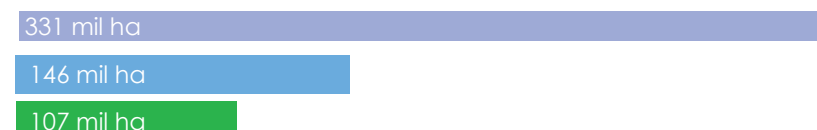
Manejo **77%** convencional y **23%** pre-germinado

Principales **municipios** irrigantes: Mostardas, Camaquã, Viamão, Tapes, Arambaré, Palmares do Sul, Santo Antônio da Patrulha, Eldorado do Sul, Capivari do Sul, Barra do Ribeiro, Pelotas



10% del territorio es irrigado

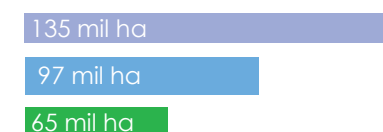
2,9 trillones de litros/año



Manejo **98%** convencional y **2%** pre-germinado

Principales **municipios** irrigantes: Uruguiana, Itaqui, Alegrete, São Borja, Maçambará, Barra do Quaraí, Quaraí, São Vicente do Sul, Rosário do Sul e Cacequi

1,3 trillones de litros/año



Manejo **100%** convencional

Principales **municipios** irrigantes: Santa Vitória do Palmar, Arroio Grande, Rio Grande, Jaguarão, Capão do Leão, Pelotas

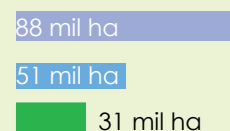
LAGOA MIRIM /
SÃO GONÇALO



9% del territorio es irrigado

SANTA MARIA/
IBICUÍ DA ARMADA

799 billones de litros/año



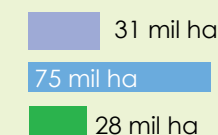
Manejo **99%** convencional

Principales **municipios** irrigantes: Dom Pedrito, Sant'Ana do Livramento, Lavras do Sul, São Gabriel, Rosário do Sul e Cacequi

6% del territorio es de riego

NORTE
CATARINENSE

182 billones de litros/año



8% del territorio es de riego

Manejo **100%** pre-germinados

Principales **municipios** irrigantes: Massaranduba, Guaramirim, Joinville, Ilhota, Gaspar, Araquari, Itajaí



5% del territorio es de riego

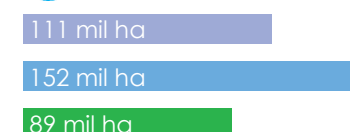
1,3 trillones de litros/año



Manejo **81%** convencional y **19%** pre-germinado

Principales **municipios** irrigantes: Cachoeira do Sul, Restinga Sêca, São Sepé, Formigueiro, Agudo, Rio Pardo, Santa Maria, Candelária, Santa Margarida do Sul y São Gabriel

725 billones de litros/año



Manejo **100%** pre-germinado

Principales **municipios** irrigantes: Turvo, Meleiro, Forquilha, Nova Veneza, Jacinto Machado, Araranguá, Tubarão

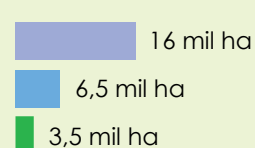
SUR CATARINENSE



14% del territorio es de riego

NEGRO

153 billones de litros/año



Manejo **100%** convencional

Principales **municipios** irrigantes: Bagé, Aceguá, Hulha Negra

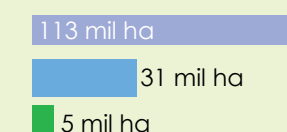
5% del territorio es de riego

JAVAÉS /
FORMOSO



8% del territorio es de riego

664 billones de litros/año



Manejo **100%** convencional

Principales **municipios** irrigantes: Lagoa da Confusão, Formoso do Araguaia y Pium

Polos Nacionales - Pivotes Centrales

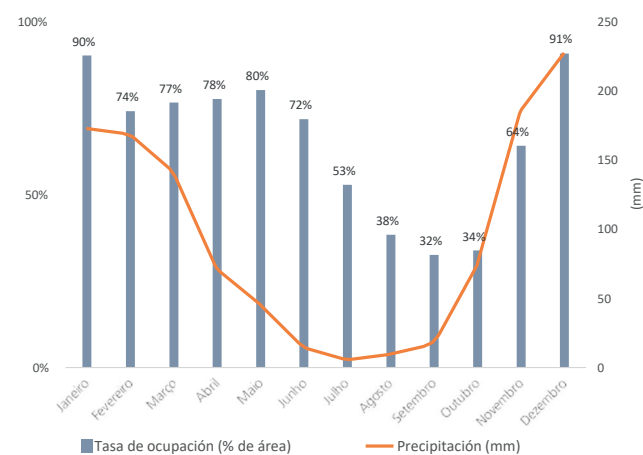
Los polos de pivotes han sido los principales motores de expansión del riego en Brasil y esta tendencia debe continuar. Se puede observar, por otro lado, que ya existen polos consolidados con menos perspectivas de expansión, debido a: el relativo agotamiento de su potencial físico-hídrico; limitaciones económico-financieras; o usos competitivos del agua con otros usos o por reglas de operación.

El calendario para la siembra/cosecha y riego es muy dinámico en los polos de pivotes centrales: debido a que se trata en su mayoría de cultivos temporales (soja, maíz, frijoles, algodón, etc.), es común realizar de 4 a 5 cosechas a lo largo de dos años-cosecha. La dinámica del clima y el mercado influyen en esta dinámica anualmente.

Entre los patrones de rotación más comunes, se encuentra el cultivo con soja (1º cultivo de verano) seguido de la temporada baja con maíz (2º cultivo); cultivo con soja, seguido de cultivo con maíz y 3º cultivo de frijoles; 1º cultivo (maíz o soja), seguido de cultivo a largo plazo (algodón - 180 días). También hay alrededor del 8% del área de pivotes ocupados con cultivos (semi)perennes, especialmente con café y caña de azúcar.

Los productores buscan minimizar el cultivo en periodos de mayor déficit hídrico, maximizando la producción en temporada de lluvias y transición al periodo seco. Con esto, la estacionalidad y la ociosidad en el uso del agua son aún más pronunciadas en la dinámica del riego bajo pivotes centrales. En 2017, por ejemplo, se observaron tasas de ocupación del orden 90% en los meses con

Pivotes centrales - Estacionalidad



mayor incidencia de precipitaciones, es decir, de baja necesidad de activar el equipo. Esta conocida estrategia tiene como objetivo reducir los costos relacionados con la aplicación de agua de riego, especialmente la electricidad, que es costosa en estos sistemas de producción.

En la «safrinha», que en las zonas de pivotes se produce mayoritariamente de febrero/marzo a mayo/junio, la tasa media de ocupación del área equipada varía entre el 72% y el 80%. La «safrinha» tiende a ser el período de mayor demanda de agua cuando se asocian altas tasas de ocupación con necesidades de riego intermediarias por hectárea (no tan altas como en la temporada seca, pero mucho más altas que en la temporada de lluvias). Por lo tanto, los datos refuerzan que la activación de pivotes centrales se ha utilizado principalmente para aumentar la producción y la productividad en la segunda cosecha. Aunque las lluvias ya han disminuido al final de la segunda cosecha (safrinha), el suelo todavía tiene reservas hídricas y la cosecha se realiza durante la temporada de lluvias, lo que contribuye a las operaciones mecanizadas y a la baja incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos.

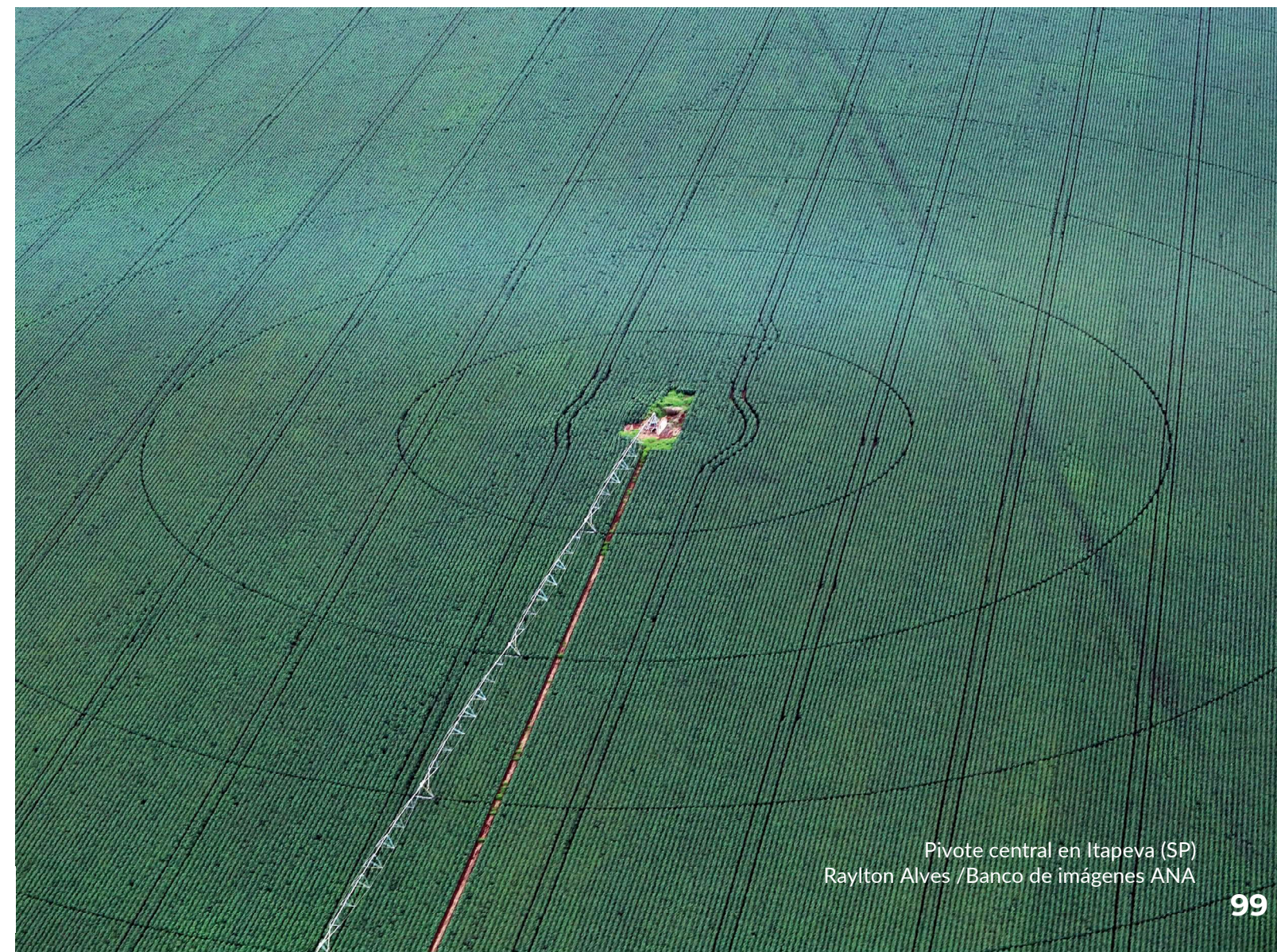
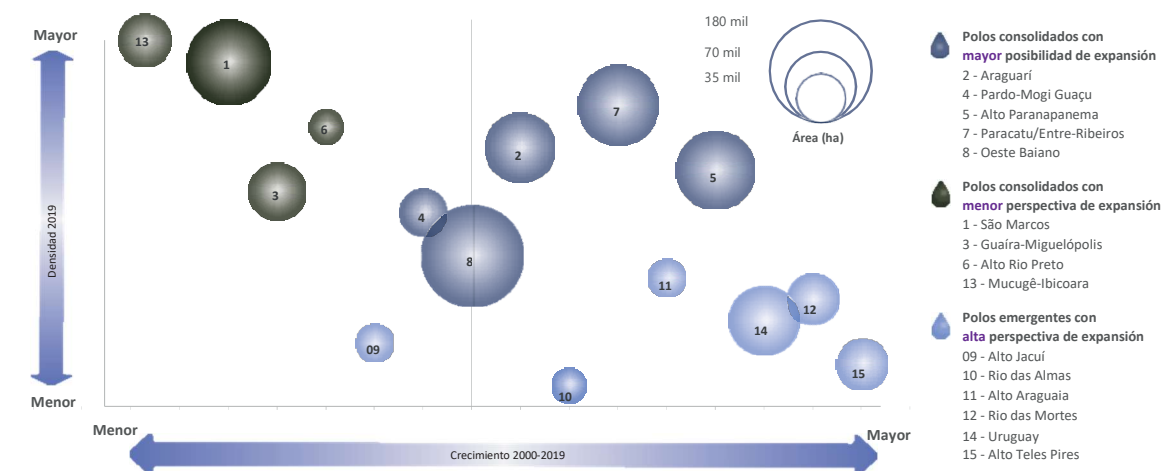
En la tercera cosecha, que avanza en el periodo más seco de estas regiones irrigadas (julio a septiembre), la precipitación prácticamente cesa y el agua almacenada en el suelo se reduce drásticamente. Durante este periodo, se produce una reducción en la tasa de ocupación de pivotes a niveles del orden del 30% al 40%. Además de reducir la disponibilidad de agua, las altas temperaturas, el aumento de los costos y los vacíos sanitarios en la soja y el frijol contribuyen a reducir las tasas de ocupación. Aun así, el uso del agua es significativo, ya que la profundidad de agua requerida por hectárea alcanza niveles altos.

Los 15 polos de riego con predominio de pivotes centrales están distribuidos en todas las regiones (excepto Norte) y en siete unidades de la federación (BA, DF, GO, MT, MG, SP y RS). Cuatro polos - São Marcos, Alto Preto, Guaira-Miguelópolis y Pardo-Mogi Guaçu - extrapolan una unidad de la federación y también contienen cuerpos de agua bajo el dominio de la Unión, lo que requiere un esfuerzo de planificación y gestión aún más integrado.

Los polos de pivotes, incluyendo el Gran Polo Nacional, representan la principal frontera de la expansión actual y futura del riego en el País. Sin embargo, el potencial físico-hídrico estimado (total y efectivo) puede verse limitado por factores económicos, ambientales y de asignación del agua

entre los diferentes usos - además de cuestiones coyunturales. Además, algunos polos consolidados ya exploran áreas mayores que el potencial efectivo adicional estimado, lo que indica la proximidad de sus capacidades de soporte.

Dinámica reciente en los polos de pivotes centrales



Pivote central en Itapeva (SP)
Raylton Alves /Banco de imágenes ANA

Polos Nacionais – Pivotes Centrales

Leyenda

- Demanda hídrica actual
- Área irrigada actual
- Potencial físico-hídrico total
- Potencial efectivo

ALTO TELES PIRES



Principales **municipios** irrigantes: Sorriso, Lucas do Rio Verde, Vera, Ipiranga do Norte

4% del territorio es irrigado

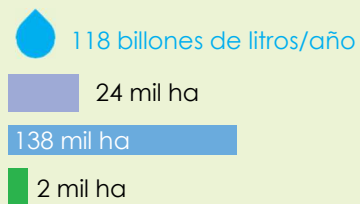


Principales **municipios** irrigantes: Primavera do Leste, Campo Verde, Poxoréu, Dom Aquino, Novo São Joaquim, General Carneiro, Santo Antônio do Leste

ALTO RIO DAS MORTES



ALTO ARAGUAIA



Principales **municipios** irrigantes: Jussara, Santa Fé de Goiás, Britânia

3% del territorio es irrigado

Principales **municipios** irrigantes: Goianésia, São Luiz do Norte, Itaberá, Santa Isabel, Nova Glória, Santa Rita do Novo Destino, Itapaci



RIO DAS ALMAS



Principales **municipios** irrigantes: Brasília, Cabeceira Grande, Cabeceiras, Formosa

ALTO PRETO



7,5% del territorio es irrigado

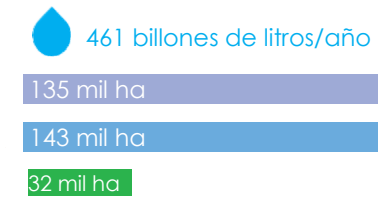
SÃO MARCOS



11% del territorio es irrigado

Principales **municipios** irrigantes: Unaí, Cristalina, Paracatu

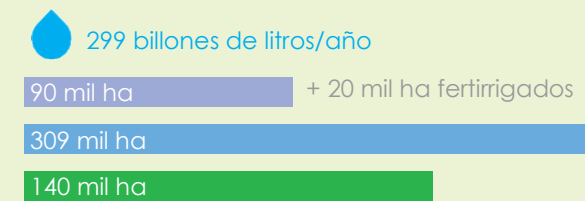
PARACATU / ENTRE-RIBEIROS



8% del territorio es de riego

Principales **municipios** irrigantes: Paracatu

ALTO ARAGUARI-PARANAÍBA

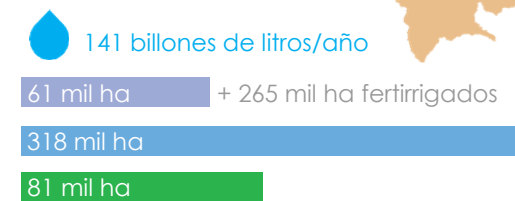


6% del territorio es de riego

Principales **municipios** irrigantes: Uberaba, Perdizes, Patrocínio, Santa Juliana, Rio Paranaíba, Indianópolis

Principales **municipios** irrigantes:

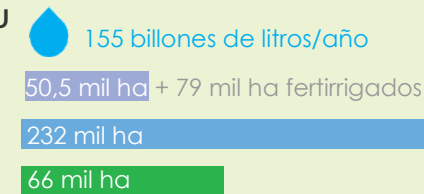
Guáira, Morro Agudo, Conceição das Alagoas, Colômbia, Frutal, Miguelópolis, Ipuã, Campo Florido, Barretos, Guará, Pirajuba, Colina, Ituverava, Planura



GUAÍRA-MIGUELÓPOLIS

23% del territorio es irrigado

VERTIENTES DEL RIO PARDO Y MOGI GUAÇU

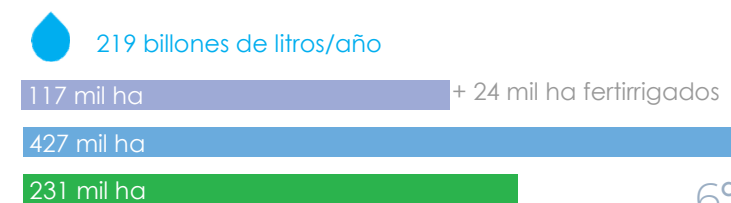


12% del territorio es irrigado

Principales **municipios** irrigantes: Casa Branca, Mococa, Santa Cruz das Palmeiras, Porto Ferreira, Leme, Vargem Grande do Sul, Mogi Guaçu, São João da Boa Vista, Aguaí

Principales **municipios** irrigantes: Itaí, Itapeva, Paranapanema, Avaré, Itaberá, Buri, Itapetininga, Taquarituba, Cerqueira César

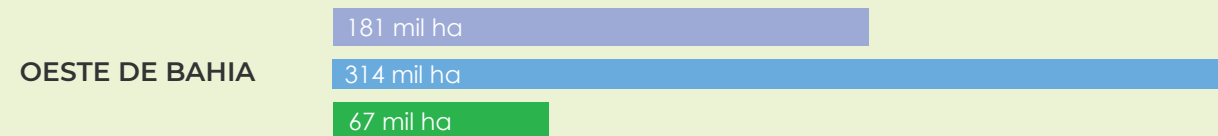
ALTO PARANAPANEMA



6% del territorio es de riego

Principales **municipios** irrigantes: São Desidério, Barreiras, Jaborandi, Luís Eduardo Magalhães, Riachão das Neves, Correntina

1,1 trillones de



3% del territorio es irrigado

103 billones de litros/año

MUCUGÊ-IBICOARA

Principales **municipios** irrigantes:

Mucugê e Ibicoara

17 mil ha

7 mil ha

< mil ha

9% del territorio es irrigado

215 billones de litros/año

URUGUAY

72,5 mil ha

572 mil ha

476 mil ha

2% del territorio es irrigado

Principales **municipios** irrigantes: Cruz Alta, Tupanciretã, Santa Bárbara do Sul, São Luiz Gonzaga, São Miguel das Missões, Santo Antônio das Missões, Palmeira das Missões, Jóia, Boa Vista do Cadeado

83 billones de litros/año

Principales **municipios** irrigantes: Cruz Alta, Tupanciretã, Santa Bárbara do Sul, Boa Vista do Incra, Salto do Jacuí, Fortaleza dos Valos, Ibirubám, Júlio de Castilhos

ALTO JACUÍ

30 mil ha

335 mil ha

278 mil ha

2% del territorio es irrigado

Pivotes centrales en imágenes satelitales

Imágenes A y B - Comparación de avance de la expansión de pivotes centrales en el polo irrigado de la cuenca hidrográfica del Rio das Mortes. Novo São Joaquim/MT - Polo de Riego Alto Rio das Mortes. Imagen Sentinel 2 RGB 11/3/4 de 29/04/2016 y 02/07/2020.

Imagen C - Pivotes centrales con diferentes cultivos en diferentes fases de desarrollo vegetativo. Casa Branca/SP - Polo de Riego Vertentes do Rio Pardo y Mogi Guaçu. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) obtenido con imagen Sentinel 2 del 15/01/2020.

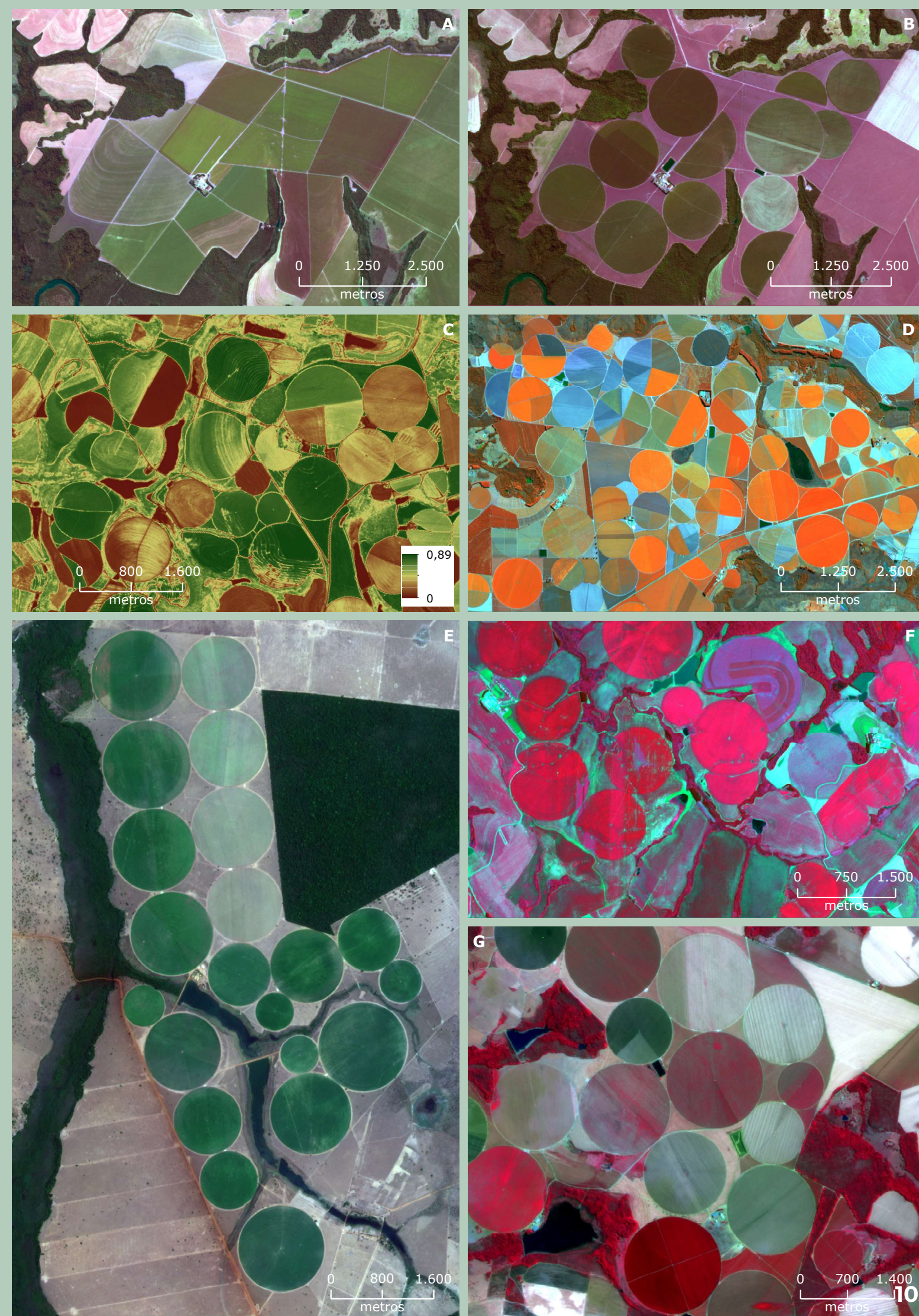
Imagen D - Pivotes centrales con diferentes cultivos en diferentes fases de desarrollo vegetativo. Límite entre los municipios de Río Paranaíba y Campos Altos/MG - Polo de

Riego Alto Araguaari-Paranaíba. Imagen Sentinel 2 RGB 8/3/4 de 03/07/2020.

Imagen E - Pivotes centrales con diferentes cultivos. Jussara/GO - Polo de Riego Alto Araguaia. Imagen PlanetScope RGB 3/2/1 de 09/2020.

Imagen F - Pivotes centrales con diferentes cultivos. Palmeira das Missões/RS - Polo de Riego Uruguay. Imagen Sentinel 2 RGB 8/4/3 de .

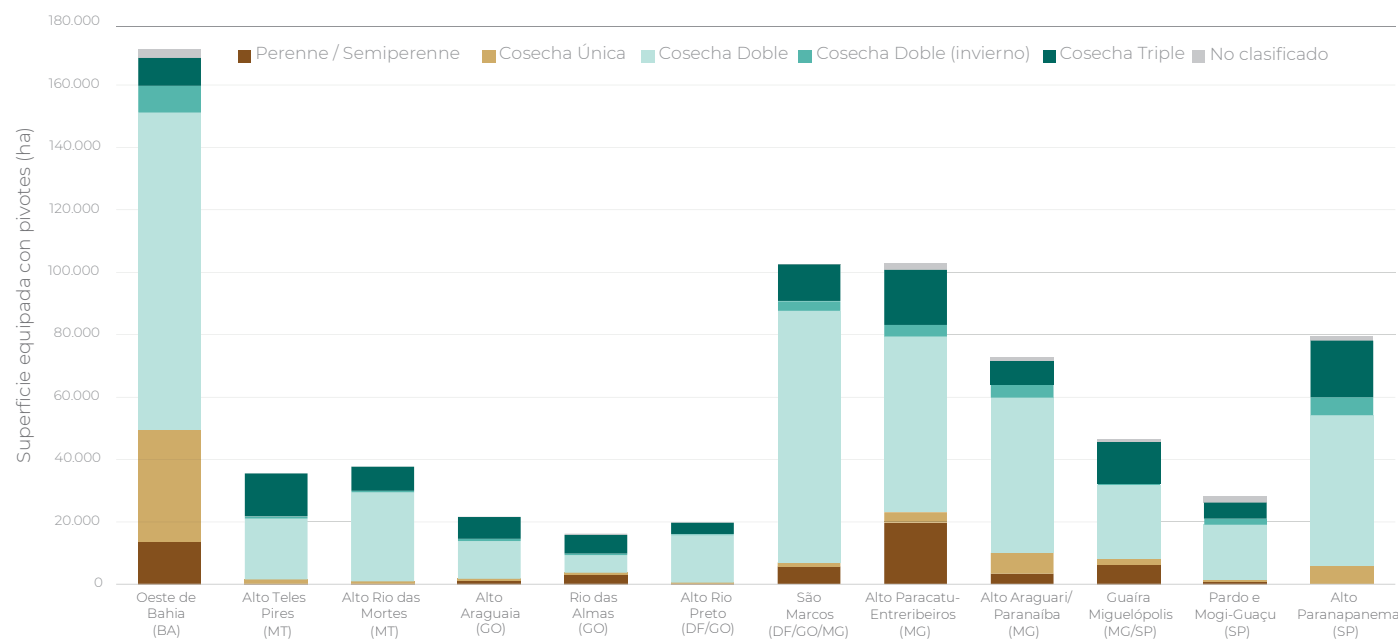
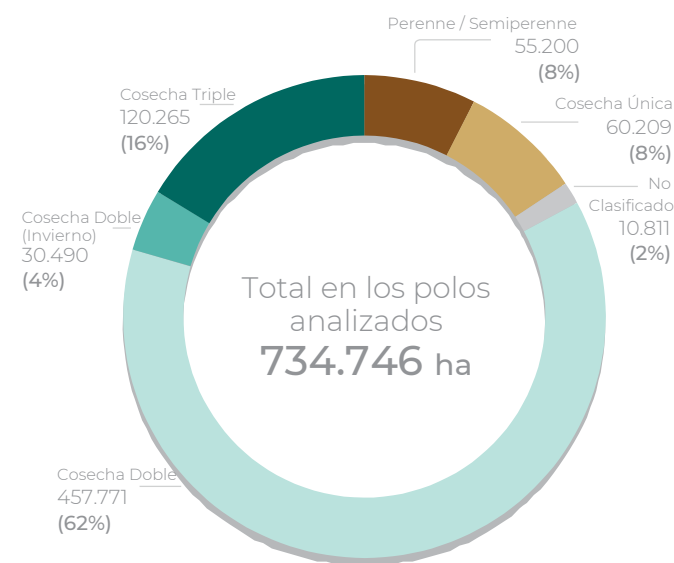
Imagen G - Pivotes centrales predominantemente inactivos de diversas cultivos. La imagen muestra un solo pivote central de café en desarrollo vegetativo avanzado. Unaí/MG - Polo de Riego Rio São Marcos. Imagen PlanetScope RGB 4/3/2 de 07/2020.



Entre los 1,55 millones de hectáreas plantadas bajo pivote central en Brasil, el 73% (1,14 Mha) se encuentran en el bioma Cerrado, incluyendo doce de los quince Polos Nacionales de pivotes centrales. Tales polos concentran el 64% (735 mil hectáreas) del área equipada por este sistema de riego.

A diferencia de la agricultura de secano que se produce principalmente en la temporada de lluvias y la cosecha del agricultor de una a dos cosechas (cosecha y/o safrinha), en la agricultura en pivote central lo habitual es tener en promedio dos por año o cinco cada dos años. Es decir, debido a que tiene mayor seguridad hídrica a lo largo del año, el agricultor planea hacer dos o tres cosechas de

Dinámica de uso de pivotes en Brasil y en los Polos - cosecha 2018/19



granos u opta por un cultivo perenne como el café o semiperenne como la caña de azúcar, porque sabe que en casos de verano o sequía prolongada no perderá la cosecha, porque el sistema de riego abastecerá la demanda de agua del cultivo.

Utilizando la metodología propuesta por Bendini et al. (2019), que consiste en extraer métricas de curvas EVI (*Enhanced Vegetation Index*), generadas a partir de series temporales filtradas y alisadas de satélites de observación de la Tierra de la constelación Landsat y Sentinel, el Atlas realizó una evaluación de patrones de cultivo dentro de los pivotes en el Cerrado. La serie incluye 54 observaciones regularmente espaciadas en el tiempo, en un intervalo regular de 8 días, para el período de agosto de 2018 a octubre de 2019 (año-cosecha).

EVI es un índice de vegetación que muestra el vigor vegetativo de un cultivo - cuanto más masa foliar mayor es el vigor y el índice (que van de -1 a +1). Observando el comportamiento de este índice a lo largo del tiempo, en este caso un año de cosecha, es posible estimar la intensidad de uso en cada pivote central de los 12 Polos. Intensidad de uso significa el número de cosechas, su duración y en qué meses se produce. Se establecieron cinco clases asociadas con los tipos de cultivo, a saber: un solo cultivo, generalmente en verano (o un solo cultivo); cultivo seguido de «safrinha» (o doble cultivo); cultivo o «safrinha» seguido de cultivo de invierno (o doble cultivo - invierno); triple cultivo; y cultivos perennes y semiperennes.

Los resultados reiteran la intensidad de uso en las áreas de pivotes - 62% del área ocupada realiza doble cultivo (cultivo seguido por «safrinha») y 16% realiza triple cultivo. Solo el 8% realizó una sola cosecha en la temporada 2018/19. Es decir, el riego permite más cultivos y tienden a ocurrir en la estación lluviosa y la transición a la estación seca, aumentando la seguridad hídrica de la producción y evitando períodos más secos, donde los costos también aumentan en gran medida.

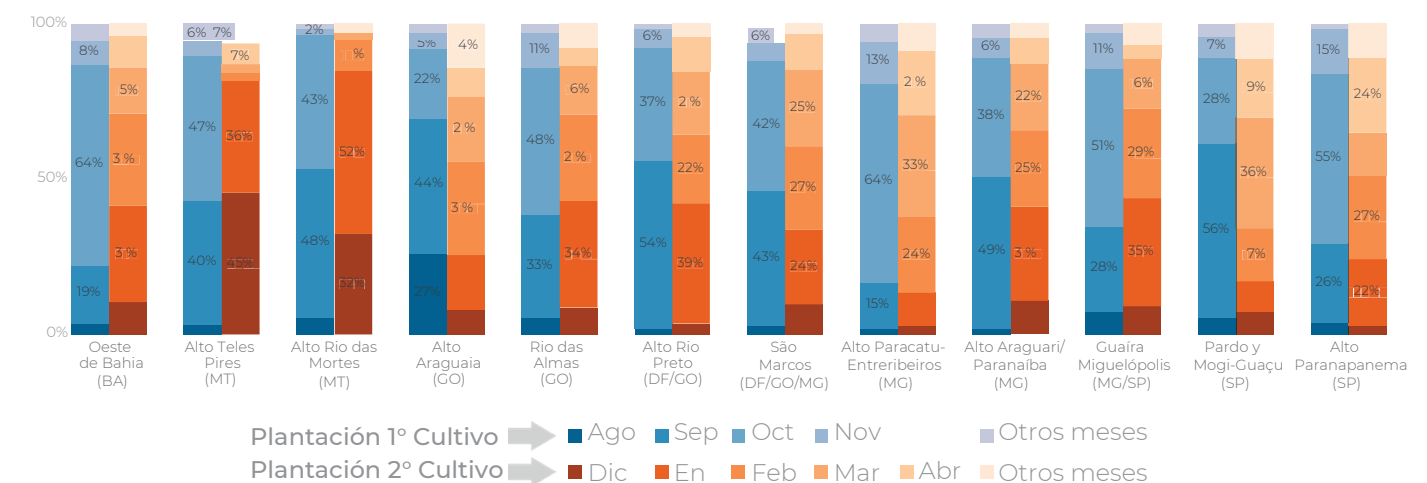
Desagregando la información en los 12 Polos Nacionales estudiados, se observa que el doble cultivo tiene un área significativa en total, representando más del 50% del área equipada. El triple cultivo prevalece sobre los cultivos perennes/semiperennes y sobre el único cultivo. En polos como Alto Teles Pires/MT, donde las tasas de precipitación son mayores en comparación con los demás, el triple cultivo es bastante común y ocupa un área más expresiva. En las regiones donde hay una estación seca prolongada, como en el oeste de Bahia, la cosecha única tiene mayor relevancia. También destaca la zona de cultivo semiperenne donde el cultivo en caña de azúcar de riego es mayor, al igual que los casos de los polos de Rio das Almas/GO, Paracatu y Entre-Ribeiros/MG y Guairá-Miguelópolis (MG/ SP).

Dado que la cosecha doble es la gestión mayoritaria en los 12 polos, se analizó en qué periodos del año se producen estas cosechas. El conocimiento de esta estacionalidad de la agricultura irrigada es crucial en la planificación y gestión de los recursos hídricos, ya que las demandas de riego son diferentes en la estación seca y lluviosa. Cabe destacar que la siembra del primer cultivo ocurre entre los meses de agosto y noviembre, pero principalmente en los meses de septiembre y octubre, inicio de la temporada de lluvias. El segundo cultivo se siembra entre diciembre y abril,

concentrándose en enero y febrero, meses de mayores precipitaciones. Esto se debe a que aunque el irrigante tiene agua vía riego para abastecer la demanda del cultivo, hay un alto costo involucrado en la operación del riego. El funcionamiento de los pivotes en el período seco, de mayo a agosto, es extremadamente costoso, ya que casi toda la demanda de agua debe ser abastecida a través del riego, por lo que pocos irrigantes cultivan en el período seco.

Los cuatro principales cultivos anuales plantados en pivote central en Brasil son la soja, el maíz, los frijoles y algodón. El ciclo de frijoles y soja temprana varía entre 90 y 100 días; soja tardía y maíz alrededor de 120 días; y algodón de 150 a 180 días. De esta manera, el agricultor rota dichos cultivos en un año de cosecha, dependiendo del precio de los insumos, las condiciones agroclimáticas y el precio en los mercados nacionales y extranjeros. Una de las prácticas más comunes es la rotación de la soja temprana en el primer cultivo seguido por el maíz en el segundo cultivo (fuera de temporada); o la soja tardía seguida por el algodón. En general, en los polos con mejores precipitaciones (meses más lluviosos), el agricultor siembra más temprano y hace dos o tres cosechas de granos, como en el riego tiene la suplementación de eventuales déficits de cultivos, pudiendo rotar entre maíz, soja y frijol en este periodo - como es el caso del polo Alto Teles Pires/ MT. En las regiones más secas, como el oeste de Bahia, la temporada de lluvias comienza más tarde, en octubre, concentrándose principalmente entre diciembre y abril. Por lo tanto, la rotación de la soja temprana con maíz fuera de temporada es más común para lidiar con el calendario de lluvias más corto. La soja con algodón es otro patrón importante, el algodón tiene un ciclo largo, pero es tolerante a un cierto déficit de agua, especialmente en los meses previos a la cosecha, que generalmente ocurre en el período seco.

Pivotes con cosecha doble - meses de siembra en la primera y segunda





Áreas de caña de azúcar en Mesópolis (SP)
Raylton Alves /Banco de imágenes ANA

Caña de azúcar irrigada en imágenes satelitales

La caña irrigada no es predominante en los polos, pero ocupa áreas importantes en los polos de pivotes Rio das Almas/GO, Paracatu y Entre-Ribeiros/MG y Guaira-Miguelópolis/MG/SP; y en los polos diversificados Jaíba y Petrolina-Juazeiro.

Imagen A - Límite entre los municipios de João Ribeiro, Unaí y Paracatu/MG - Polo de Riego Alto Paracatu - Entre Ribeiros. Imagen Planetscope RGB 3/4/2 de 12/2019.

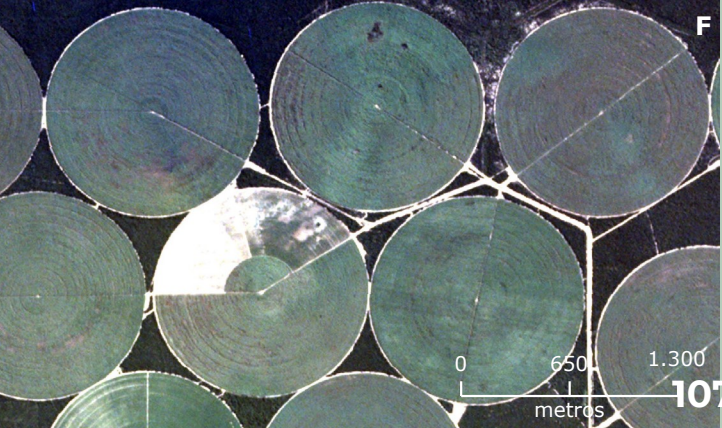
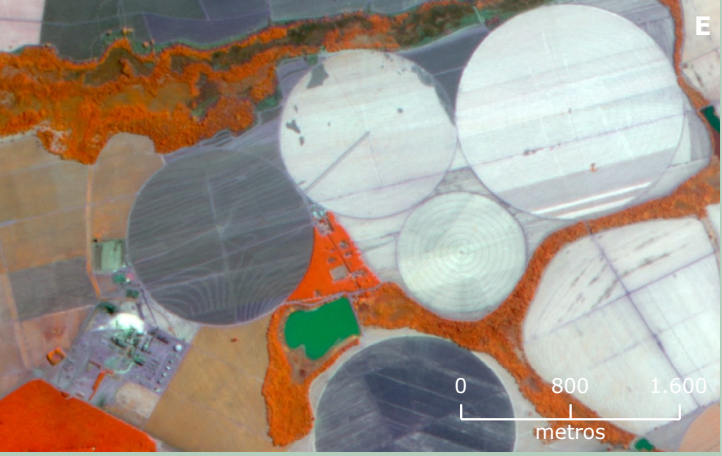
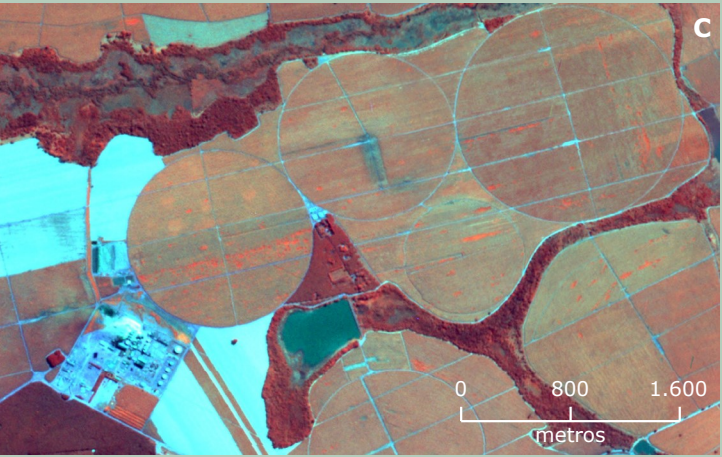
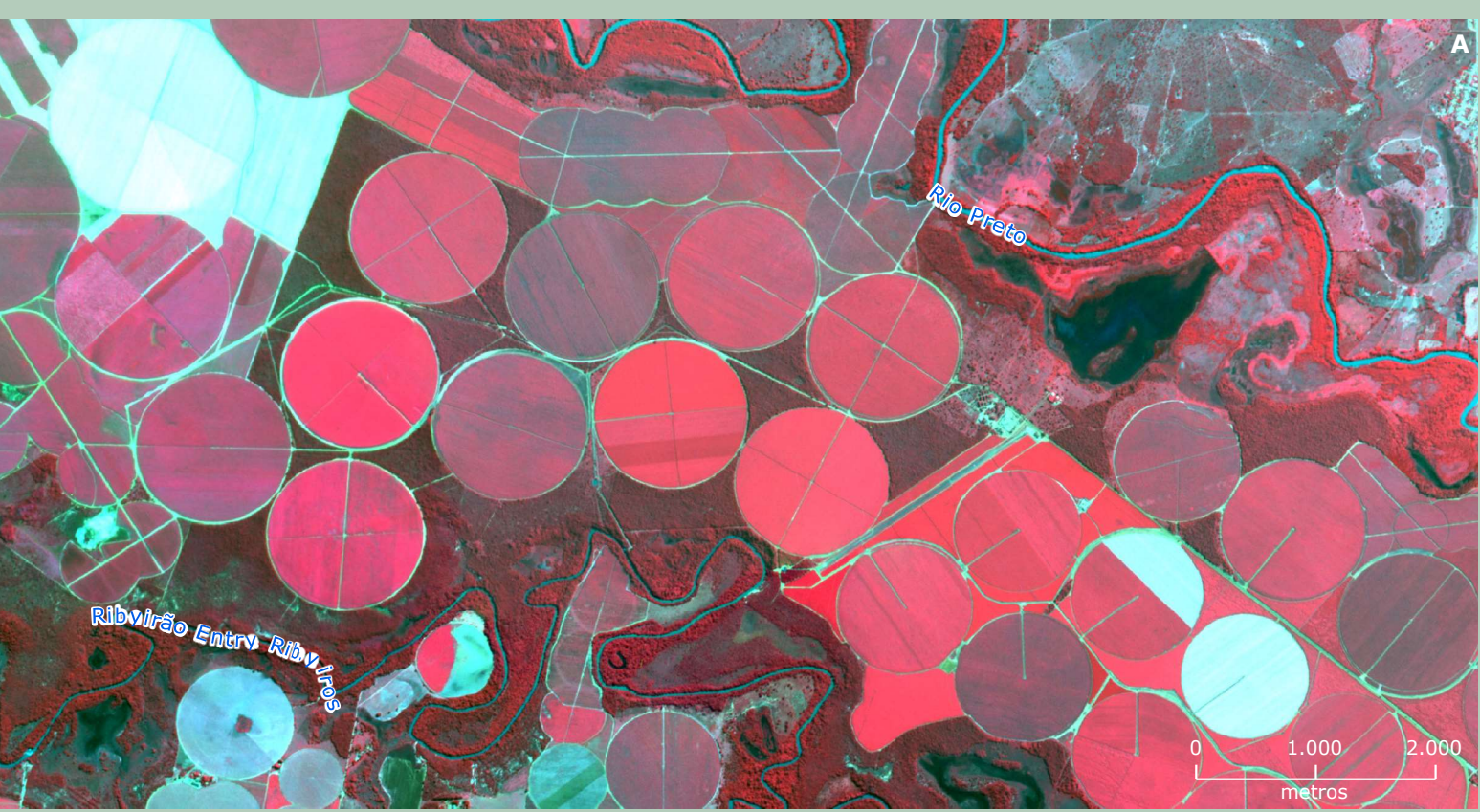
Imagen B - Límite entre los municipios de Brasilândia de Minas y João Pinheiro/MG - Polo de Riego Alto Paracatu - Entre Ribeiros. Imagen Planetscope RGB 3/2/1 de 12/2019.

Imagen C - Colômbia/SP - Polo de Riego Guaira - Miguelópolis. Imagen Planetscope RGB 4/2/3 de 12/2018.

Imagen D - Guaira/SP - Polo de Riego Guaira - Miguelópolis. Imagen Planetscope RGB 4/3/2 de 06/2020.

Imagem E - Colômbia/SP - Polo de Riego Guaira - Miguelópolis. Imagen Planetscope RGB 4/2/3 de 09/2020.

Imagen F - Límite entre los municipios de Jaíba y Matias Cardoso/MG - Polo de Riego Jaíba. Planetscope RGB 2/3/1 de 12/2019.



Polos Nacionales - Otras Tipologías

La región agrícola de Petrolina/PE y Juazeiro/BA es la más desarrollada del valle del río São Francisco. Siete perímetros de riego gestionan la distribución del agua que llega a los cultivos a través de una densa infraestructura de canales, cuya implementación comenzó en la década de 1960 con el propósito de desarrollar esta región ubicada en el clima más seco de Brasil. Estos son los perímetros: Bebedouro, Mandacaru, Maniçoba, Curaçá, Nilo Coelho, Tourão y Salitre. La fruticultura es actualmente la principal actividad (2/3 del área total) con énfasis en la uva y el mango, pero la caña de azúcar también tiene una importante área de riego con alto uso de agua, debido a la alta tasa de evapotranspiración y las bajas precipitaciones.

El polo de Jaguaribe, cuyo comienzo se remonta a 1989 cuando fue establecido por el DNOCS como perímetro público Jaguaribe-Apodi, se encuentra a orillas del río Jaguaribe, aguas abajo del Açude Castanhão - CE hasta casi su desembocadura en el Atlántico, siendo su límite el área de influencia del río Banabuiú aguas abajo de la presa Arrojado Lisboa y el límite oriental formado por las cuencas de Córregos da Mata y Gangorra (cuencas costeras entre las cuencas Jaguaribe y Apodi). Los principales municipios ubicados en el polo son Limoeiro do Norte, Quixerê, Jaguaruana y Russas en el estado de Ceará, y Tibau, Mossoró y Baraúna en el Rio Grande do Norte. Es un polo diversificado en términos de cultivos y sistemas de riego, que van desde cultivos anuales de maíz y arroz plantados en pivotes pequeños a grandes (12 a 120 ha), hasta frutas, especialmente melón, plátano, sandía y papaya, en su mayoría regadas por microaspersión y goteo.

Al igual que el polo de Jaguaribe, el polo de Jaíba también comenzó como un perímetro público, establecido por CODEVASF en 1975 en el extremo norte de Minas Gerais a orillas del río São Francisco. Sus zonas de riego se concentran en los municipios de Jaíba, Matías Cardoso e Itacarambi. Si, inicialmente, el polo se caracterizaba por el riego por microaspersión y goteo de fruticultura, especialmente mango, limón y banana, hoy es más diversificado, teniendo maíz y extensos campos de caña de azúcar irrigados bajo pivote central.

El cuarto y último polo donde hay una diversidad de cultivos y sistemas de riego es el Norte del Espírito Santo. Un área bastante extensa, que cubre casi todos los municipios entre Linhares en el estado central-norte y Montanha en el extremo norte, abarcando las cuencas de los ríos Itaúnas, São Mateus, Barra Seca y São José como sus principales manantiales. En términos de área de riego, hay un predominio del cultivo de café, variedad conilon, en sistemas de microaspersión y goteo; pero la papaya, el coco, la pimienta negra y la piña también son importantes. El riego bajo pivote central se concentra en el extremo norte del estado en la cuenca del río Itaúnas, produciendo caña de azúcar, café y granos.

Los tres polos del Semiárido no presentan potencial significativo, requiriendo una evaluación detallada sobre el suministro hídrico y las alternativas de reutilización y transferencia de agua de las cuencas vecinas. El polo de Espírito Santo tiene áreas más expresivas que pueden ser analizadas para su expansión.

Polos en imágenes satelitales

Imagen A - Conceição da Barra/ES - Polo de Riego Norte de Espírito Santo. Imagen Sentinel 2 RGB 11/8/3 de 09/07/2020.

Imagen B - Petrolina/PE - Polo de Riego Petrolina - Juazeiro. Imagen Planetscope RGB 3/2/1 de 06/2019.

Imagen C - Límite entre los municipios de Aracati (CE), Icapuí (CE) y Tibau (RN) - Polo de Riego Jaguaribe. Imagen CBERS 4A RGB 4/3/2 del 02/08/2020.

Imagen D - Jaíba/MG - Polo de Riego Jaíba. Imagen Planetscope RGB 3/4/1 de 12/2018.

Imagen E - Casa Nova/BA - Polo de Riego Juazeiro - Petrolina. Imagen CBERS 4A RGB 3/2/1 del 18/09/2020.

Imagen F - Limoeiro do Norte/CE - Polo de Riego Jaguaribe. Imagen Planetscope RGB 3/2/1 de 09/2020.



Polos Nacionales - Otras Tipologías

Leyenda

- Demanda hídrica actual
- Área irrigada actual
- Potencial físico-hídrico total
- Potencial efectivo

JAGUARIBE /
CHAPADA DO APODI



7% del territorio es irrigado

446 billones de litros/año

35 mil ha

29 mil ha

5 mil ha

Cultivos irrigados



melón, banana, sandía, papaya y arroz



Principales **municipios** irrigantes: Limoeiro do Norte/CE, Mossoró/RN, Quixeré/CE, Baraúna/RN, Aracati/CE, Tibau/RN y Russas/CE

JAÍBA



24% del territorio es irrigado

397 billones de litros/año

35 mil ha

5 mil ha

< mil ha

Cultivos irrigados



banana, caña de azúcar, limón, maíz y mango



Principales **municipios** irrigantes: Jaíba, Matias Cardoso, Itacarambi

PETROLINA / JUAZEIRO



15% del territorio es irrigado

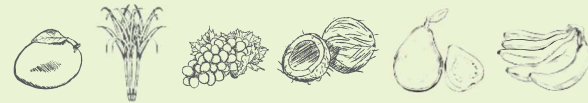
1,5 trillones de litros/año

94 mil ha

32 mil ha

< mil ha

Cultivos irrigados

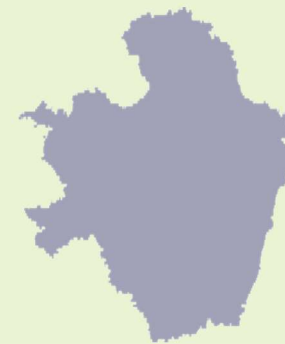


mango, caña, uvas, coco, guayaba y plátano
(cultivos perennes o semiperennes)



Principales **municipios** irrigantes: Juazeiro/BA, Petrolina/PE y Casa Nova/BA

NORTE DE ESPÍRITO SANTO



11% del territorio es irrigado

908 billones de litros/año

170 mil ha

81 mil ha

39 mil ha

Cultivos irrigados



café, pimienta negra, papaya, coco y banana



Principales **municipios** irrigantes: Linhares, São Mateus, Rio Bananal, Pinheiros, Vila Valério, Jaguaré, Nova Venécia, Governador, Lindenberg, Boa Esperança, Montanha, Águia Branca, São Domingos do Norte, Sooretama, São Gabriel da Palha

Polos de Agricultura Irrigada - MIDR

La identificación de **áreas especiales de gestión** y el aprovechamiento de información más detallada en estas regiones, especialmente con respecto a la oferta y la demanda de agua, subsidian la toma de decisiones con el fin de hacer compatibles múltiples usos y garantizar la seguridad hídrica de la actividad productiva. El perfeccionamiento del balance hídrico también proporciona datos más detallados para las estimaciones de riesgo de los usuarios, lo que puede dar lugar a un aumento y una reducción del agua contabilizada por los órganos de gestión en los procesos de autorización de uso (concesión).

Cabe destacar el desempeño del Ministerio de Integración y Desarrollo Regional (MIDR) en la reciente iniciativa de **Polos de Agricultura Irrigada** (Ordenanza MIDR n° 1.082/2019, reemplazada por la Ordenanza MIDR n° 2.154/2020) - parte de la implementación de la Política Nacional de Riego y el incentivo al desarrollo regional. Consiste en una importante estrategia para apalancar la actividad, a través de un trabajo conjunto entre las organizaciones de productores de riego y las diversas esferas de gobierno.

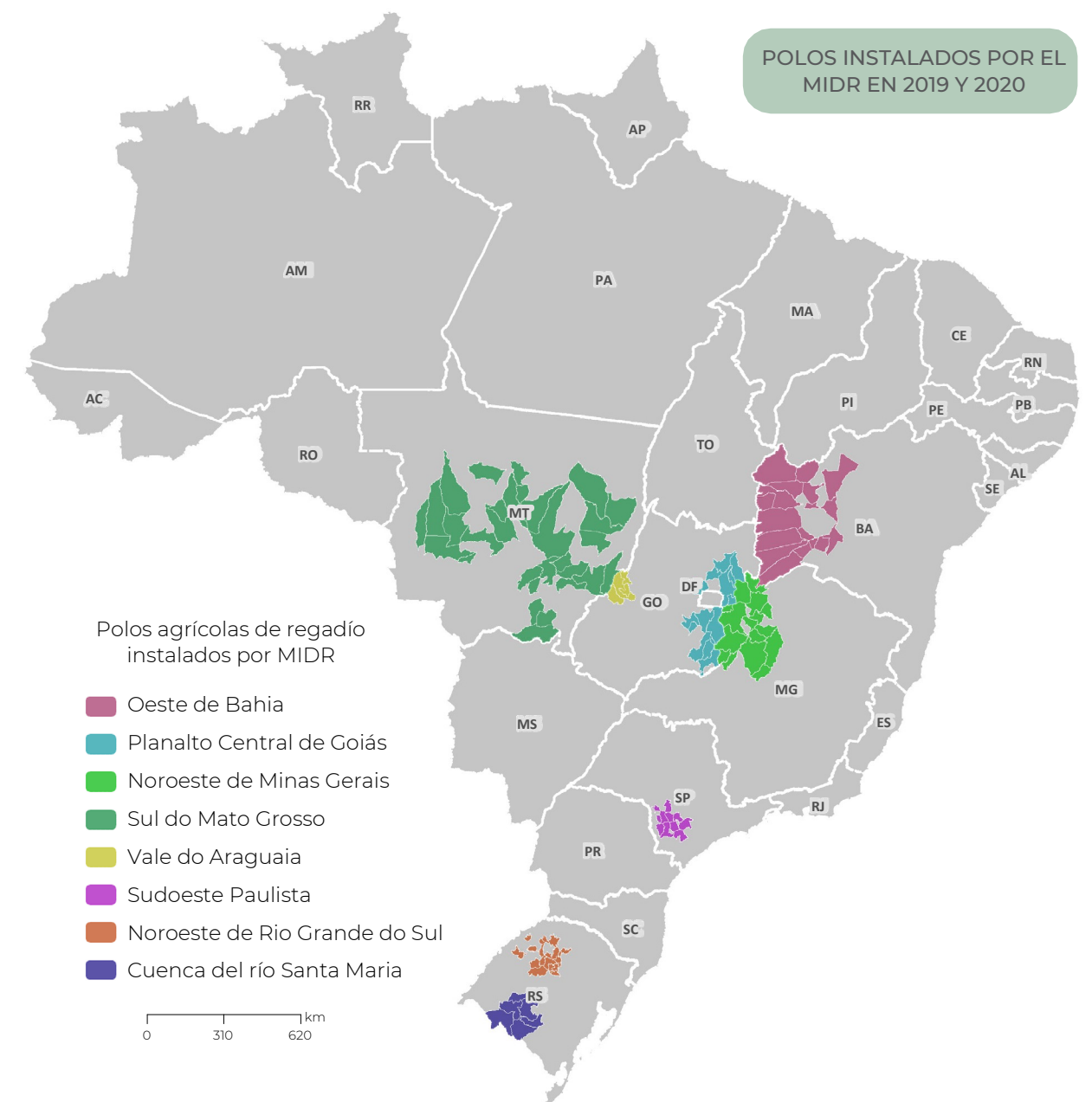
La implementación de la iniciativa MIDR involucra la movilización de actores, selección de socios técnicos, formación de grupos de gestión, definición y gestión de la cartera de proyectos y priorización de acciones. De las áreas especiales identificadas en el Atlas Riego 2017 y la articulación con productores y agentes públicos, el MIDR instalado en 2019 y 2020 ocho polos: Santa Maria (RS), Vale do Araguaia (GO), Planalto Central/São

Marcos (GO), al oeste de Bahia, al Sur de Mato Grosso, Sudoeste Paulista, Noroeste de Minas Gerais y Noroeste de Rio Grande do Sul. Estos polos abarcan un total de 119 municipios.

Los **polos del MIDR** representan agregaciones de comunidades dentro del mismo estado, facilitando la implementación de acciones de política de riego; y estos municipios se definen en el taller de instalación con actores locales. La delimitación de polos por parte de ANA considera las cuencas hidrográficas (unidad definida por la política de recursos hídricos) y las concentraciones de áreas regadas actuales y potenciales.

En el ámbito sectorial, el camino de la seguridad hídrica para el riego requiere la continuidad del reconocimiento de los polos agrícolas regados tanto por el MIDR como por los Estados. Y, lo que es más importante, el seguimiento y ejecución de las acciones previstas en la **cartera de proyectos** de estos polos.

En el ámbito de la agenda azul, **los polos deben ser reconocidos por los órganos de gestión** como áreas de especial interés para la gestión de los recursos hídricos (o instrumento similar) para que se mejore la implementación de instrumentos como la concesión con medidas específicas para estas áreas; y que en los respectivos planes de recursos hídricos, los comités de cuenca puedan discutir lineamientos para los instrumentos de gestión y prioridades para el uso del agua, intra e intersectoriales.



Pivote central en Águas de Santa Bárbara (SP)
Raylton Alves / Banco de imágenes ANA

Pivote central en funcionamiento en la región del Alto Rio Paranapanema (SP)
Raylton Alves / Banco de Imágenes ANA

7 RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES

Síntesis

La agricultura irrigada brasileña tiene una historia de **desarrollo creciente y persistente**, a menudo contra períodos inestables y negativos de la economía brasileña. Además de la historia, existe un gran potencial que puede explotarse sobre una base económica y medioambiental sostenible. Sin embargo, el papel del riego en el aumento de la producción agrícola brasileña todavía se subestima en vista del potencial y los resultados positivos que presenta. Gran parte de esta ignorancia se debe a la falta de datos e información y a la falta de difusión de la actividad en la sociedad brasileña.

También cabe destacar que la agricultura de regadío es esencial para la seguridad alimentaria de la población. La necesaria expansión de la producción de arroz, frijoles y trigo, por ejemplo, puede ocurrir con mayores estímulos al riego, con cero deforestación. La producción de alimentos de mayor valor añadido es también un vasto campo por explorar.

El **Atlas Riego** tiene entre sus objetivos contribuir al reconocimiento de la importancia de la actividad en la sociedad y en la economía de la moderna agricultura irrigada brasileña y, al mismo tiempo, proporciona una **sólida base técnica** para monitorear y planificar la expansión del sector, especialmente con respecto a la **seguridad hídrica** para múltiples usos.

Así, los resultados presentados en Atlas y sus subproductos (publicaciones previas, bases de datos y contenidos interactivos) permitieron un refinamiento de las áreas irrigadas y el uso del agua por parte de la agricultura irrigada, además de proporcionar una visión del futuro de la intensificación o la aparición de nuevas áreas donde pueden ocurrir conflictos en Brasil.

Con la perspectiva de expansión de la agricultura de regadío en 200 mil hectáreas al año, generando una presión adicional de extracción de agua bruta de **2 trillones de litros por año**, esta base técnica tendrá su uso más noble en el desarrollo técnico y la toma de decisiones sobre **temas clave para la seguridad hídrica y la producción** de la actividad.

Entre los principales indicadores consolidados por Atlas, cabe destacar las siguientes conclusiones:

El **valor bruto de la producción** irrigada fue de al menos **R\$ 55 billones** en 2019: 16 cultivos presentaron un valor anual superior a R\$ 1 billones.

Brasil suma **8,2 millones de hectáreas equipadas para riego** - 35,5% con fertirrigación con agua de reutilización (2,9 Mha) y 64,5% con riego con agua de manantial (5,3 Mha).

El **sector privado ocupa el 96,2% de la superficie irrigada**. La superficie en producción que se origina en proyectos públicos es del 3,8% (200

mil hectáreas), lo que genera 580.000 empleos directos e indirectos en 79 proyectos y 88 municipios.

La **demanda de captación de agua** en manantiales fue de 941 mil litros por segundo en 2019 (clima promedio), lo que corresponde a **29,7 trillones de litros por año**.

La **superficie irrigable adicional** es de 55,85 millones de hectáreas (potencial físico-hídrico total). El **potencial efectivo** a mediano plazo es de **13,69 Mha** - 45% situado en el Centro Oeste,

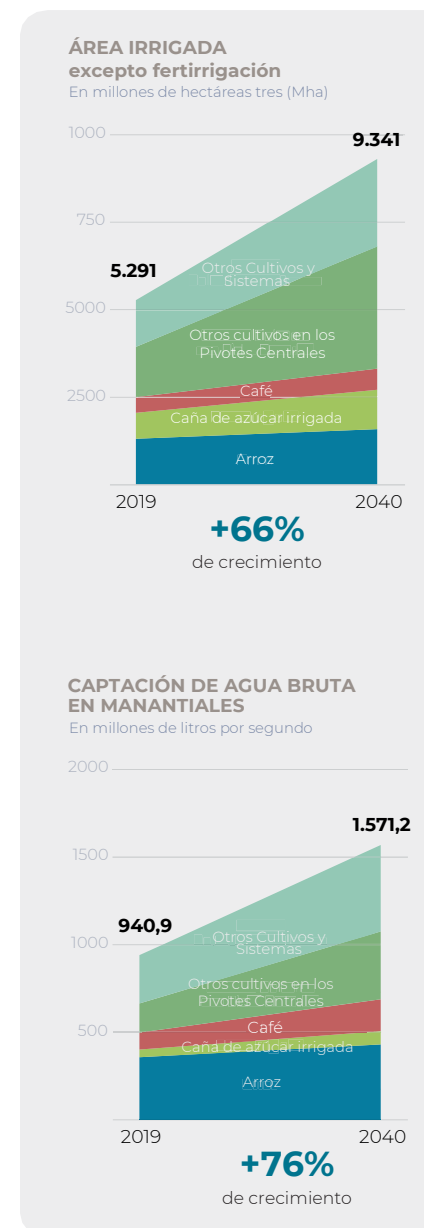
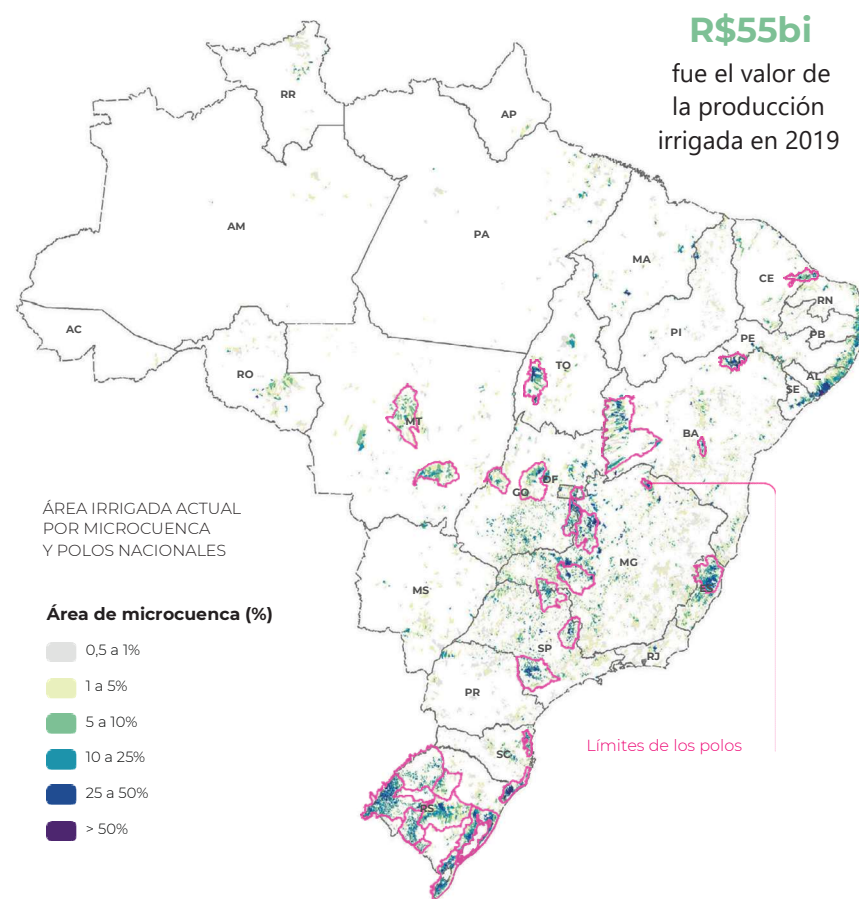
en particular en Mato Grosso y Goiás.

Para **2040**, se estima que se **incorporarán 4,2 millones de hectáreas** de tierras de regadío (+76%), con un menor impacto en la expansión del uso del agua (+66%) debido a la tendencia de expansión de métodos más eficientes.

Los **28 Polos Nacionales de Agricultura Irrigada** concentran el 50% de la superficie regada y el 60% de la demanda de agua, constituyendo **áreas especiales para la gestión** sectorial y de los recursos hídricos.

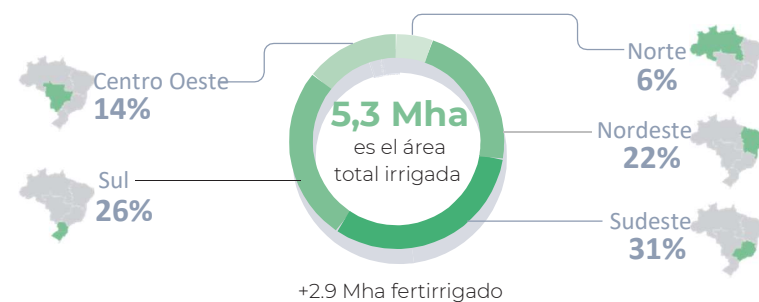
CONCLUSIONES

RIEGO HOY

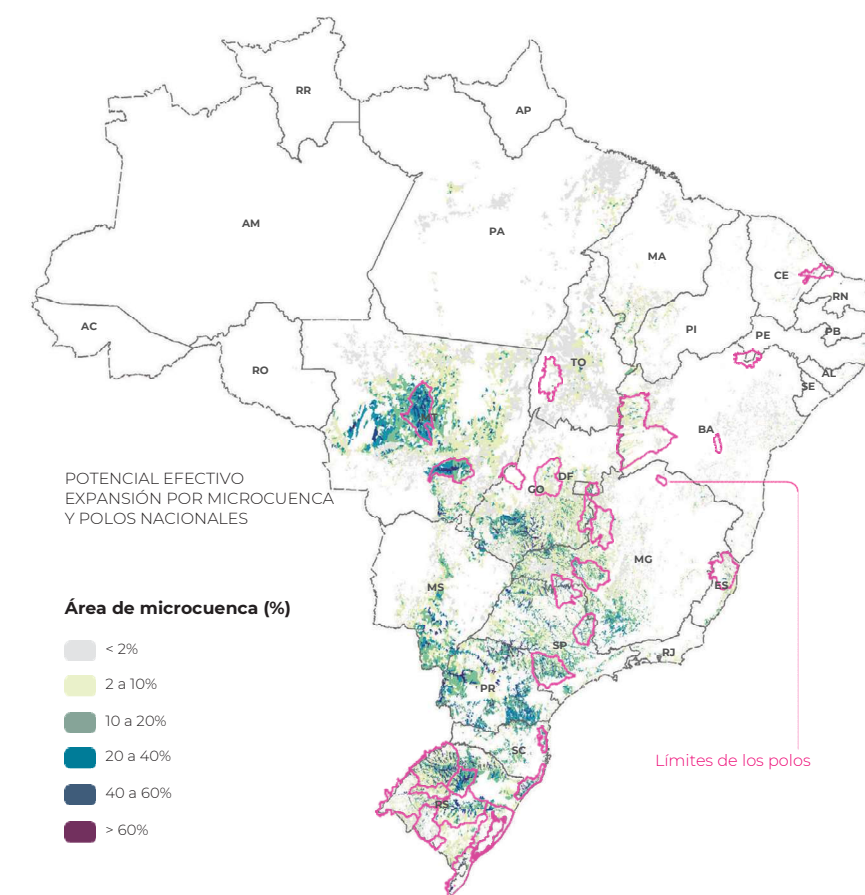


DISTRIBUCIÓN REGIONAL DEL ÁREA IRRIGADA

2019



RIEGO MAÑANA



DISTRIBUCIÓN REGIONAL DEL POTENCIAL EFECTIVO

2040



Áreas irrigadas en las cuencas de los ríos Paranapanema y Grand Raylton Alves\ Banco de imágenes ANA

Interfaz de los recursos hídricos con las políticas agrícolas y de riego

La búsqueda de la **seguridad hídrica, actual y futura**, de la agricultura de regadío depende de un esfuerzo integrado de políticas, instituciones e instrumentos de gestión. La Ley de recursos hídricos (Ley n° 9.433/1997) estableció la **Política Nacional de Recursos Hídricos** y creó el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SINGREH); sus instituciones son muy deliberativas (Consejos de Recursos Hídricos y Comités de Cuencas) u operacionales (Organismos Gestores y Agencias de Agua).

La nueva **Política Nacional de Riego** (Ley n° 12.787/2013) prevé, en algunos aspectos, la armonización e integración de sus instrumentos con los del PNRH, pero hasta el momento se han regulado o aplicado pocas disposiciones. A pesar de esta fragilidad, existe una oportunidad para que el PNI se desarrolle aprovechando los resultados y aprendizajes del PNRH.

También está la **Política Agrícola**, que opera en la agricultura en su conjunto, pero que ya considera el riego como un sector específico en algunos de sus programas y proyectos.

Los siguientes son algunos de los temas centrales de interfaz de agendas de recursos hídricos y sector de riego – agendas entendidas como necesariamente integradas, pero que tienen en su núcleo operativo diferentes instituciones, responsables de su gobernanza e implementación.

Sistemas Nacionales de Información

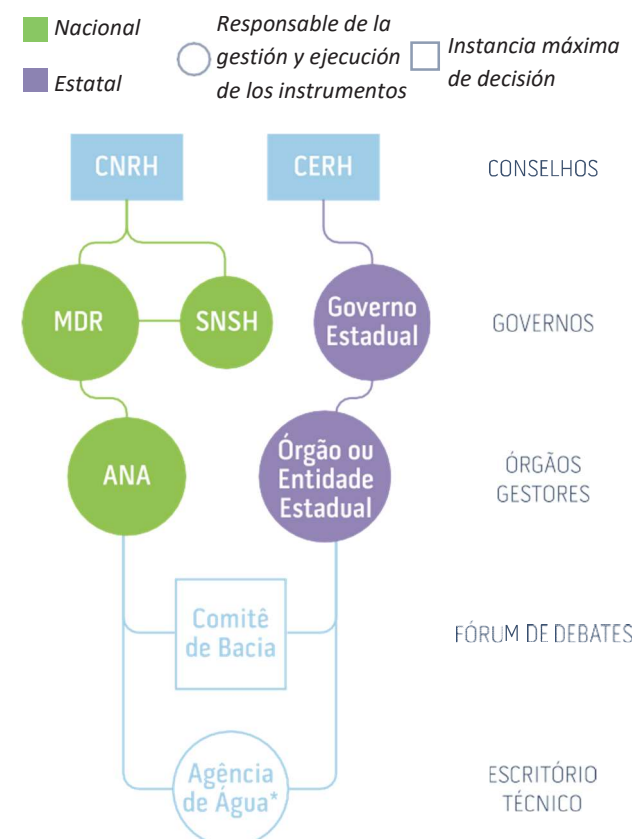
Ambas políticas (PNRH y PNI) legalmente instituidas Sistemas Nacionales de Información: **SNIRH** (sobre Recursos Hídricos), coordinado por la ANA, se está implementando (www.snirh.gov.br) e incluye publicaciones, mapas, indicadores, paneles dinámicos, así como subsistemas como REGLA (para otorgar), Hidroweb (información hidrológica) y CNARH (registro de usuarios). La base de datos Atlas Riego también conforma SNIRH, estando disponible en diferentes formatos.

El Sistema Nacional de Información de Riego – **SINIR** no contaba con el avance esperado, habiendo

sido desarrollado solo un módulo inicial en la fase de pruebas sobre proyectos públicos (SISPP – Sistema de Información sobre Proyectos Públicos de Riego).

El PNI destaca cómo la información central que debe componer el SINIR: áreas de riego, cultivos explotados, métodos de riego; inventario de recursos hídricos e información hidrológica; mapeo de aptitud; agroclimatología; infraestructura a asumir; disponibilidad de electricidad; información socioeconómica sobre el agricultor irrigante; indicadores sobre productos irrigados (cantidad, valor) y áreas públicas de la Unión adecuadas para proyectos de riego. El SINIR también debe mantener un registro nacional único de agricultores irrigantes (art. 8°, § 2°). Entre los objetivos del sistema figuran la concesión de subsidios para los planes de riego nacionales y estatales/regionales y la planificación de la expansión de la agricultura irrigada (art. 10°).

Matriz institucional de SINGREH



* Agência de cuenca o entidad con función legal similar u organismo estatal de gestión de recursos hídricos

Después de unos años de iniciativas relacionadas con la implementación de sistemas, en particular SNIRH, y avances en la base de datos Atlas Riego, se reconoce la importancia de una **base técnica común y actualizada**, que proporcione subvenciones para la toma de decisiones relacionadas tanto con la agenda azul como con la agenda amarilla. Tener los mismos números y análisis sobre la agricultura de regadío facilita la articulación y comunicación de los diversos actores y, en consecuencia, la implementación de políticas.

Ejemplos de esta sinergia fueron: a) la adopción de los resultados del Atlas 2017 en la construcción del índice de seguridad hídrica, en su dimensión económica – base para la planificación del PNSH; b) incorporación de Atlas 2017 en las estimaciones del Manual de Usos Consuntivos del Agua en Brasil – referencia para estudios sobre recursos hídricos, incluyendo el diagnóstico y pronóstico de usos del agua en planes de recursos hídricos de cuencas interestatales como las de los ríos Grande, Paraguay y Paranapanema; y c) uso de Atlas en acciones MIDR, incluyendo la selección de áreas para la instalación de polos de agricultura irrigada.

Esto significa que la base técnica en la agricultura irrigada producida por la ANA y puesta a disposición a través de SNIRH ya ha subvencionado la implementación tanto de la Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), de la cual ANA es directamente responsable, como de la Política Nacional de Riego (PNI), bajo la responsabilidad directa del MIDR. Además, contribuye a la planificación sectorial llevada a cabo por el sector privado y a las políticas públicas sectoriales bajo la responsabilidad del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) y otros agentes del sector público, en los diferentes ámbitos de la federación.

La manera de lograr la seguridad hídrica de la agricultura irrigada pasa por **sistemas de información coordinados** conjuntamente entre las entidades responsables, y a condiciones técnicas y financieras para su desarrollo y mantenimiento. Por lo tanto, sin duda habrá una mayor sinergia y eficacia de SINIR si este sistema está interconectado con SNIRH – se entiende que una parte de los módulos debe ser común a ambos sistemas.

Es esencial que la regulación del PNI defina el MIDR como la entidad federal responsable por la coordinación unificada del SINIR, en estrecha

colaboración con MAPA y ANA en la operacionalización e interconexión de los sistemas (núcleo operativo SINIR). Con los Estados, las representaciones sectoriales y otros agentes, la coordinación de los exámenes de mitad de período debería tener lugar en la reunión y recepción de información, así como en los formatos de producción de información para la sociedad.

Planes de recursos hídricos y planes de riego

Además de establecer acciones específicas y una agenda de implementación para la gestión de los recursos hídricos, los planes de recursos hídricos (PRH) guían los otros instrumentos de gestión (concesión, encuadre, sistema de información y recolección). El PRH también puede avanzar en instrumentos auxiliares que tienen rebotes sobre los demás, como en la determinación de prioridades para el uso del agua y áreas sujetas a restricciones de uso. El PRH debe prepararse por cuenca fluvial, por unidad federativa y para el País.

En el contexto nacional, existe el Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que trae elementos estratégicos y estructurales de la Política Nacional de Recursos Hídricos, y los planes de cuenca (PRHBH), que traen más elementos operativos. Las dos dimensiones se complementan entre sí al colaborar en la construcción de una estrategia de gobernanza de la seguridad hídrica. La preparación de estos planes continúa avanzando en todo Brasil (más información en: <http://conjuntura.ana.gov.br>).

Otra subvención importante de la PRHBH son las **áreas sujetas a restricciones de uso**. Los más recientes PRHBH (Paranapanema, Paraguay y Grande) tratan estas áreas como Áreas Prioritarias para la Gestión (APG). Las restricciones orientativas de las notas de las APG pueden tratarse de varias maneras. Por ejemplo, si la restricción está relacionada con la calidad del agua, los objetivos marco deben ser los más restrictivos. Por lo tanto, si la restricción de uso está relacionada con un aspecto de seguridad hidráulica, este aspecto puede guiar las acciones de gestión en ese APG.

La Política de Riego también prevé los planes como instrumento, y debe prepararse de acuerdo con los Planes de Recursos Hídricos (art. 6°). Se prevén planes con cobertura nacional, estatal/distrital. El

Plan Nacional de Riego orientará la elaboración de planes y proyectos de riego por parte de los Estados y el Distrito Federal y será determinante para la implementación de proyectos de riego por parte de la Unión.

El entonces Ministerio de Integración Nacional (MI), a partir de 2009, en el contexto de la discusión de la nueva ley de riego, llevó a cabo algunas iniciativas para la implementación de los **Planes Estatales de Riego**. La articulación gubernamental con los estados para implementar los planes avanzados en algunas regiones del país, con la construcción del Plan Estatal de Riego de Tocantins, el Plan Maestro de Agricultura de Riego del Estado de Minas Gerais, el Plan Maestro de Riego en el contexto de Usos Múltiples de Agua para Rio Grande do Sul y el Plan Maestro de Agricultura de Riego del Distrito Federal. Estas experiencias y las dificultades de implementar acciones deberían ayudar en la remodelación del contenido de este tipo de plan con un enfoque en establecer también los puentes para su implementación efectiva.

A partir de este esfuerzo, en 2014, el MI, en asociación con el IICA y la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP/ESALQ), elaboraron el estudio “Análisis Territorial para el Desarrollo de la Agricultura Irrigada”, como primer paso para el Plan Nacional de Riego.

El **Atlas Riego** puede ser adoptado como diagnóstico y pronóstico preliminar del **Plan Nacional de Riego**, y sus resultados son sometidos a consulta del sector público para su debate, ajustes y complementación, con posterior formalización de estos pasos. Quedaría complementar el plan con elementos del contenido mínimo previsto en la Ley n° 12.787/2013. El MIDR ha estado trabajando en el **Plan de Acción Inmediata para la Agricultura Irrigada**, que puede ser el embrión de esta etapa final del Plan. Otra ventaja de este arreglo se refiere al hecho de que Atlas será la base técnica sectorial en el Plan Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040, que se encuentra en preparación, lo que permitiría la planificación de ambos sectores a partir de una base común, minimizando los posibles conflictos futuros mediante el uso de datos divergentes.

Otra herramienta de planificación importante es el **Plan de Desarrollo Regional**, recomendado por el Plan Nacional de Seguridad Hídrica para el análisis detallado e integrado de la efectividad del suministro de agua asociado con grandes obras potenciales del tipo *Supply Driven* (diseñado principalmente para inducir el desarrollo del suministro de agua, sin demanda efectiva actual). Este concepto se aplicó en el PNSH reconociendo que la infraestructura hídrica debe ser tratada solo como una de las variables de desarrollo, lo que se suma a los temas relacionados con la capacidad de inversión de los sectores público y privado para instalar demandas, el mercado de consumo, el suministro de energía, la logística del transporte, la preservación ambiental, entre otros, para medir y calificar la inducción del desarrollo a partir del suministro de agua. Por lo tanto, la viabilidad de estos proyectos de inducción no puede confirmarse a posteriori, como si la infraestructura disponible naturalmente condujera al desarrollo.

Finalmente, los planes (recursos hídricos, riego y desarrollo regional) deben privilegiar la construcción de sus respectivos **manuales operativos** (MOP). El MOP establece, para el conjunto de metas prioritarias propuestas por el plan, la hoja de ruta para su implementación práctica durante los primeros años de su horizonte, es decir, para el corto plazo, detallando a los responsables, los procedimientos necesarios, los prerrequisitos y los resultados intermedios y finales esperados de cada uno de estos objetivos (aprender el ejemplo del MOP del PIRH Paranapanema: <http://paranapanema.org/plano/mop/>).

Cobro por Uso y Pago por Servicios Ambientales

El **cobro** por el uso de los recursos hídricos es otro instrumento establecido por la Política Nacional de Recursos Hídricos con los siguientes objetivos centrales: reconocer el agua como un activo económico y dar al usuario una indicación de su valor real; fomentar la racionalización del uso del agua; obtener recursos financieros para financiar los programas e intervenciones contempladas en los planes de recursos hídricos.

Para ello, es necesario utilizar metodologías para establecer los montos a cobrar que consideren mecanismos económicos relacionados con el valor del agua, con el fin de alentar a los usuarios a revisar sus subvenciones por valores más cercanos a los usos efectivos e implementar procesos de optimización de sus extracciones, con el fin de minimizar los residuos, así como sus liberaciones de efluentes, reduciendo el potencial contaminador.

La recaudación del cobro debe aplicarse en la cuenca de origen. Una agenda positiva para la seguridad hídrica recae en la mayor participación de los usuarios y el acuerdo de **planes para la aplicación de recursos** donde el precio pagado sea justo y al mismo tiempo el monto pueda revertirse en acciones en la cuenca. Sin embargo, si los importes cobrados son bajos o si no hay estudios más precisos de viabilidad económica, la capacidad de inversión de los comités tenderá a ser muy limitada y los beneficios de la tarificación no son muy sensibles para los usuarios.

También en este aspecto de los instrumentos económicos, las iniciativas de **Pago por Servicios Ambientales** (PSA) han ganado importancia en la planificación de cuencas y otras acciones de organismos ambientales y recursos hídricos. El PSA alienta a los productores a invertir en el cuidado del tratamiento del agua, recibiendo apoyo técnico y financiero para la implementación de prácticas de conservación. Para alentar al productor rural a invertir en acciones que ayuden a preservar el agua, la ANA mantiene el Programa de **Productores de Agua** (<http://produtordeagua.ana.gov.br/>), que es una inspiración para otras iniciativas de PSA y, en el futuro, puede considerarse como un mecanismo de compensación o reinversión asociado con el cobro.

Zonificación de Crédito y Seguros Rurales

El crédito y los seguros son esenciales para el desarrollo del riego. Actualmente, no existe una zonificación crediticia que busque estimular el desarrollo de áreas de riego con mejor aptitud y desalentar la instalación de productores en zonas de riesgo (aquellos con capacidad de apoyo baja o ya agotada).

Las Zonificaciones Agrícolas del Riesgo Climático (ZARC) son un instrumento importante para los programas de garantía y crédito, que se pueden mejorar para las especificidades del riego. Sin embargo, las ZARC ya orientan en la punta indicando periodos de siembra que minimizan la adversidad climática en fases sensibles de los cultivos.

El aumento de la seguridad hídrica para el riego pasa por la mejora de los instrumentos de crédito en sus principales componentes (límites, intereses, plazos y periodos de carencia). Actualmente, el crédito se concentra en el Programa de Incentivos para el Riego y Almacenamiento (Moderinfra) de los Planes Agrícolas y Pecuarios – PAP anuales (desde 2000/2001). Las operaciones se realizan a través de instituciones financieras acreditadas.

La base técnica del **Atlas Riego**, junto con las ZARC y otros criterios técnicos, pueden ser utilizados para la **zonificación del crédito**, definiendo áreas de alto, medio y bajo riesgo, lo que en última instancia contribuye a la efectividad del financiamiento subsidiado en su función de desarrollo regional, mitigando el riesgo del propio crédito.

Recientemente, la ANA y el IBGE publicaron un estudio sobre el uso del agua y los déficits hídricos en la agricultura de secano (ANA & IBGE, 2020), que señala áreas que han sufrido recurrentemente con el déficit de agua. Esta base que conforma el Atlas también tiene potencial de aplicación en la zonificación de estímulos.

El **seguro rural** es otro punto que debe mejorarse para la seguridad del riego. La inversión en riego minimiza considerablemente, pero no elimina la vulnerabilidad de los productores a otros problemas que el clima (como el granizo) o los problemas operativos pueden traer. El seguro se pueden mejorar para considerar las especificidades de la producción de regadío, incluida la posible zonificación (en espacio, tiempo y por cultivo) para estimular el aumento en la producción de cultivos clave, como frijoles y trigo en el período seco de la tercera cosecha en el Cerrado.

Reservación de Agua

Las presas (presas en un curso de agua permanente o temporal, y estructuras asociadas) se pueden construir con el propósito de contener y elevar el nivel del agua (de escorrentía) o la acumulación en sí (reserva). La reserva de agua para riego también ocurre en embalses construidos en paralelo a cursos de agua u otros reservorios, con alimentación por bombeo, caracterizándose no como presas en sí mismas, sino como tanques de almacenamiento.

El uso de presas pequeñas y su efecto en la disponibilidad hídrica a menudo no se tiene en cuenta adecuadamente en los balances hídricos, dado el desconocimiento de los volúmenes y el bajo efecto sobre la disponibilidad de agua que se adopta comúnmente. La caracterización de esta oferta con el fin de ayudar en el análisis de la capacidad de apoyo y en la definición de políticas de reservas (presas colectivas, por ejemplo) también es un desafío.

La comparación entre el suministro de agua y las demandas de agua configuran el balance hídrico. La estimación de las demandas hídricas depende de la escasa información sobre las zonas de riego, así como de los datos climáticos y los sistemas de riego. Los desafíos de captar la oferta y la demanda en los polos de riego, así como el diseño de acciones para enfrentarlos, fueron analizados en los Planes de Recursos Hídricos (PRH) recientemente elaborados por la ANA con los respectivos Comités de Cuenca, especialmente los de la Paranaíba, Paranapanema y de Grande, ocupando un papel central en la estrategia de implementación de los respectivos Planes.

La definición de **presas y reservorios** como de **interés social** es una demanda recurrente de los irrigantes. Bajo el nuevo código forestal (Ley n° 12.651/2012), la intervención o supresión de la comunicación nativa en un Área de Preservación Permanente solo ocurrirá en casos de utilidad pública, interés social o bajo impacto ambiental (art. 8°). Por lo tanto, esta caracterización facilitaría la construcción de presas, reservorios e instalaciones necesarios para la acumulación,

captura y conducción de agua para apoyar la producción agrícola. La ejecución seguiría estando sujeta a otras normas ambientales y legislación sobre incidentes, como la Política Nacional de Seguridad de Presas y la Política Nacional de Recursos Hídricos.

Se entiende que la expansión de los reservorios para riego, con o sin su definición como de interés social, debe ser considerado como un elemento central de la seguridad hídrica para el sector. Diferentes regulaciones estatales también causan las simetrías que pueden perjudicar el desarrollo sostenible. La definición de reglas claras y operativas desde un punto de vista ambiental e hídrico contribuirá a esta agenda positiva, y debe priorizarse de presas de acumulación más grandes y colectivos gestionados por irrigantes (o conjunto de usuarios de usos múltiples) beneficiados por el emprendimiento.

Cabe señalar que la liberación sin restricciones para la construcción de miles de pequeños reservorios, sin reglas generales, puede crear la falsa idea de seguridad hídrica, pero a corto plazo no se confirmará por la baja capacidad de almacenamiento de agua de estos reservorios y la interferencia que pueden generar en reservorios ya instalados aguas abajo.

Consideraciones

La expansión de la superficie de regadío en el país se ha venido produciendo, y deben seguir ocurriendo, según tres ejes principales: los perímetros públicos planificados por los organismos gubernamentales; las iniciativas privadas conjuntas, organizadas en forma de cooperativas o asociaciones; y las iniciativas privadas individuales.

El primer caso suele estar vinculado a una planificación más integral, en el que el tamaño del proyecto es compatible con la disponibilidad hidroeléctrica. Sin embargo, su implementación adolece de discontinuidades inherentes en los cambios de gestores y emancipación – entrega de la gestión de la infraestructura construida a los usuarios, que han enfrentado dificultades para obtener autosuficiencia financiera. La expansión de los proyectos existentes y la planificación de otros nuevos requiere la implementación de acuerdos productivos locales firmes, acordados entre los actores, y que se ocupen de la cadena desde el insumo hasta el mercado de consumo.

Los casos segundo y tercero se mueven por la actividad y riesgo inherentes a la iniciativa privada. Por lo general, el éxito de algunos irrigantes atrae a otros y la expansión sigue la lógica del mercado, no siempre adhiriéndose a las políticas gubernamentales y la planificación local y regional. En este contexto, es importante fortalecer la planificación y organizar el papel del Estado como inductor y socio de este desarrollo, especialmente a nivel federal, en articulación con los estados, los municipios y la iniciativa privada.

En cualquiera de los casos citados anteriormente, la ampliación de la agricultura irrigada en cuencas hidrográficas con vulnerabilidad entre oferta y demanda de recursos hídricos y con baja implementación de los instrumentos de la Política Nacional de Recursos Hídricos aumenta la posibilidad de que los usos se acerquen o superen la oferta en un período determinado del año. Esto empeora cuando la disponibilidad de agua se produce por debajo de las expectativas – que es natural en la **región hidrológica** – y puede convertirse en situaciones de crisis hídrica, causando incertidumbres con respecto al suministro de agua, tensando la relación de los usuarios establecidos en la región y mejorando

usos competitivos entre los irrigantes y estos con otros sectores usuarios.

Como resultado, ya se observa que la mayoría de las cuencas hidrográficas con indicadores cuantitativos de criticidad en Brasil tiene como principal uso de consumo la agricultura irrigada. Los conflictos se producen en el ámbito intersectorial (entre los irrigantes) o con otros sectores, como el suministro urbano y la generación de energía. La criticidad se produce debido a las altas demandas de riego, pero también en regiones con demandas moderadas, pero con baja disponibilidad de agua. Con un alto potencial de planificación previa y la perspectiva de un aumento significativo en el uso del agua para riego en los próximos 20 años, es necesario un **esfuerzo creciente de planificación y gestión**.

Este esfuerzo debe considerar cada vez más la variabilidad y las perspectivas de **cambio climático**, donde la agricultura irrigada es tanto una víctima como una importante medida de adaptación para enfrentar la escasez de agua y los eventos extremos. El aumento de la demanda unitaria, por otro lado, disminuirá el potencial de expansión de la actividad, que se sumará a la disminución de la oferta en los manantiales.

Teniendo en cuenta este contexto y la importancia del sector para la sociedad brasileña y para la gestión de los recursos hídricos, ANA ha actuado en el refinamiento de datos e información a través de estudios y asociaciones, que califican no solo el desempeño de la agencia, sino que proporcionan productos que se utilizan tanto en el ámbito privado como gubernamental, especialmente en el desarrollo de políticas para el sector. En esta edición del Atlas, fue posible avanzar significativamente en la consistencia de los levantamientos de las áreas irrigadas y en la consolidación de las estimaciones de uso del agua en el territorio nacional. La **disminución de las incertidumbres** ha sido central en este retrato del riego actual y la planificación para el futuro.

La preparación e implementación de la planificación sectorial de forma integrada a la planificación de los recursos hídricos (**agenda azul**) es esencial para que la actividad económica se desarrolle de manera sostenible, tanto en las áreas

de expansión como en aquellas ya consolidadas. Los **polos de la agricultura irrigada** (nacional, regional o local) son unidades territoriales cruciales para la planificación del sector y la implementación de los instrumentos de las políticas de riego y recursos hídricos. La delimitación de estas áreas y el detalle de sus atributos dan enfoque a la gestión y sirven como escaparates para el desarrollo de otras iniciativas.

Las decisiones solo en la escala de la propiedad pueden traer impactos negativos colectivos en una cuenca hidrográfica. La **organización de los usuarios** del agua, a escala de cuenca -dentro de los límites impuestos por las respectivas autorizaciones de uso del agua y con el monitoreo de los órganos de gestión- faculta a los irrigantes en el análisis y gestión de riesgos. También facilita la comunicación y la construcción de consensos, e incluso puede dar lugar a propuestas para la revisión de los criterios de subvención, la capacitación de los usuarios y la creación de áreas sujetas a restricciones de uso. Esta **gobernanza local** (líderes políticos, agentes públicos, productores y sus representaciones) también permite una mayor continuidad de las acciones implementadas.

El desarrollo e implementación de estrategias para aumentar la seguridad hídrica de la agricultura irrigada se vuelven aún más relevantes en este momento de fortalecimiento de la Política Agrícola relacionada con el riego, incluidas las propuestas para la regulación de las disposiciones de la Política Nacional de Riego. Esta discusión es aún más estratégica en este momento de elaboración del **nuevo Plan Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040**, este es un instrumento clave del nuevo ciclo de implantación de la Política de Recursos Hídricos.

Finalmente, se reitera que esta base técnica construida en los últimos años seguirá siendo objeto de inversión continua, lo que depende del fortalecimiento de alianzas con organismos públicos estatales y federales (MIDR, MAPA, Conab, Embrapa, IBGE); organismos internacionales (FAO, USGS); sector usuario (cooperativas, sindicatos y otras representaciones de irrigantes); consultorías especializadas; y universidades y centros de investigación.

Tal como se realizó entre la primera y la segunda edición (2017-2021), **Atlas Riego** seguirá siendo una base técnica en constante actualización, con resultados consolidados siempre disponibles para la sociedad en el portal **SNIRH** (www.snirh.gov.br) y los canales de comunicación de la ANA.

Los resultados actuales y futuros seguirán subsidiando tanto la implementación de instrumentos de gestión de recursos hídricos (en particular concesiones, planes de recursos hídricos y sistemas de información) como la toma de decisiones privadas y políticas públicas, especialmente las realizadas por el MIDR y el MAPA. Para la gestión del agua, la **seguridad hídrica actual y futura de la agricultura irrigada y la garantía de múltiples usos** son factores clave, que guían la mejora continua del conocimiento y su aplicación en el desarrollo de la política de recursos hídricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). **Mapa de áreas irrigadas para fins agrícolas no Distrito Federal em 2020**. Disponível em: <<https://gis.adasa.df.gov.br/>>. Acesso em: 15 set 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do São Francisco**: Subprojeto 4.3: Quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na Bacia do São Francisco: relatório final. Brasília: ANA; GEF; PNUMA; OEA, 2003.

. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2013.

. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017a.

. **Levantamento da cana-de-açúcar irrigada na região Centro-Sul do Brasil**. Brasília: ANA, 2017b.

. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017c.

. **Levantamento da cana-de-açúcar irrigada e fertirrigada no Brasil**. Brasília: ANA, 2019a.

. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019b.

. **Coeficientes técnicos de uso da água para a agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2019c.

. **Estimativas de evapotranspiração real por sensoriamento remoto no Brasil**. Brasília: ANA, 2020a.

. **A indústria na bacia do rio Paranapanema: uso da água e boas práticas**. Brasília: ANA, 2020b.

. **Polos nacionais de agricultura irrigada: mapeamento de áreas irrigadas por imagens de satélite**. Brasília: ANA, 2020c.

. **Manual metodológico do índice de segurança hídrica**. Brasília: ANA, 2020d. Disponível em:< www.ana.gov.br/metadados>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil); Embrapa. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil – 2014**: relatório síntese. Brasília: ANA & Embrapa, 2016.

. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil (1985-2017)**. Brasília: ANA & Embrapa, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil); COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Mapeamento do arroz irrigado no Brasil**. Brasília: ANA & Conab, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil); IBGE. **Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013- 2017)**. Brasília: ANA, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil); MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (Brasil). **Plano nacional de segurança hídrica**. Brasília: ANA & MIDR, 2019.

BENDINI, H. N.; FONSECA, L. M. G.; SCHWIEDER, M.; KÖRTING, T. S.; RUFIN, P.; SANCHES, I. D. A.; LEITÃO, P. J.; HOSTERT, P. Detailed agricultural land classification in the Brazilian cerrado based on phenological information from dense satellite image time series. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Volume 82, 2019, 101872, ISSN 0303-2434, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.05.005>. BRASIL.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **A irrigação no Brasil: situação e diretrizes**. Brasília: IICA, 2008.

BRASIL. Ministério da Integração e do desenvolvimento Regional. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Brasília: MIDR, 2014.

. **Elaboração de proposta do plano de ações para instituir uma política de reuso de efluente sanitário tratado no Brasil**. Brasília: MIDR, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno setorial de recursos hídricos: agropecuária**. Brasília: MMA, 2006.

. **Plano nacional de adaptação à mudança do clima: estratégia geral**. Brasília: MMA, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Contribuição da CSEI-Abimaq com estimativas sobre a área irrigada no Brasil. **Item**, n. 122-123, 2020.

CARVALHO, C. de et al. **Anuário brasileiro de horti&fruti 2020**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019.

CHRISTOFIDIS, Demetrios. **Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos**. Brasília: Garamont, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Perspectivas de diversificação e de investimentos na produção de arroz - trigo - feijão**. Brasília: Conab, 2016.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de arroz (Oryza sativa L.) no Brasil (1986 a 2018): área, produção e rendimento**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomi a/index.htm>>. Acesso em: 18 jun 2020.

FARIAS, A.R. et al. **Potencial de produção de trigo no Brasil a partir de diferentes cenários de expansão da área de cultivo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Outlook Fiesp 2028: projeções para o agronegócio brasileiro**. São Paulo: FIESP, 2019.

FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. The climate hazards infrared precipitation with stations – a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, p. 1-21, 2015.

IBGE. **Estatísticas do século XX**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006, 577 p.

. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

. **Produção agrícola municipal (série histórica)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 20 ago 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (ESPÍRITO SANTO). **Projeto mapeamento ES 2012-2015**. In: IEMA. Geobases. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>. Acesso em: 14 mai 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Global map of irrigation areas version 5**. Roma (Itália), 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/>>. Acesso em: 20 jun 2017.

. **Information system on water and agriculture – AQUASTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.htm>>. Acesso em: 18 jun 2020.

SÃO PAULO (Estado). **Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo para o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do Estado de São Paulo 2000-2003**. São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/arquivos/perh/perh2000idx.html>>. Acesso em: 15 jun 2017.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações da pesquisa para o Sul do Brasil**. Cachoeirinha: SOSBAI, 2018.

TESTEZLAF, Roberto. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: FEAGRI, 2017.

XIE, P.; JOYCE, R.; WU, S.; YOO, S.; SUN, F.; LIN, R. Reprocessed, bias-corrected CMORPH global high-resolution precipitation estimates from 1998. **Journal of Hydrometeorology**, v. 18, n. 6, p. 1617-1641, 2017.



Cultivo de uva en el municipio de Petrolina (PE)
Bernardo Rudorff \ Banco de imágenes ANA



 **ANA**
AGENCIA NACIONAL DE AGUAS
Y SANEAMIENTO - BRASIL

MINISTÉRIO DA
INTEGRAÇÃO Y
DESENVOLVIMENTO
REGIONAL

GOBIERNO DE BRASIL

UNION Y RECONSTRUCCIÓN

